

**TUGAS AKHIR**  
**EVALUASI BIODEGRADASI KANDUNGAN LOGAM**  
**DAN *DISSOLVE ORGANIC CARBON* LIMBAH TENUN**  
**DESA TROSO**

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



**M. ASKUROINI**  
**16513011**

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



TA/TL/2020/1235

**TUGAS AKHIR**  
**EVALUASI BIODEGRADASI KANDUNGAN LOGAM**  
**DAN *DISSOLVE ORGANIC CARBON* LIMBAH TENUN**  
**DESA TROSO**

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



**M. ASKUROINI**  
**16513011**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

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

**NIK : 165131306**

**Tanggal:**

**Dewi Wulandari. S.Hut., 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 : 16/11/2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**EVALUASI BIODEGRADASI KANDUNGAN LOGAM  
DAN *DISSOLVE ORGANIC CARBON* LIMBAH TENUN  
DESA TROSO**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari :**

**Tanggal :**

**Disusun Oleh:**

**M. ASKUROINI  
16513011**



**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, 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,

Materai dan  
tandatangan

**M. Askuroini**  
**16513011**



## PRAKATA

Puji 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 September 2019 ini adalah tentang **Evaluasi Biodegradasi Kandungan Logam dan *Dissolved Organic Carbon* Limbah Tenun Desa Troso.**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis mendapat banyak sekali semangat, dukungan, saran, serta kritik yang membangun dari berbagai pihak sehingga, penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat serta hidayahnya
2. Ayah, Ibu, dan Adek yang telah memberikan semangat, dukungan penuh serta doa dan kasih sayangnya kepada penulis
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri. S.T., M.Eng. selaku pembimbing 1 dan Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam penyusunan dan pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc., dan Prof. Minoru Yoneda dari *Kyoto University* yang telah membantu berbagi ilmu dan membantu dalam pengumpulan data tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Lingkungan UII yang telah berbagi ilmu, memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini.
6. Teman-teman kelompok tugas akhir (Mail, Akbar, Irfan, Shonia, Zakia, Afaf, Itsna) yang telah bersama-sama berjuang melewati senang dan susah selama pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan 2016 yang telah membantu memberikan semangat
8. *Staff* Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah membantu berbagi ilmu dalam pengerjaan penelitian selama di laboratorium.

Tentunya dalam penulisan dan pengerjaan tugas akhir ini banyak terdapat kesalahan dan kekurangan yang dilakukan penulis. Karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan demi menyempurnakan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 20 Juli 2020

M. Askuroini



## ABSTRAK

M. ASKUROINI. Evaluasi Biodegradasi Kandungan Logam dan *Dissolve Organic Carbon* Limbah Tenun Desa Troso. Dibimbing oleh Dr. Joni Aldilla Fajri. S.T., M.Eng. dan Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Desa Troso, Jepara merupakan salah satu penghasil kain tenun di Indonesia, namun proses produksi kain tenun belum dilengkapi dengan pengolahan air limbah yang baik untuk lingkungan. Limbah yang tidak diolah dengan baik dapat membahayakan lingkungan karena bersifat toksik bagi lingkungan. Limbah dari proses pewarnaan tenun mengandung *Total Organic Carbon* (TOC), dan logam antara lain seperti : Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Arsenik (As), dan Kromium (Cr). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi biodegrasi kandungan logam dan *Dissolved Organic Carbon* (DOC) pada limbah tenun Desa Troso. Penelitian ini menggunakan sembilan isolat bakteri yang berasal dari tanah dan akar tanaman yang terkonaminasi limbah tenun. Bakteri yang digunakan mampu mereduksi kandungan DOC dan kadar logam pada air limbah konsentrasi 100% mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-7. Isolat bakteri NA R2 A1 mampu menurunkan kadar DOC dengan persentase 34% pada hari ke-7. Persentase removal logam Cr tertinggi sebesar 98% didapatkan dari bakteri NA T2 C2, removal logam As sebesar 14% oleh NA R4 A2 2, removal logam Cu sebesar 87% oleh bakteri NA T2 C2, removal logam Cd sebesar 40% oleh bakteri NA T4 B1, dan removal logam Pb sebesar 87% oleh bakteri NA R2 C2 1.

Kata Kunci : Bakteri, *Dissolved Organic Carbon*, Limbah Tenun, Logam

## ABSTRACT

M. Askuroini. *Biodegradation Evaluation of Metal Contents and Dissolve Organic Carbon Weaving Waste Troso Village. Supervided by Dr. Joni Aldilla Fajri. S.T., M.Eng. and Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.*

Troso Village, Jepara is one of the producers of woven fabrics in Indonesia, but the production process of woven fabrics has not been equipped with good wastewater treatment for the environment. Waste that is not treated properly can endanger the environment because it is toxic to environment. Waste from weaving coloring process contains Total Organic Carbon (TOC), and metals such as: Cadmium (Cd), Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), and Chromium (Cr). The aim of this study is to evaluate the integration of metal content and Dissolved Organic Carbon (DOC) in weaving waste in Troso Village. This study used nine bacterial isolates from soil and plant roots contaminated with weaving waste. Bacteria used can reduce the content of DOC and metal content in wastewater concentration of 100% starting from day 0 to day 7. NA R2 A1 bacterial isolates can reduce DOC level by a percentage of 34% on the 7th day. The highest percentage of Cr metal removal of 98% was obtained from NA T2 C2 bacteria, As metal removal of 14% by NA R4 A2 2, Cu metal removal by 87% by NA T2 C2

bacteria, Cd metal removal by 40% by NA T4 B1 bacteria , and Pb metal removal by 87% by the bacterium NA R2 C2 1.

Keywords : Bacteria, Dissolve Organic Carbon, Weaving Waste, Metal



## DAFTAR ISI

PRAKATA .....	i
ABSTRAK .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
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 .....	3
2.1. Air Limbah .....	3
2.2. Bioremediasi .....	3
2.3. Bakteri <i>Endophyte</i> .....	3
2.4. Bakteri <i>Indigenous</i> .....	4
2.5. <i>Dissolved Organic Carbon</i> (DOC) .....	4
2.6. Logam Berat .....	5
BAB III METODE PENELITIAN .....	7
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	7
3.2. Metode Penelitian .....	7
3.3. Persiapan .....	7
3.3.1. Air Limbah .....	7
3.3.2. Desain Reaktor Limbah .....	8
3.3.3. Persiapan Bakteri .....	9
3.4. Pengujian Awal Air Limbah .....	9
3.7. <i>Sampling</i> .....	11
3.8. Analisis .....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
4.1. Konsentrasi <i>Dissolve Organic Carbon</i> (DOC) Pada Air Limbah Tenun	14

4.1.1. DOC Bakteri Indigen.....	15
4.1.2. DOC Bakteri Endofit .....	16
4.2. Konsentrasi Logam Pada Air Limbah Tenun.....	17
4.2.1. Konsentrasi Logam Cr.....	17
4.2.2. Konsentrasi Logam As .....	19
4.2.3. Konsentrasi Logam Cu .....	20
4.2.4. Konsentrasi Logam Cd .....	22
4.2.5. Konsentrasi Logam Pb .....	23
4.3. Persentase Removal .....	25
4.3.1. Persentase Removal Pada Konsentrasi DOC .....	25
4.3.2. Persentase Removal Pada Konsentrasi Logam .....	26
4.4. Pengaruh Bakteri Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam.....	28
4.4.1. Konsentrasi Logam Cr.....	28
4.4.2. Konsentrasi Logam As .....	28
4.4.3. Konsentrasi Logam Cu .....	28
4.4.4. Konsentrasi Logam Cd.....	29
4.4.5. Konsentrasi Logam Pb .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>31</b>
5.1. Kesimpulan.....	31
5.2. Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>37</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Logam Berat Pada Zat Warna Tekstil	5
2	Tabel 2 Jadwal Pengujian Reaktor Skala Laboratorium	10
3	Tabel 3 Identifikasi Bakteri	13
4	Tabel 4 Nilai <i>Optical Density</i> Bakteri	14

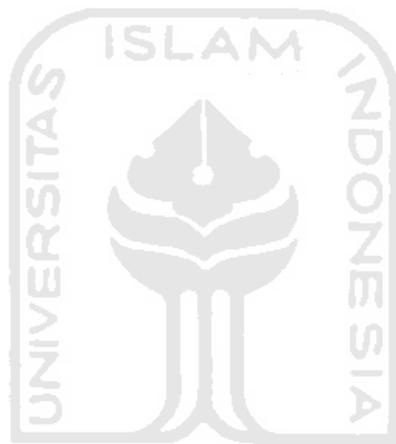




*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Air Limbah Tenun Desa Troso	3
2	Gambar 2 Diagram Alir Penelitian	7
3	Gambar 3 Sampling Air Limbah Tenun Desa Troso	8
4	Gambar 4 Desain Reaktor Limbah	8
5	Gambar 5 Media <i>Nutrient Broth</i> Berisi Isolat Bakteri	9
6	Gambar 6 Diagram Alir Pengujian Logam	10
7	Gambar 7 Mesin ICP-MS	11
8	Gambar 8 Diagram Alir Pengujian <i>Dissolve Organic Carbon</i>	11
9	Gambar 9 Grafik DOC Pada Bakteri Indigen	15
10	Gambar 10 Grafik DOC Pada Bakteri Endofit	16
11	Gambar 11 Grafik Konsentrasi Logam Cr Pada Bakteri Indigen	18
12	Gambar 12 Grafik Konsentrasi Logam Cr Pada Bakteri Endofit	18
13	Gambar 13 Grafik Konsentrasi Logam As Pada Bakteri Indigen	19
14	Gambar 14 Grafik Konsentrasi Logam As Pada Bakteri Endofit	20
15	Gambar 15 Grafik Konsentrasi Logam Cu Pada Bakteri Indigen	21
16	Gambar 16 Grafik Konsentrasi Logam Cu Pada Bakteri Endofit	21
17	Gambar 17 Grafik Konsentrasi Logam Cd Pada Bakteri Indigen	22
18	Gambar 18 Grafik Konsentrasi Logam Cd Pada Bakteri Endofit	23
19	Gambar 19 Grafik Konsentrasi Logam Pb Pada Bakteri Indigen	24
20	Gambar 20 Grafik Konsentrasi Logam Pb Pada Bakteri Endofit	24
21	Gambar 21 Persentase Removal DOC	25
22	Gambar 22 Persentase Removal Logam Pada Bakteri Indigen	26
23	Gambar 23 Persentase Removal Logam Pada Bakteri Endofit	27



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Hasil Perhitungan Konsentrasi <i>Dissolve Organic Carbon</i>	35
2	Lampiran 2 Hasil Perhitungan Konsentrasi Logam	35
3	Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	36





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan dengan kekayaan seni dan budaya. Salah satu seni dan budaya yang ada di Indonesia adalah produk kerajinan tenun dari industri lokal maupun buatan mesin dari industri kecil hingga besar. Namun, kebanyakan kerajinan dan kebudayaan kain tenun di Indonesia masih menggunakan tenaga manusia baik dari proses pembuatan hingga pewarnaan karena memiliki motif yang detail, kualitas yang tinggi, dan memiliki nilai harga yang tinggi.

Kabupaten Jepara khususnya Desa Troso adalah salah satu daerah di Indonesia yang terkenal akan hasil Kain Tenun. Jepara khususnya desa Troso memiliki 628 Industri Kecil Menengah (IKM) dalam bidang Industri Tenun dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 5.412 orang (BPS Jepara, 2017). Dengan jumlah industri tenun yang ada, tentunya menghasilkan air limbah dari kegiatan tenun seperti 10-15% limbah berasal dari proses pewarnaan (Sponza and Isik, 2005). Limbah tenun yang dihasilkan dari kegiatan pewarnaan kain tenun oleh masyarakat masih diolah dengan cara yang tidak benar yaitu dibuang ke badan sungai.

Tindakan yang dilakukan masyarakat ini sangat berbahaya terhadap lingkungan sekitar karena air limbah pewarna memiliki efek karsinogenik dan mutagenik dan berpotensi toksik terhadap makhluk hidup (Bafana et al., 2009). Air limbah dari proses pewarnaan yang diolah dengan cara dibuang ke lingkungan tentunya dapat mengurani bahkan menurunkan daya tampung lingkungan karena pada umumnya bahan pewarna mengandung *Chemical Oxygen Demand* (COD) tinggi, *Total Organic Carbon* (TOC), *Total Suspended Solids* (TSS) tinggi, pH ekstrim, dan warna (Kabra et al., 2012). Untuk mencegah dan mengatasi dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan akibat pembuangan limbah tenun ke lingkungan, diperlukan suatu sistem pengolahan yang murah, mudah, serta efektif dengan cara *Bioremediation* atau Bioremediasi.

Bioremediasi adalah teknologi dekontaminasi yang dipandang lebih aman, lebih bersih, murah, lebih efektif, dan ramah lingkungan (Kensa, 2011) sehingga dapat disebut sebagai teknologi hijau (*green technology*) di dalam sistem manajemen lingkungan (Hlihor, 2012). Aplikasi bioremediasi menggunakan organisme hidup khususnya mikroorganisme yang digunakan untuk mereduksi polutan dalam hal ini adalah polutan yang terkandung dalam air limbah (Samal, 2013). Dalam proses bioremediasi diperlukan agen biologi yang berperan untuk mereduksi polutan, agen ini disebut dengan bioremediator. Mikroorganisme membawa materi genetic alami, kemampuan biokimia, dan sifat fisiologis yang membuatnya mampu berperan sebagai agen yang ideal di dalam remediasi polutan (Prakash et al., 2013). Mikroorganisme dalam proses bioremediasi menggunakan sel atau metabolit mereka berupa enzim untuk mengembalikan lingkungan tercemar kembali ke kondisi aslinya dengan cara biosorpsi yang dapat terjadi melalui proses kompleksasi, kelasi, koordinasi, koordinasi, presipitasi, pertukaran ion, atau proses oksidatif-reduktif (Kumar et al., 2010)

Penelitian ini didasarkan untuk melanjutkan penelitian sebelumnya yang memanfaatkan tumbuhan (*Phytoremediation*) dikombinasikan dengan bakteri endofit untuk mengolah air limbah tenun masyarakat Desa Troso, Jepara (Sa'dah, 2020). Pada penelitian kali ini diharapkan dapat mengevaluasi biodegradasi kandungan logam dan *Dissolved Organic Carbon* pada limbah tenun Desa Troso, Jepara . Hasil dari penelitian

ini dapat digunakan sebagai bentuk edukasi kepada masyarakat agar dapat mengolah limbah tenun yang dihasilkan secara mudah dan mandiri serta aman bagi lingkungan hidup masyarakat Desa Troso, Jepara.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dengan latar belakang penelitian yang telah disebutkan, dapat dirumuskan masalah tentang apakah Bioremediasi dapat mengurangi dan mencegah dampak yang dihasilkan dari kandungan logam dan *Dissolve Organic Carbon* yang terkandung dalam air limbah tenun Desa Troso, Jepara?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menguji dampak dari Bioremediasi terhadap kandungan logam dan *Dissolved Organic Carbon* pada air limbah tenun Desa Troso, Jepara

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengedukasi masyarakat Kabupaten Jepara, khususnya Desa Troso tentang dampak dan pengolahan air limbah tenun dengan menggunakan teknologi bioremediasi agar dapat mendegradasi kandungan zat logam dan *Dissolved Organic Carbon* (DOC)

## **1.5. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilaksanakan pada kegiatan Industri Tenun Desa Troso, Jepara
2. Penelitian dilakukan dengan pengujian kadar logam (Cr, Cu, Cd, As, Pb) yang terdapat pada limbah tenun Desa Troso, Jepara.
3. Penelitian dilakukan dengan pengujian *Dissolved Organic Carbon* (DOC) yang terdapat pada limbah tenun Desa Troso, Jepara.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Air Limbah**

Air limbah adalah air atau cairan buangan yang berasal dari kegiatan rumahan maupun industri yang mengandung bahan-bahan berbahaya yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan mengganggu kelestarian lingkungan sekitar. Berdasarkan sumbernya limbah dapat dikelompokkan menjadi limbah domestik, industri, pertanian, pertambangan, pariwisata, dan limbah medis (Zulkifli, 2014).



**Gambar 1** Air Limbah Tenun Desa Troso, Jepara

#### **2.2. Bioremediasi**

Pengolahan air limbah secara sekunder dapat didominasi oleh pengolahan secara biologis atau Bioremediasi (Rana et al., 2017). Bioremediasi atau degradasi secara biologis memiliki kelebihan diantara pengolahan atau metode kimia lain yang telah mengalami kegagalan. Proses bioremediasi bergantung pada aktivitas jamur, bakteri, tanaman, atau pada penggunaan secara aerobik, bioreactor anaerob, dan membrane untuk mempertahankan kondisi stabil bahan kimia dalam ekosistem air. Teknik bioremediasi bertujuan untuk mengobati ekosistem air yang mengandung senyawa xenobiotic dan plastik serta mengilangkan kadar racun. (Misal et al., 2011)

#### **2.3. Bakteri *Endophyte***

Bakteri Endofit dapat dikatakan sebagai bakteri yang hidup pada jaringan tanaman dan merupakan komponen yang penting dalam sistem tanaman (Joseph, 2011). Hubungan yang telah tercipta antara tanaman dan bakteri endofit menciptakan hubungan saling menguntungkan yang unik yang bahkan dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas produk metabolisme dalam tanaman. Perubahan pada genom tanaman dipengaruhi oleh

adanya aktivitas dari komunitas bakteri endofit, sebaliknya lingkungan kimia yang unik dari tanaman mempengaruhi profil dari bakteri endofit (Guo et al., 2015).

Bakteri Endofit adalah jenis bakteri yang hidup dalam tanaman inang tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap tanaman (Mousa et al., 2015). Bakteri Endofit berperan penting dalam tanaman inang dengan mempengaruhi fisiologi dan proses perkembangan tanaman. Bakteri Endofit dapat memberikan resistensi terhadap tanaman inang dalam berbagai tekanan biotik dan abiotik dengan melepaskan metabolit antimikroba, mensintesis fitohormon, siderofor, bersaing dengan pathogen untuk mendapatkan ruang dan nutrisi.

Penelitian tentang hubungan antara Bakteri Endofit dan tanaman sangat penting karena aplikasi bakteri yang bermanfaat sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman dan agen biocontrol untuk mengendalikan fitopatogen (Scholthof, 2001). Bakteri Endofit terlihat memungkinkan dalam upaya untuk mengurangi penggunaan pestisida dan pupuk kimia (Bredow et al., 2015)

#### **2.4. Bakteri *Indigenus***

Bakteri *Indigenus* adalah bakteri pengurai serat yang dapat dimanfaatkan sebagai pendukung teknologi bidang mikrobiologi. Kekayaan Indonesia mengakibatkan adanya banyak jenis dan ragam bakteri ataupun isolate bakteri *Indigenus* yang sudah berhasil diisolasi dari berbagai limbah secara eksplisit, sehingga aktivitas bioremediasi berpotensi untuk dikembangkan dan ditingkatkan. Pemanfaatan bakteri ini untuk bioremediasi limbah mampu mencegah bahkan mengurangi efek negative limbah terhadap lingkungan yang merupakan habitat bagi makhluk hidup (Octavia, 2012).

Menurut (Arief, 2010) bakteri indigen adalah bakteri yang berasal dari habitatnya sendiri. Bakteri ini dapat tumbuh dan berkembang karena sudah memiliki syarat hidup yang sesuai dengan kondisi lingkungannya sehingga tidak perlu lagi menyesuaikan diri untuk berkembang biak atau memperbanyak diri.

#### **2.5. *Dissolved Organic Carbon* (DOC)**

Karbon organik yang ada pada air dibagi menjadi dua jenis yaitu karbon organik terlarut/ *dissolved organic carbon* (DOC) dan karbon organik partikulat/ *particulate organic carbon* (POC) yang merupakan hasil dari dekomposisi organik. Hasil gabungan dari DOC dan POC disebut sebagai *Total Organic Carbon* (TOC) (IPCC, 2014). *Total Organic Carbon* (TOC) dapat didefinisikan sebagai senyawa yang mengandung atom karbon dan zat-zat terkait seperti karbonat, bikarbonat, dan atom sejenisnya. Berbagai aktivitas alami dan buatan yang dilakukan oleh manusia dapat menghasilkan keberadaan karbon organik terlarut dalam air limbah. Komposisi utama karbon organik terlarut dalam air limbah adalah zat-zat seperti protein, humat, karbohidrat, asam fulvat, fenol, dan feroksida organik. Karbon organik adalah substrat energi yang dapat bermanfaat bagi banyak mikroorganisme (Mook et al., 2012)

Nilai kadar karbon diperoleh dengan membaca sinyal penganalisis IR dari kurva kalibrasi, Total massa karbon dihitung sebagai persen dari massa awalnya dan diukur setelah langkah karbonisasi dan aktivasi (Myllymaki et al., 2018). DOC merupakan karbon organik yang paling dominan dalam air yang bersumber dari lahan gambut (IPCC, 2014). TOC pada kebanyakan lahan gambut hampir 100% adalah DOC (Moore et al., 2011). Penelitian tentang TOC yang dilakukan oleh (Moore et al., 2011) mendapatkan

hasil bahwa pada Sungai Sebangau Kalimantan Tengah saat musim kemarau DOC sebesar 82% dan pada saat musim hujan 96% dari TOC.

## 2.6. Logam Berat

Logam berat merupakan kontaminan yang penting dalam lingkungan dan menjadi permasalahan serius saat ini. Keberadaan logam berat dalam jangka waktu yang lama dapat menjadi ancaman yang signifikan bagi kesehatan diakibatkan akumulasi pada lingkungan dan sepanjang rantai makanan (Mkumbo, 2012). Konsentrasi logam berat yang berlebih dapat memberikan efek toksik bagi organisme hidup, pertanian, dan kemudian menjadi ancaman bagi kesehatan dan kehidupan manusia (Rai, 2008). Beberapa jenis logam berat seperti Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Seng (Zn), dan lainnya terdeteksi di tanah dan lingkungan perairan lainnya (Dixit et al., 2015).

Menurut (Komarawidjaja, 2017) limbah logam berat yang dihasilkan dari industri tekstil paling dominan dihasilkan dari proses perwarnaan kain. Limbah yang dihasilkan diantara lain menghasilkan kandungan logam seperti : Arsen (As), Kadmium (Cd), Krom (Cr), Timbal (Pb), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn). Logam yang terkandung dalam limbah dihasilkan dari proses katalis selama pewarnaan, selain itu juga dapat dihasilkan dari bahan pewarna yang digunakan sudah mengandung logam sebagaimana tabel dibawah ini :

**Tabel 1** Logam Berat Pada Zat Warna Tekstil

Jenis Zat Warna	Jenis Logam Dalam Struktur Zat Warna
Direk	Cu
Reaktif	Cu, Ni
Bejana	Tidak Ada
Disperse	Tidak Ada
Asam	Cu, Cr, Co
Premet	Cu, Cr, Co
Mordan	Cr
Pigmen	Pb, Cr, Mo, Cd

(Sumber : Kurniasih, 2008)

*“Halaman Sengaja diKosongkan”*



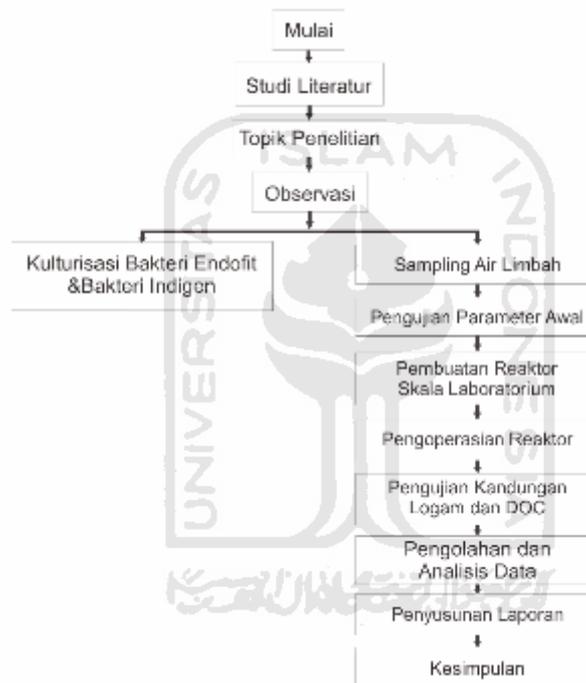
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada September 2019 hingga Maret 2020 dengan bertempat di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan *Kyoto University Katsura Campus, Kyoto, Jepang*.

### 3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menguji biodegradasi kandungan logam dan *Dissolved Organic Carbon* (DOC) limbah tenun. Penelitian memanfaatkan bakteri endofit dan bakteri indigen. Berikut adalah skema penelitian yang dilaksanakan :



**Gambar 2** Diagram Alir Penelitian

### 3.3. Persiapan

#### 3.3.1. Air Limbah

Air limbah yang diuji berasal dari limbah industri tenun yang berasal dari Desa Troso, Kabupaten Jepara. Limbah yang dihasilkan berasal dari proses pewarnaan tenun yang cenderung menggunakan pewarna berbahan kimia. Air limbah dari proses pewarnaan ini ditampung dalam wadah yang nantinya akan digunakan selama proses pengujian. Air Limbah diambil dari tangki penampungan limbah dan juga langsung diambil dari hasi perwarnaan kain tenun yang telah diproduksi. Dalam pengambilan sampel ini digunakan teknik pengambilan *grab*

*sampling* sesuai dengan SNI 6989.59:2008 dan disimpan dalam wadah jirigen dengan volume 20 L.



**Gambar 3** *Sampling* Air Limbah Tenun Desa Troso, Jepara

### 3.3.2. Desain Reaktor Limbah

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor dengan bentuk toples yang terbuat dari kaca. Reaktor toples kaca yang digunakan memiliki volume berkisar 800 ml. Sebelum toples kaca digunakan sebagai reaktor, toples kaca distrelisasi dengan cara dicuci menggunakan sabun dan di oven selama 1 jam pada suhu 105°C. Selain untuk sterilisasi, oven digunakan untuk membantu menghilangkan kadar air yang ada pada toples kaca setelah dicuci, sehingga saat akan digunakan toples dalam keadaan kering dan steril. Reaktor yang sudah bersih dan steril diisi dengan limbah tenun dengan volume sebanyak 500 ml. Sebelum memasukkan limbah ke dalam toples, air limbah disterilisasi dengan cara dimasukkan ke dalam *autoclave* selama 30 menit. Limbah ini dibuat dengan berbagai macam konsentrasi yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%.



**Gambar 4** Desain Reaktor Limbah

### 3.3.3. Persiapan Bakteri

Bakteri yang digunakan adalah bakteri yang sudah diisolasi dari tanah dan tanaman yang tercemar oleh limbah tenun Desa Troso, Jepara. Isolasi bakteri yang digunakan berasal dari penelitian sebelumnya tentang Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem *Flotating Treatment Wetland* Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit (Sa'dah, 2020). Pertama bakteri akan dikulturasasi dengan media Nutrient Agar (NA). Bakteri yang telah tumbuh pada media NA diidentifikasi untuk mengetahui morfologi bakteri yang telah tumbuh. Hal – hal yang diperhatikan selama identifikasi morfologi yaitu *shape, chromatogenesis, elevation, surface, opacity, dan consistency*. Kultur bakteri dilakukan dengan metode *streak plate* agar tercipta *single* koloni yang akan digunakan untuk membantu proses degradasi limbah. Bakteri yang sudah menjadi *single* koloni dipindahkan ke media agar miring sebagai persediaan bakteri apabila akan digunakan lagi.

Bakteri hasil dari agar miring akan dipindahkan ke media *Nutrient Broth* (NB) dalam *testube* ukuran 15 ml. Bakteri kemudian dimasukkan kedalam *Water Bath* dengan suhu 30 – 32°C dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 36 jam. Pengadukan ini diharapkan terciptanya koloni bakteri dalam *Nutrient Broth*. Setelah selesai proses *water bath*, bakteri dalam *test tube* dimasukkan kedalam alat *Centrifuge* dengan suhu 4°C dengan kecepatan pengadukan 5000 rpm. *Nutrient Broth* dalam bakteri hasil dari *centrifuge* diganti dengan aquades lalu siap digunakan.



Gambar 5 Media *Nutrient Broth* Berisi Isolat Bakteri

### 3.4. Pengujian Awal Air Limbah

Pengujian awal air limbah tenun dilakukan untuk mengetahui kadar parameter awal seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), pH, Suhu, dan Warna. Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan dengan mengikuti standar prosedur pengujian SNI 6989:2:2009 dan pengujian kadar warna mengikuti standar pengujian SNI 6989:80:2011. Dari pengujian awal ini dilihat kemampuan bakteri dalam air limbah, sehingga dapat ditentukan bakteri-bakteri yang akan diuji untuk dilihat kemampuannya dalam menurunkan kadar *Dissolve Organic Carbon* dan Logam.

**Tabel 2** Jadwal Pengujian Reactor Skala Laboratorium

Waktu	0	24 Jam	72 Jam	7 Hari
Pengujian Logam (Cu, Cd, Cr, As, Pb)	v			v
Pengujian <i>Dissolve Organic Carbon</i>	v	v	v	v

### 3.5. Pengujian Kandungan Logam

Pengujian kandungan logam dilakukan dengan mengacu kepada beberapa parameter logam diantara lain : *Copper* (Cu), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Arsenik (As), dan Kromium (Cr). Pengujian kandungan logam dilakukan pada sampel bakteri dan kontrol 0 hari dan 7 hari, hal ini dilakukan agar dapat terlihat perbandingan kandungan logam yang diuji pada kondisi awal limbah dengan kondisi limbah setelah 7 hari pengujian. Pembacaan konsentrasi logam dilakukan dengan mesin ICP-MS yang dilakukan di laboratorium Kyoto University, *Katsura Campus*, Kyoto, Jepang. Instrumen yang digunakan dalam pengujian kandungan logam adalah mesin ICP MS X *Series 2*. Menurut (Hadi, 2017) penggunaan instrument ICP-MS dalam pengujian kadar logam dipengaruhi oleh tingkat logam dalam air. Kandungan logam dengan satuan mg/L (ppm) dapat dianalisis secara gravimetri atau kompleksometri atau metode primer, namun untuk kandungan logam dalam air dengan satuan lebih kecil (ppb) atau lebih kecil maka menggunakan mesin dengan ketelitian lebih tinggi yaitu ICP-MS

Dibawah ini adalah diagram pengujian kandungan logam menggunakan mesin ICP-MS :



**Gambar 6** Diagram Alir Pengujian Kandungan Logam



Gambar 7 Mesin ICP-MS X Series 2

### 3.6. Analisis Dissolve Organic Carbon

Pengujian *Dissolve Organic Carbon* dilakukan dengan menggunakan sampel hari ke-0, hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-7. Pembacaan *Dissolve Organic Carbon* dilakukan dengan menggunakan *Total Organic Carbon Analyzer-5000A*. Dibawah ini adalah diagram alir pengujian *Dissolve Organic Carbon* menggunakan *Total Organic Carbon Analyzer* :



Gambar 8 Diagram Alir Pengujian *Dissolve Organic Carbon*

### 3.7. Sampling

Kegiatan *sampling* diawali dengan pendegradasian bakteri dalam media toples berukuran kisaran 800 ml. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam degradasi air limbah tenun. Reaktor toples kaca diisi dengan limbah konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%. Kandungan dalam toples kaca terdiri dari 500 ml air limbah tenun dan 20 ml bakteri. Kegiatan *sampling* akan dilakukan pada waktu 0, 24, 72, dan 168 jam. Fungsi dari pengambilan sampel tersebut adalah untuk mengetahui kandungan

yang terdapat pada limbah tenun mulai dari sebelum hingga sesudah dimasukkannya bakteri dan melihat apakah adanya perubahan dalam kandungan air limbah tersebut.

Sampel yang diambil dari *reactor* sebanyak 20 ml dan diletakkan kedalam *testube* 50 ml. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil dari permukaan air limbah pada reaktor, ini dilakukan agar endapan yang ada pada reaktor atau air limbah tidak ikut diambil sehingga tidak mempengaruhi data pengujian. Setelah sampel diambil dari *reactor*, *testube* berisi sampel akan dimasukkan kedalam kulkas untuk menjaga kondisi sampel tetap baik. Metode pengambilan sampel air limbah menggunakan metode *grab sampling*.

### 3.8. Analisis

Analisis dilakukan dengan menghitung konsentrasi *Dissolve Organic Carbon* dan kandungan logam (Cu, Cr, Cd, As, Pb). Pengukuran akan dilakukan berdasarkan waktu yang sudah ditentukan dan akan dibandingkan dengan kondisi awal limbah atau limbah control. Data akan diolah dalam bentuk grafik sehingga dapat diketahui tren grafik serta memudahkan untuk melihat perkembangan pengolahan limbah oleh bakteri yang diuji. Selanjutnya akan disimpulkan hasil yang sudah didapat dari Biodegradasi kandungan logam dan *Dissolve Organic Carbon*.

Hasil konsentrasi *Dissolve Organic Carbon* dan kandungan logam pada air limbah yang sudah didapat akan diukur persentase removal pada sampel kontrol dan sampel bakteri, sehingga dapat diketahui bakteri atau sampel mana yang mampu mendegradasi kandungan logam dan *Dissolve Organic Carbon* yang efektif dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

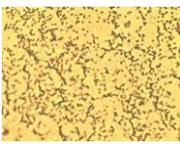
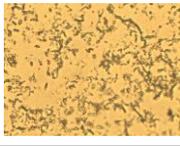
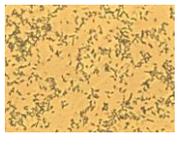
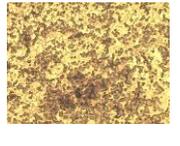
$$\text{Persentase Removal (\%)} = \frac{(\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir})}{(\text{Konsentrasi Awal})}$$

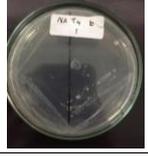
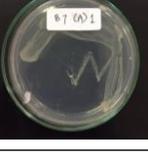
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Identifikasi Bakteri

Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan bakteri untuk mendegradasi kandungan logam dan Dissolved Organic Carbon pada air limbah. Bakteri yang digunakan berasal dari tanaman dan tanah yang tercemar limbah tenun Desa Troso, Jepara. Bakteri diidentifikasi morfologinya dengan melihat *shape*, *chromatogenesis*, *elevation*, *surface*, *opacity*, dan *consistency* yang terdapat pada bakteri tersebut. Setelah melihat morfologi yang terdapat pada bakteri, nilai *Optical Density* dari masing-masing bakteri yang akan digunakan diukur dan dilanjutkan dengan proses pewarnaan gram pada bakteri. Berikut adalah hasil identifikasi bakteri dan nilai *Optical Density* bakteri yang digunakan selama penelitian :

**Tabel 3** Identifikasi Bakteri

BAKTERI	GRAM	JENIS GRAM	MORFOLOGI						GAMBAR
			SHAPE	CHROMOGENESIS	ELEVATION	SURFACE	OPAQUE	CONSISTENCY	
NA R4 B2		Negatif	ROUND	WHITE	FLAT	SMOOTH	OPAQUE	VISCID	
NA R2 A1		Negatif	ROUND	LIGHT YELLOW	RAISED	SMOOTH	OPAQUE	BUTTERY	
NA R4 A1		Negatif	IRREGULAR	WHITE	RAISED	ROUGH	OPAQUE	VISCID	
NA R2 C2 1		Negatif	IRREGULAR	LIGHT BROWN	RAISED	ROUGH	OPAQUE	VISCID	
NA R4 A2 2		Negatif	RHIZOID	WHITE	RAISED	ROUGH	OPAQUE	BUTTERY	

NA T2 C2		Negatif	IRREGULAR	WHITE	FLAT	SMOOTH	OPAQUE	VISCID	
NA T4 B1		Negatif	IRREGULAR	WHITE	RAISED	SMOOTH	OPAQUE	VISCID	
NA T2 B2		Negatif	IRREGULAR	WHITE	FLAT	SMOOTH	TRANSPARENT	BUTTERY	
B7 A1		Negatif	IRREGULAR	PEACH	FLAT	SMOOTH	OPAQUE	VISCID	

**Tabel 4** Nilai *Optical Density* Bakteri

BAKTERI	<i>Optical Density</i>
NA R4 B2	0.677
NA R2 A1	1.843
NA R4 A1	1.453
NA R2 C2 1	1.907
NA R4 A2 2	1.234
NA T2 C2	1.709
NA T4 B1	1.804
NA T2 B2	1.23
B7 A1	1.754

#### 4.2. Konsentrasi *Dissolve Organic Carbon (DOC)* Pada Air Limbah Tenun

*Total Organic Carbon (TOC)* dapat didefinisikan sebagai senyawa yang mengandung atom karbon dan zat-zat terkait seperti karbonat, bikarbonat, dan atom sejenisnya. Berbagai aktivitas alami dan buatan yang dilakukan oleh manusia dapat menghasilkan keberadaan karbon organik terlarut dalam air limbah. Komposisi utama karbon organik terlarut dalam air limbah adalah zat-zat seperti protein, humat, karbohidrat, asam fulvat, fenol, dan feroksida organik. Karbon organik adalah substrat energi yang dapat bermanfaat bagi banyak mikroorganisme (Mook et al., 2012).

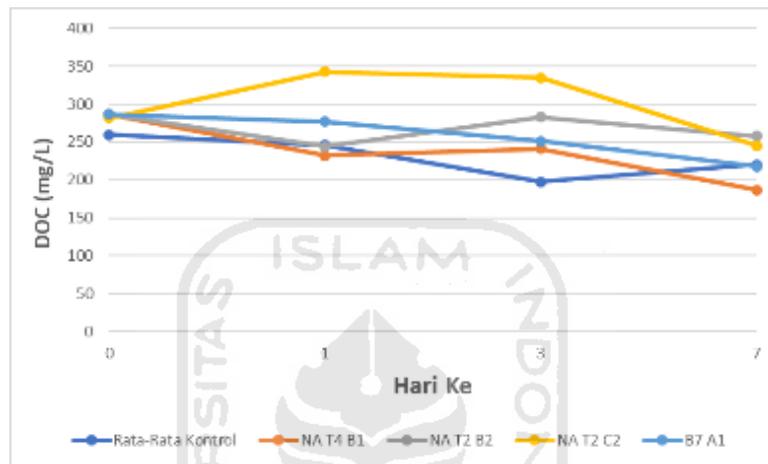
*Dissolved Organic Carbon (DOC)* merupakan karbon organik yang paling dominan dalam air yang bersumber dari lahan gambut (IPCC, 2014). TOC pada kebanyakan lahan gambut hampir 100% adalah DOC (Moore et al., 2011). Penelitian tentang TOC yang dilakukan oleh (Moore et al., 2011) mendapatkan hasil bahwa pada Sungai Sebangau

Kalimantan Tengah saat musim kemarau DOC sebesar 82% dan pada saat musim hujan 96% dari TOC.

Kadar *Dissolve Organic Carbon (DOC)* yang akan diuji adalah limbah dengan konsentrasi 100% pada hari ke-0, hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-7. Hal ini dilakukan karena keterbatasan waktu saat pengujian di Kyoto University, Jepang. Berikut adalah hasil pengolahan bioremediasi terhadap kadar DOC yang terkandung dalam air limbah :

#### 4.2.1. DOC Bakteri Indigen

Berikut adalah hasil kadar *Dissolved Organic Carbon* yang terkandung pada limbah air tenun konsentrasi 100% :



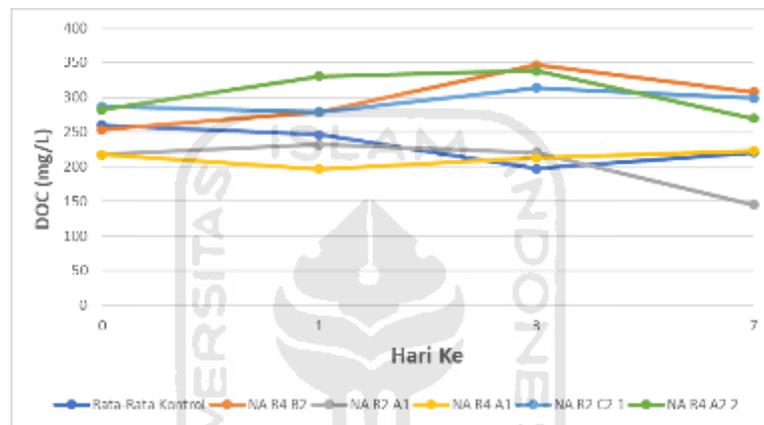
Gambar 9 Grafik DOC Pada Bakteri Indigen

Berdasarkan grafik diatas didapatkan konsentrasi DOC pada air limbah tenun. Sampel limbah yang diuji adalah sampel limbah hari ke-0, 1, 3, dan hari ke-7. Pada hari ke-0 konsentrasi DOC didapatkan sebesar 259.975 mg/L, konsentrasi pada sampel kontrol mengalami penurunan menjadi 246.125 mg/L pada hari ke-1, dan 197.375 mg/L pada hari ke-3. Konsentrasi DOC pada hari ke-7 mengalami kenaikan dibandingkan dengan konsentrasi pada hari ke-3 menjadi 220.6 mg/L. Sampel bakteri NA T4 B1 memiliki konsentrasi DOC pada hari ke-0 sebesar 286.7 mg/L, konsentrasi DOC ini mengalami penurunan pada hari ke-1 sehingga konsentrasi DOC pada sampel bakteri NA T4 B1 didapatkan sebesar 232.3 mg/L, namun konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-3 menjadi 241.1 mg/L, dan kembali mengalami penurunan pada hari ke-7 sehingga konsentrasi DOC pada sampel bakteri NA T4 B1 menjadi 186.8 mg/l. Data DOC pada hari ke-0 sampel bakteri NA T2 B2 didapatkan sebesar 286.7 mg/l, konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-1 dengan konsentrasi DOC sebesar 244.2 mg/l, namun konsentrasi DOC pada sampel bakteri NA T2 B2 mengalami kenaikan pada hari ke-3 sehingga didapatkan konsentrasi sebesar 283.3 mg/l, konsentrasi ini kembali mengalami penurunan pada hari ke-7 sehingga konsentrasi DOC pada sampel bakteri NA T2 B2 menjadi 257.7 mg/l. Sampel bakteri NA T2 C2 memiliki konsentrasi DOC sebesar 282.2 mg/l pada hari ke-0, konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-1 menjadi 342.8 mg/l, konsentrasi terus mengalami kenaikan hingga hari ke-3 sehingga pada sampel

bakteri NA T2 C2 tercatat konsentrasi DOC 335 mg/l, pada akhirnya konsentrasi pada hari ke-7 mengalami penurunan menjadi 245.2 mg/l. Pada sampel bakteri B7 A1 konsentrasi DOC pada hari ke-0 didapatkan sebesar 286.7 mg/l, konsentrasi ini terus mengalami penurunan pada hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-7. Konsentrasi DOC pada sampel bakteri B7 A1 hari ke-1 didapatkan sebesar 277.1 mg/l, pada hari ke-3 didapatkan sebesar 251.6 mg/l, dan pada hari ke-7 didapatkan konsentrasi akhir DOC pada sampel bakteri B7 A1 yaitu 218 mg/l.

#### 4.2.2. DOC Bakteri Endofit

Berikut adalah hasil kadar Dissolved Organic Carbon pada air limbah tenun konsentrasi 100% :



**Gambar 10** Grafik DOC Pada Bakteri Endofit

Berdasarkan grafik didapatkan konsentrasi DOC pada air limbah tenun. Sampel limbah yang diuji adalah sampel limbah hari ke-0, 1, 3, dan hari ke-7. Pada hari ke-0 konsentrasi DOC didapatkan sebesar 259.975 mg/L, konsentrasi pada sampel kontrol mengalami penurunan menjadi 246.125 mg/L pada hari ke-1, dan 197.375 mg/L pada hari ke-3. Konsentrasi DOC pada hari ke-7 mengalami kenaikan dibandingkan dengan konsentrasi pada hari ke-3 menjadi 220.6 mg/L. Sampel bakteri NA R4 B2 memiliki konsentrasi awal DOC sebesar 253.5 mg/l, konsentrasi DOC ini mengalami kenaikan pada hari ke-1 dan hari ke-3, pada hari ke-1 konsentrasi DOC didapatkan sebesar 278.3 mg/l, pada hari ke-3 didapatkan konsentrasi DOC 346.6 mg/l, namun pada hari ke-7 didapatkan menunjukkan hasil menurun sehingga didapatkan konsentrasi DOC sebesar 307.4 mg/L. Konsentrasi DOC pada hari ke-0 sampel bakteri NA R2 A1 didapatkan sebesar 217.5 mg/l, pada hari ke-1 konsentrasi DOC sampel bakteri NA R2 A1 mengalami kenaikan menjadi 231.5 mg/l, konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-3 sehingga didapatkan sebesar 220.5 mg/l, konsentrasi DOC kembali mengalami penurunan pada hari ke-7 didapatkan sebesar 145.1 mg/l. Sampel bakteri NA R4 A1 memiliki konsentrasi awal DOC sebesar 217.5 mg/l, konsentrasi pada hari ke-1 menunjukkan penurunan sehingga didapatkan konsentrasi DOC sebesar 196.2 mg/l, pada hari ke-3 konsentrasi DOC

mengalami kenaikan menjadi 212.7 mg/l, konsentrasi DOC tetap mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 223 mg/l. Pada hari ke-0 sampel bakteri NA R2 C2 1 memiliki konsentrasi DOC sebesar 286.7 mg/l, konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-1 menjadi 279.1 mg/l, namun konsentrasi DOC pada sampel bakteri NA R2 C2 1 hari ke-3 mengalami kenaikan dibandingkan dengan hari ke-1 menjadi 313.5 mg/l, namun konsentrasi DOC kembali mengalami penurunan pada hari ke-7 sehingga didapatkan konsentrasi sebesar 298.6 mg/l. Pada sampel NA R4 A2 2 konsentrasi DOC hari ke-0 sebesar 282.2 mg/l, konsentrasi DOC pada sampel NA R4 A2 2 hari ke-1 dan hari ke-3 mengalami kenaikan, konsentrasi hari ke-1 menjadi 330.2 mg/l, pada hari ke-3 konsentrasi DOC kembali mengalami kenaikan menjadi 338.3 mg/l, namun konsentrasi pada hari ke-7 mengalami penurunan menjadi 269.2 mg/l.

#### **4.3. Konsentrasi Logam Pada Air Limbah Tenun**

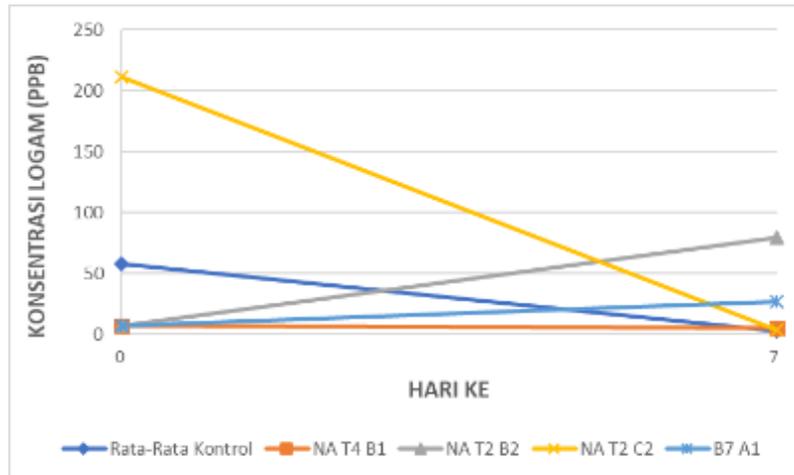
Logam yang diuji antara lain adalah Chromium (Cr), Timbal (Pb), Cadmium (Cd), Copper (Cu), dan Arsenic (As) dengan menggunakan mesin *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS). Pengujian ini dilaksanakan di Kyoto University, Katsura Campus, Kyoto, Jepang. Pengujian kadar logam dilakukan pada air limbah dengan konsentrasi 100% karena keterbatasan waktu pemakaian alat dan fasilitas.

Pengujian kadar logam dilakukan dengan cara mengencerkan sample menjadi dua. Pengenceran 10 kali dan 20 kali, hal ini dilakukan mengikuti prosedur penggunaan mesin ICP-MS Kyoto University dan pertimbangan dari pihak laboran Kyoto University dengan kondisi warna sample yang berwarna hijau kebiru-biruan. Pengenceran juga dilakukan untuk menjaga kondisi mesin pengujian agak tidak rusak. Hasil pembacaan oleh mesin ICP-MS terhadap pengenceran 10 kali dan 20 kali akan dirata-ratakan sehingga didapatkan konsentrasi logam.

##### **4.3.1. Konsentrasi Logam Cr**

###### **A. Bakteri Indigen**

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Cr yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan bakteri Indigen :

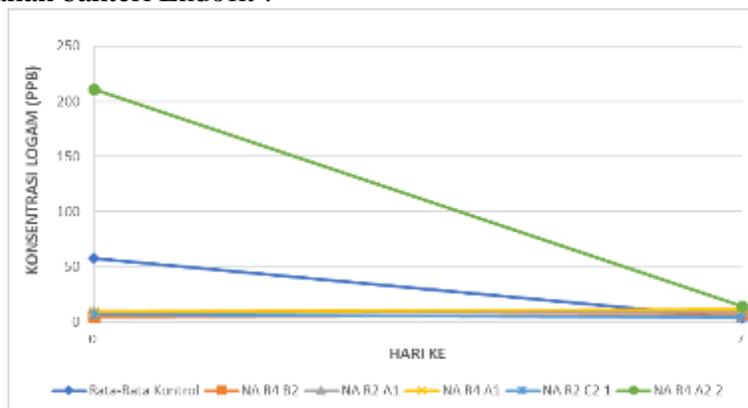


**Gambar 11** Grafik Konsentrasi Logam Cr Pada Bakteri Indigen

Berdasarkan grafik diatas didapatkan konsentrasi logam Cr dalam air limbah pada hari ke-0 dan hari ke-7. Pada sampel kontrol didapatkan konsentrasi awal Cr sebesar 58.05875 ppb dan pada hari ke-7 sebesar 3.3125 ppb. Sampel bakteri NA T4 B1, NA T2 B2, dan B7 A1 memiliki konsentrasi awal logam Cr sebesar 7.17 ppb. Pada sampel NA T4 B1 konsentrasi Cr mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi 5.465 ppb, sampel NA T2 B2 mengalami kenaikan konsentrasi logam Cr menjadi 79.16 ppb, dan sampel B7 A1 juga mengalami kenaikan konsentrasi Cr pada hari ke-7 menjadi 26.735 ppb. Pada sampel bakteri NA T2 C2 didapatkan konsentrasi Cr pada hari ke-0 sebesar 211 ppb dan mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi 3.405 ppb.

#### B. Bakteri Endofit

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Cr yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan bakteri Endofit :



**Gambar 12** Grafik Konsentrasi Logam Cr Pada Bakteri Endofit

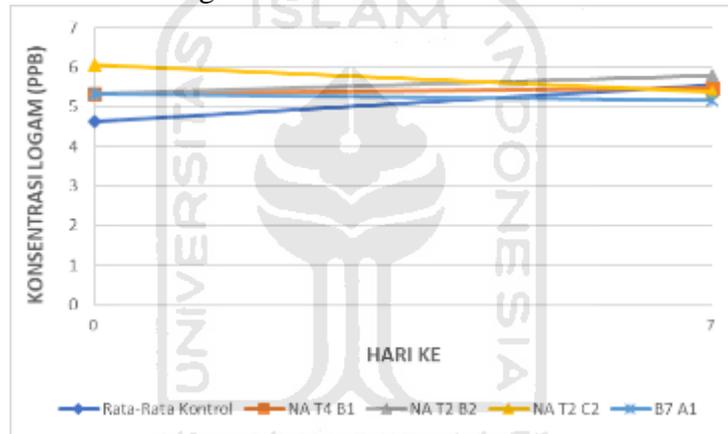
Pada grafik diatas didapatkan konsentrasi awal logam Cr pada air limbah sebesar 58.05875 ppb dan mengalami penurunan pada hari ke-7

menjadi 3.3125 ppb. Pada bakteri NA R4 B2 konsentrasi awal Cr sebesar 4.675 ppb namun mengalami kenaikan menjadi 6.73 ppb pada hari ke-7. Sampel bakteri NA R2 A1 memiliki konsentrasi logam Cr sebesar 9.39 ppb pada hari ke-0 dan mengalami kenaikan menjadi 9.89 ppb pada hari ke-7. Konsentrasi logam pada NA R4 A1 didapatkan sebesar 9.39 ppb pada hari ke-0 dan mengalami kenaikan konsentrasi menjadi 11.68 ppb pada hari ke-7. Konsentrasi logam Cr pada hari ke-0 sampel bakteri NA R2 C2 1 didapatkan sebesar 7.17 ppb, konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-7 sehingga konsentrasi logam Cr didapatkan sebesar 4.435 ppb. Sampel bakteri NA R4 A2 2 pada hari ke-0 didapatkan konsentrasi Cr sebesar 211 ppb dan mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi 14.76 ppb.

### 4.3.2. Konsentrasi Logam As

#### A. Bakteri Indigen

Berikut adalah grafik konsentrasi logam As yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan bakteri Indigen :

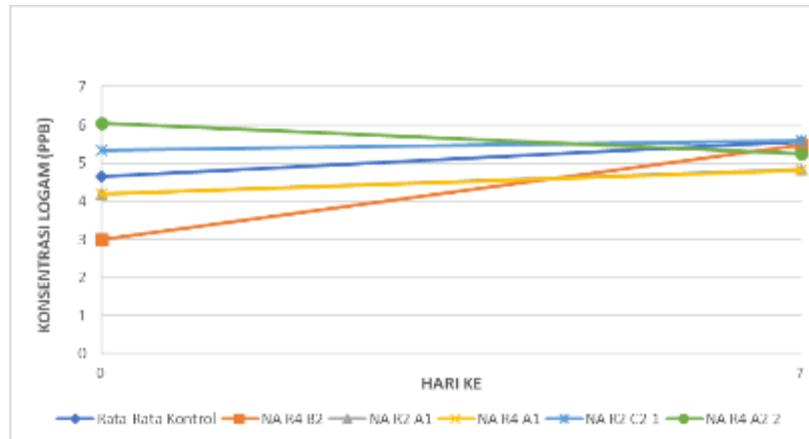


**Gambar 13** Grafik Konsentrasi Logam As Pada Bakteri Indigen

Setelah dilakukan pembacaan dengan mesin ICP-MS didapatkan bahwa konsentrasi awal logam As pada sampel kontrol adalah 4.6425 ppb. Konsentrasi ini namun mengalami kenaikan pada hari ke-7 sehingga konsentrasi logam As menjadi 5.5575 ppb. Pada sampel bakteri NA T4 B1 konsentrasi logam As pada hari ke-0 didapatkan sebesar 5.325 ppb dan mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 5.49 ppb. Sampel bakteri NA T2 B2 memiliki konsentrasi logam As sebesar 5.325 ppb hari ke-0, konsentrasi ini juga mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 5.8 ppb. Berbeda dengan sampel bakteri sebelumnya konsentrasi logam As yang terdapat pada bakteri NA T2 C2 dan B7 A1 mengalami penurunan. Konsentrasi logam As pada sampel bakteri NA T2 C2 didapatkan sebesar 6.055 ppb dan konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi 5.385 ppb. Sampel bakteri B7 A1 memiliki konsentrasi awal sebesar 5.325 ppb dan mengalami penurunan konsentrasi menjadi 5.17 ppb.

## B. Bakteri Endofit

Berikut adalah grafik konsentrasi logam As yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan bakteri Endofit :



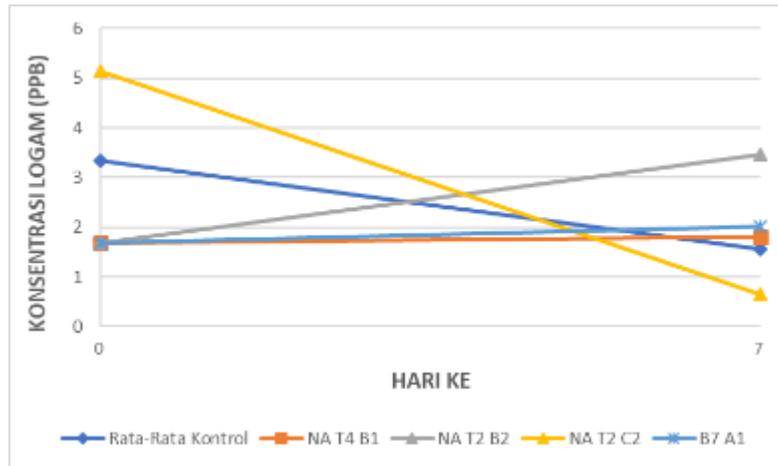
**Gambar 14** Grafik Konsentrasi Logam As Pada Bakteri Endofit

Pada sampel bakteri endofit didapatkan konsentrasi logam As pada sampel bakteri NA R4 B2 sebesar 3 ppb, konsentrasi ini mengalami kenaikan sehingga didapatkan konsentrasi logam As pada hari ke-7 menjadi 5.47 ppb. Pada sampel bakteri NA R2 A1 konsentrasi logam As pada hari ke-0 didapatkan sebesar 4.19 ppb dan mengalami kenaikan konsentrasi pada hari ke-7 menjadi 4.82 ppb. Hal serupa juga dialami sampel bakteri NA R4 A1 dengan konsentrasi awal 4.19 ppb dan mengalami kenaikan pada hari ke-7 sehingga konsentrasi yang didapatkan menjadi 4.815 ppb. Pada sampel bakteri NA R2 C2 1 konsentrasi logam As didapatkan sebesar 5.325 ppb, konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-7 sehingga didapatkan konsentrasi logam As pada hari ke-7 menjadi 5.595 ppb. Sampel bakteri NA R4 A2 2 memiliki konsentrasi awal logam As sebesar 6.055 ppb, berbeda dengan kondisi sampel bakteri lain yang mengalami kenaikan sampel bakteri ini menunjukkan adanya penurunan konsentrasi logam As sehingga konsentrasi logam As yang didapatkan pada hari ke-7 sebesar 5.325 ppb.

### 4.3.3. Konsentrasi Logam Cu

#### A. Bakteri Indigen

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Cu yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan Bakteri Indigen :

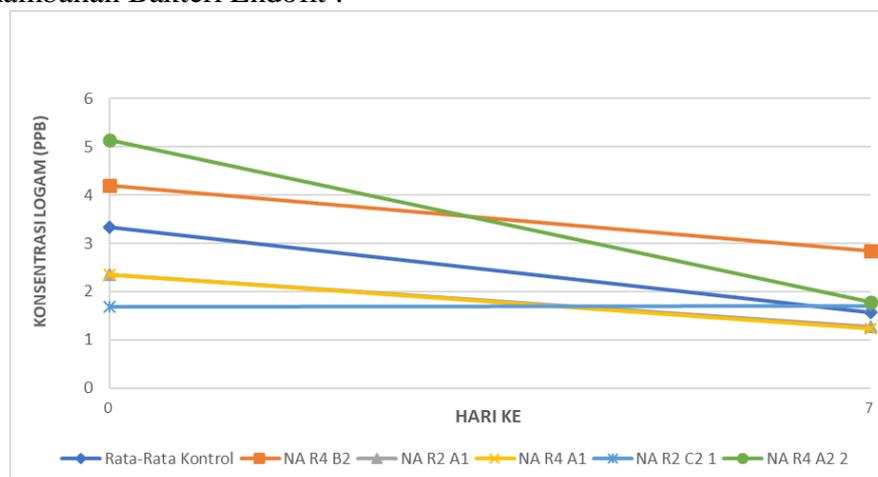


**Gambar 15** Konsentrasi Logam Cu Pada Bakteri Indigen

Pada sampel kontrol didapatkan konsentrasi awal logam Cu sebesar 3.3425 ppb, konsentrasi ini mengalami penurunan dengan didapkannya konsentrasi logam Cu pada hari ke-7 sebesar 1.55875 ppb. Sampel bakteri NA T4 B1 memiliki konsentrasi awal logam Cu sebesar 1.69 ppb dan mengalami kenaikan konsentrasi pada hari ke-7 sehingga konsentrasi yang didapatkan sebesar 1.8 ppb. Pada sampel bakteri NA T2 B2 konsentrasi awal logam Cu didapatkan sebesar 1.69 ppb dan mengalami kenaikan pada hari ke-7 sehingga didapatkan konsentrasi logam Cu sebesar 3.465 ppb. Pada sampel bakteri NA T2 C2 konsentrasi logam Cu yang didapatkan sebesar 5.135 ppb pada hari ke-0, namun konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-7 sehingga didapatkan konsentrasi logam Cu 0.655 ppb. Pada sampel bakteri B7 A1 didapatkan konsentrasi awal logam Cu sebesar 1.69 ppb dan mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 2.015 ppb.

#### B. Bakteri Endofit

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Cu yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan Bakteri Endofit :



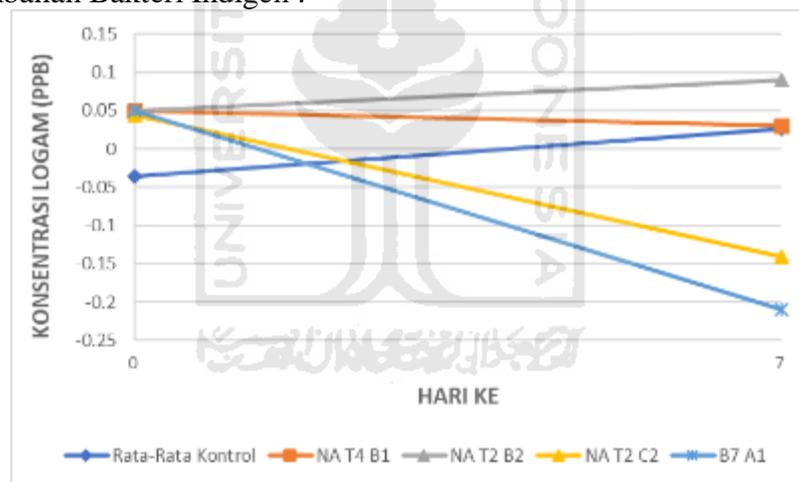
**Gambar 16** Konsentrasi Logam Cu Pada Bakteri Endofit

Bedasarkan grafik diatas didapatkan konsentrasi awal logam Cu pada sampel kontrol sebesar 3.3425 ppb, namun konsentrasi ini mengalami penurunan menjadi sebesar 1.55875 ppb. Pada sampel NA R4 B2 konsentrasi awal logam Cu didapatkan sebesar 4.195 ppb dan mengalami penurunan menjadi 2.84 ppb pada hari ke-7. Pada sampel bakteri NA R2 A1 dan NA R4 A1 didapatkan konsentrasi logam Cu pada hari ke-0 sebesar 2.35 ppb. Konsentrasi logam Cu pada sampel NA R2 A1 pada hari ke-7 mengalami penurunan menjadi 1.265 ppb dan pada sampel bakteri NA R4 A1 menjadi 1.23 ppb. Pada sampel bakteri NA R4 A2 2 konsentrasi awal logam Cu didapatkan sebesar 5.135 ppb, namun konsentrasi logam ini mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi 1.78 ppb. Berbeda dengan sampel bakteri lain yang mengalami penurunan konsentrasi logam Cu, sampel bakteri NA R2 C2 1 mengalami kenaikan konsentrasi Cu. Konsentrasi logam Cu didapatkan sebesar 1.69 ppb naik menjadi 1.71 ppb pada hari ke-7.

#### 4.3.4. Konsentrasi Logam Cd

##### A. Bakteri Indigen

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Cd yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan Bakteri Indigen :

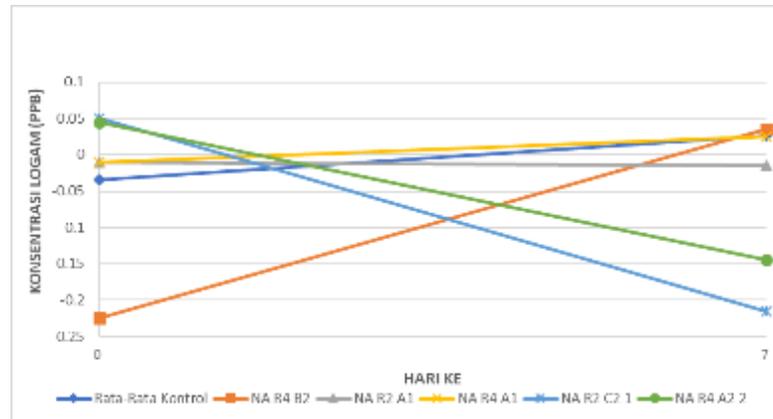


**Gambar 17** Konsentrasi Logam Cd Pada Bakteri Indigen

Sampel kontrol didapatkan memiliki konsentrasi logam Cd sebesar - 0.035 ppb, konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 0.02625 ppb. Pada sampel bakteri NA T4 B1 dan NA T2 B2 didapatkan konsentrasi awal logam Cd sebesar 0.05 ppb, sampel bakteri NA T4 B1 menunjukkan adanya penurunan konsentrasi logam Cd pada hari ke-7 sehingga didapatkan konsentrasi sebesar 0.03 ppb. Berbeda halnya dengan sampel bakteri NA T2 B2 yang mengalami kenaikan konsentrasi logam Cd menjadi 0.09 ppb pada hari ke-7. Sampel bakteri NA T2 C2 memiliki konsentrasi logam Cd pada hari ke-0 sebesar 0.045 ppb, namun konsentrasi logam Cd menurun pada hari ke-7 menjadi -0.14 ppb. Pada sampel bakteri B7 A1 didapatkan sampel logam Cd pada hari ke-0 sebesar 0.05 ppb dan mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi -0.21 ppb.

## B. Bakteri Endofit

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Cd yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan Bakteri Endofit :



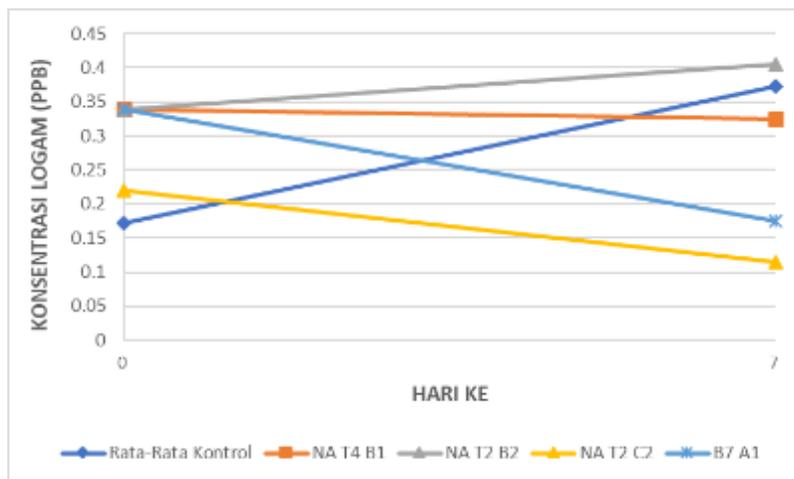
**Gambar 18** Konsentrasi Logam Cd Pada Bakteri Endofit

Sampel kontrol memiliki konsentrasi Cd pada hari ke-0 sebesar -0.035 ppb, konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-7 sehingga konsentrasi logam Cd pada sampel kontrol didapatkan sebesar 0.02625 ppb. Sampel bakteri NA R4 B2 memiliki konsentrasi awal logam Cd sebesar -0.255 ppb, konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 0.035 ppb. Pada sampel bakteri NA R2 A1 konsentrasi logam Cd mengalami penurunan, konsentrasi pada hari ke-0 didapatkan sebesar -0.01 ppb dan mengalami penurunan menjadi -0.015 ppb. Pada sampel bakteri NA R4 A1 konsentrasi logam Cd didapatkan sebesar -0.01 ppb, konsentrasi ini mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 0.025 ppb. Sampel bakteri NA R2 C2 1 memiliki konsentrasi logam Cd pada hari ke-0 sebesar 0.05 ppb, konsentrasi ini mengalami penurunan menjadi -0.215 ppb pada hari ke-7. Sampel bakteri NA R4 A2 2 juga menunjukkan adanya pengaruh aktivitas bakteri terhadap penurunan konsentrasi logam Cd pada air limbah. Konsentrasi pada hari ke-0 didapatkan sebesar 0.045 ppb, konsentrasi ini mengalami penurunan pada hari ke-7 sehingga didapatkan konsentrasi logam Cd sebesar -0.145 ppb.

### 4.3.5. Konsentrasi Logam Pb

#### A. Bakteri Indigen

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Pb yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan Bakteri Indigen :

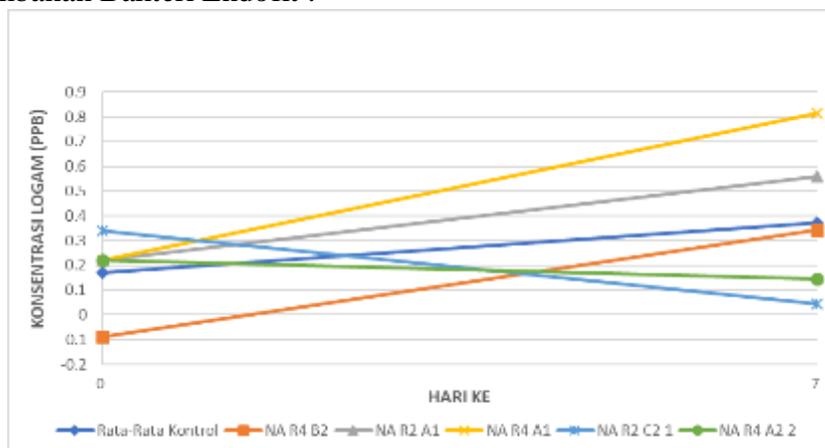


**Gambar 19** Konsentrasi Logam Pb Pada Bakteri Indigen

Sampel kontrol memiliki konsentrasi logam Pb sebesar 0.17225 ppb pada hari ke-0, konsentrasi logam Pb yang terkandung pada sampel kontrol didapatkan mengalami kenaikan dibandingkan dengan konsentrasi logam Pb pada hari ke-7 yaitu sebesar 0.3725 ppb. Pada sampel bakteri NA T4 B1 dan NA T2 B2 memiliki konsentrasi awal logam Pb yang sama yaitu sebesar 0.339 ppb, konsentrasi logam Pb pada hari ke-7 mengalami penurunan pada sampel bakteri NA T4 B1 menjadi 0.325 ppb. Pada sampel NA T2 B2 konsentrasi logam Pb mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 0.405 ppb. Pada sampel bakteri NA T2 C2 konsentrasi logam Pb pada hari ke-0 didapatkan sebesar 0.22 ppb, konsentrasi logam Pb mengalami penurunan pada hari ke-7 menjadi 0.115 ppb. Konsentrasi logam Pb pada hari ke-0 didapatkan sebesar 0.339 ppb pada sampel bakteri B7 A1, konsentrasi logam Pb mengalami penurunan menjadi 0.175 ppb pada hari ke-7.

#### B. Bakteri Endofit

Berikut adalah grafik konsentrasi logam Pb yang terkandung dalam air limbah tenun konsentrasi 100% pada hari ke-0 dan hari ke-7 dengan penambahan Bakteri Endofit :



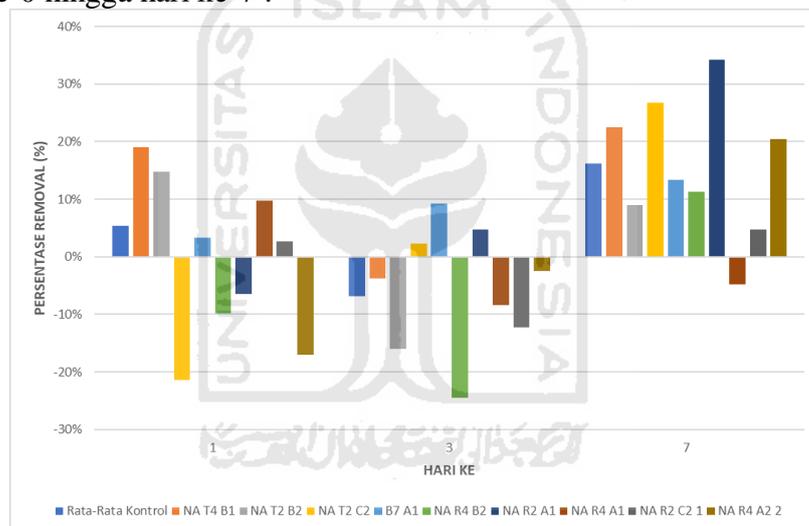
**Gambar 20** Konsentrasi Logam Pb Pada Bakteri Endofit

Sampel bakteri NA R4 B2 didapatkan konsentrasi logam Pb pada hari ke-0 sebesar -0.09 ppb, konsentrasi logam Pb mengalami kenaikan menjadi 0.345 ppb. Sampel bakteri NA R2 A1 pada hari ke-0 didapatkan sebesar 0.22 ppb, konsentrasi logam Pb pada sampel bakteri NA R2 A1 mengalami kenaikan menjadi 0.56 ppb pada hari ke-7. Pada sampel bakteri NA R4 A1 konsentrasi logam Pb hari ke-0 didapatkan sebesar 0.22 ppb, konsentrasi logam Pb ini mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 0.815 ppb. Sampel bakteri NA R2 C2 1 didapatkan konsentrasi logam Pb pada hari ke-0 sebesar 0.339 ppb, namun konsentrasi logam Pb mengalami penurunan 0.045 ppb pada hari ke-7. Pada sampel bakteri NA R4 A2 2 didapatkan konsentrasi logam Pb hari ke-0 sebesar 0.22 ppb, pada hari ke-7 konsentrasi logam Pb pada sampel bakteri NA R4 A2 2 mengalami penurunan menjadi 0.145 ppb.

#### 4.4. Persentase Removal

##### 4.4.1. Persentase Removal Pada Konsentrasi DOC

Berikut adalah persentase removal DOC selama masa pengujian dari hari ke-0 hingga hari ke-7 :



**Gambar 21** Persentase *Removal* DOC

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa masing-masing sampel bakteri dan kontrol mengalami perubahan konsentrasi DOC selama masa pengujian pada hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-7. Pada sampel kontrol didapatkan bahwa persentase removal pada hari ke-1 sebesar 5%, persentase ini mengalami penurunan pada hari ke-3 menjadi -7%. Namun, persentase removal sampel kontrol mengalami kenaikan pada hari ke-7 menjadi 16%. Persentase removal DOC yang terus mengalami kenaikan selama masa pengujian adalah sampel bakteri B7 A1, NA T2 C2, dan NA R2 A1. Pada sampel bakteri B7 A1 persentase removal pada hari ke-1 didapatkan sebesar 3%, persentase ini terus mengalami kenaikan pada hari ke-3 menjadi 9%, dan pada hari ke-7 sebesar 13%. Sampel bakteri B7 A1 dilihat memiliki peranan yang aktif dalam menurunkan konsentrasi DOC pada air limbah tenun dilihat dari penurunan konsentrasi DOC selama masa pengujian. Sampel bakteri NA

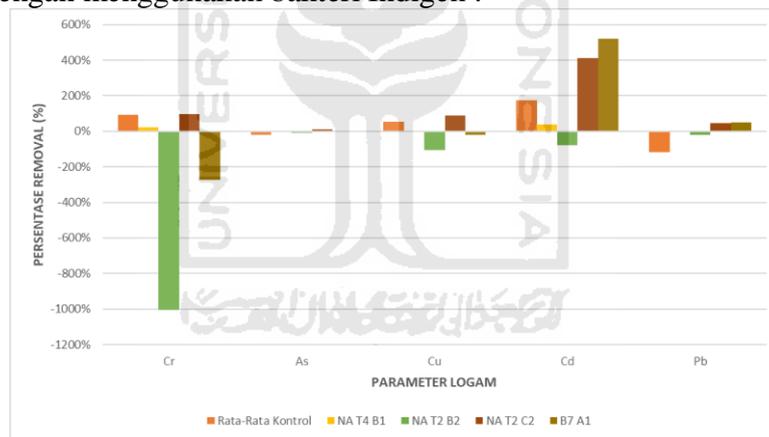
T2 C2 juga mengalami kenaikan persentase removal DOC, namun persentase ini mengalami kenaikan sebesar -21% pada hari ke-1 sedangkan pada hari ke-3 konsentrasi DOC turun dengan menunjukkan angka persentase removal sebesar 2%, persentase removal DOC mengalami kenaikan kembali pada hari ke-7 sebesar 27%. Sampel NA R2 A1 pada hari ke-1 menunjukkan adanya kenaikan konsentras DOC ditunjukkan dari persentase removal DOC pada hari ke-1 sebesar -6%. Namun, pada hari ke-3 persentase removal DOC mengalami kenaikan menjadi 5%, persentase removal kembali mengalami kenaikan pada hari ke-7 sehingga didapatkan persentase removal pada hari ke-7 menjadi 34%.

Penurunan konsentrasi DOC pada limbah tenun menunjukkan adanya pengaruh aktivitas bakteri dalam air limbah terhadap konsentrasi DOC. Menurut (Agudelo, 2010) bakteri yang terdapat pada limbah kemungkinan mengambil keuntungan dari konsentrasi DOC yang ada pada air limbah. Konsentrasi DOC dalam air limbah digunakan bakteri untuk pertumbuhan bakteri sesuai dengan kadar DO dalam air limbah tersebut.

#### 4.4.2. Persentase Removal Pada Konsentrasi Logam

##### 1. Bakteri Indigen

Berikut adalah persentase removal konsentrasi logam pada air limbah tenun dengan menggunakan bakteri Indigen :



**Gambar 22** Persentase Removal Logam Pada Bakteri Indigen

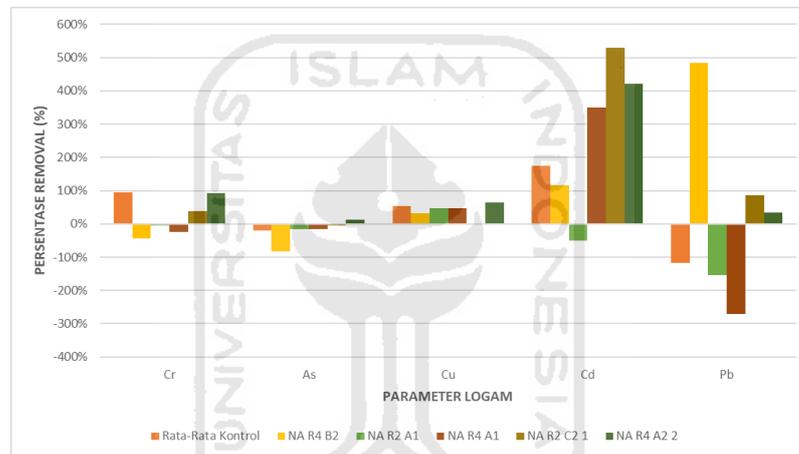
Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa adanya perubahan konsentrasi parameter logam pada limbah air tenun. Pada sampel kontrol persentase removal pada logam Cr didapatkan sebesar 94%, logam As sebesar -20%, logam Cu 53%, logam Cd 175%, dan logam Pb -116%. Terdapat persentase removal dengan angka minus yang menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi logam pada air limbah dengan sampel kontrol. Pada sampel bakteri NA T2 C2 persentase removal yang dihasilkan terhadap konsentrasi logam juga dapat dikatakan tinggi. Pada parameter logam Cr mengalami penurunan konsentrasi dengan tingkat persentase removal sebesar 98%, logam As sebesar 11%, logam Cu sebesar 87%, logam Cd sebesar 411%, dan logam Pb sebesar 48%. Persentase removal yang terdapat pada logam Cd sampel bakteri NA T2 C2 mengalami penurunan konsentrasi namun,

konsentrasi logam yang terbaca pada alat ICP-MS pada hari ke-7 menunjukkan angka yang negatif sehingga persentase yang didapatkan lebih dari 400%.

Dapat dilihat dari grafik diatas sampel NA T2 C2 memiliki persentase tertinggi dalam meremoval logam Cr yaitu sebesar 98%, sedangkan untuk logam As persentase removal tertinggi terdapat pada sampel NA T2 C2 dengan persentase removal sebesar 11%, sama halnya dengan logam Cu persentase removal tertinggi didapatkan dari sampel bakteri NA T2 C2 dengan persentase sebesar 87%, pada logam Cd persentase removal tertinggi didapatkan dari sampel NA T4 B1 dengan persentase sebesar 40%. Persentase removal pada logam Pb tertinggi tercatat pada sampel bakteri NA T2 C2 dan B7 A1 dengan persentase removal sebesar 48%.

## 2. Bakteri Endofit

Berikut adalah persentase removal konsentrasi logam pada air limbah tenun dengan menggunakan bakteri endofit :



**Gambar 23** Persentase Removal Konsentrasi Logam Bakteri Endofit

Berdasarkan grafik diatas Bakteri Endofit juga memiliki peranan dalam menurunkan konsentrasi logam. Pada sampel bakteri NA R4 A2 2 persentase removal pada parameter logam Cr tercatat sebesar 93%, logam As 14%, logam Cu sebesar 65%, pada logam Pb didapatkan persentase removal sebesar 34%. Persentase removal pada parameter logam Cd yang didapatkan dari semua sampel baik kontrol dan bakteri sangat tinggi melebihi persentase 100%, hanya sampel bakteri NA R2 A1 yang memiliki persentase removal -50% hal ini dikarenakan adanya penurunan konsentrasi yang sangat drastis pada hari ke-0 hingga hari ke-7. Konsentrasi logam Cd pada sampel tidak terdeteksi oleh mesin ICP-MS sehingga menghasilkan konsentrasi yang negatif.

## 4.5. Pengaruh Bakteri Terhadap Perubahan Konsentrasi Logam

### 4.5.1. Konsentrasi Logam Cr

Penurunan konsentrasi Cr dapat disebabkan oleh tiga hal yaitu biosorpsi oleh dinding sel bakteri, aktivitas enzim kromat reductase dalam sel, dan metabolit berupa asam-asam organik. Biosorpsi adalah proses pengambilan logam oleh sel mikroorganisme secara pasif atau tidak membutuhkan energi. Pengikatan ion logam secara biosorpsi pada organisme menggunakan kapsul, polimer, ekstraseluler dan gugus fungsional yang ada pada sel mikroorganisme. Bakteri termasuk salah satu organisme yang dapat melakukan biosorpsi. Agen pengkhelat siderofor yang dimiliki oleh bakteri memiliki gugus reaktif yaitu asam dikaboksilat, asam polihidroksi, dan asam fenolik. Gugus reaktif ini berfungsi untuk mengikat kromium yang terdapat di lingkungan (Gradd et al., 1993)

Bakteri juga dapat menurunkan konsentrasi Cr melalui kondisi aerobik dan anaerobik dimana enzim sangat berperan dalam proses ini terutama enzim chromate reductase. Reduksi Cr menjadi Cr (III) secara dilakukan secara cepat oleh enzim chromate reductase. Beberapa enzim reductase memerlukan NADH atau NADPH untuk kinerja secara maksimum. Reduktase berasal dari sitoplasma, lisis sel, atau sekresi dan mereduksi Cr (VI) secara ekstraseluler, menghasilkan deposit Cr pada permukaan sel dan terikat oleh *extracellular polymeric substances* (EPS) (Priester et al., 2006)

### 4.5.2. Konsentrasi Logam As

Penurunan konsentrasi logam berat As dapat terjadi karena bakteri dapat memanfaatkan logam tersebut sebagai energi melalui oksidasi besi, belerang, mangan, dan arsenik (Atlas, 1993). Reduksi logam juga dapat berlangsung melalui proses disimilasi pada respirasi anaerobik, saat bakteri menggunakan logam sebagai akseptor elektron terminal. Oksianion berasal dari arsenat dapat digunakan bakteri sebagai akseptor elektron terminal pada respirasi anaerobik (Stolz, 1999). Bakteri juga memiliki mekanisme reduksi As yang tidak terkait dengan respirasi melainkan dengan ketahanan, dengan memiliki sistem oksidasi As (III) dan reduksi As (V) secara bersama-sama.

### 4.5.3. Konsentrasi Logam Cu

Penurunan konsentrasi logam didukung dengan adanya kehadiran bakteri dalam sampel air limbah. Kehadiran bakteri ini memiliki peranan penting dalam melakukan biosorpsi logam berat Cu secara passive uptake dan active uptake. Selain melakukan mekanisme biosorpsi, resistensi bakteri terhadap logam berat Cu dapat dipengaruhi oleh adanya gen resisten logam berat pada plasmid, kromosomal, dan transposon (Silver, 1996). Gen yang berperan dalam resistensi bakteri terhadap logam Cu adalah cop-operon yang dapat mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi  $\text{Cu}^+$  yang tidak berbahaya bagi sel (Anggriany dkk., 2018)

#### 4.5.4. Konsentrasi Logam Cd

Penurunan konsentrasi Cd pada air limbah dapat dipengaruhi oleh adanya kehadiran bakteri dalam air limbah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik bakteri yang tahan dalam kondisi lingkungan dengan keberadaan logam Cd, bakteri juga dapat memanfaatkan logam Cd sebagai salah satu unsur yang dibutuhkan dalam siklus hidupnya (Wijayanti et al., 2017). Menurut (Hassen et al., 1998) suatu bakteri yang dapat bertahan dalam lingkungan yang mengandung kadmium karena bakteri memiliki produksi protein pengikat kadmium secara intraseluler. Selain mekanisme memproduksi protein, bakteri juga dapat melakukan proses pengikatan logam lain agar dapat menghambat proses pengikatan logam Cd dengan sel. Menurut (Gupta et al., 1993) bakteri juga dapat menjalankan mekanisme metalotionin, mekanisme ini merupakan pengkhelatan logam berat secara intraseluler dengan menggunakan protein.

Percobaan menurunkan konsentrasi Cd juga dilakukan oleh (Wijayanti et al., 2017) dimana digunakan bakteri untuk mereduksi konsentrasi logam Cd pada air limbah di perairan Kabupaten Pasuruan. Penelitian dilakukan dengan memberikan lima perlakuan (Konsorium A, Konsorium D, Konsorium E, dan Konsorium J) pada air limbah dengan satu sampel kontrol. Pengamatan dilakukan selama 7 hari dengan mengamati parameter seperti BOD, COD, DO, dan Cd. Pada pengamatan hari ke-1 hingga hari ke-3 penurunan konsentrasi logam Cd tidak terlalu terlihat nyata, namun perubahan konsentrasi logam Cd baru terlihat saat pengamatan hari ke-4 dimana terjadi penurunan yang nyata. Dari keempat sampel bakteri, didapatkan Konsorium J menunjukkan adanya pengaruh kehadiran bakteri yang sangat signifikan terhadap penurunan konsentrasi logam Cd.

#### 4.5.5. Konsentrasi Logam Pb

Bakteri dapat menurunkan konsentrasi logam Pb karena bakteri dapat tumbuh pada air tercemar logam berat dan mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat pada selnya. Ion logam bermuatan positif, sehingga secara elektrostatik ion logam akan terikat pada sel bakteri. Interaksi antara ion logam dan sel menunjukkan adanya peranan gugus karboksil pada peptidoglikan dan gugus fosforil pada polimer sekunder asam teikuronat dan teikuronat (Solikah, 2013). Selain itu biosorpsi bakteri yang mampu hidup pada air tercemar logam Pb adalah biosorpsi secara *active uptake*. Mekanisme ini terjadi secara simultan sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme (Fakhrudin et al., 2008). Bakteri yang resisten terhadap logam berat juga dipengaruhi oleh kemampuan untuk mendotoksifikasi pengaruh logam berat dengan adanya protein atau materi granuler (Adi, 2010).

Menurut (Yadav et al., 2012) bakteri yang terdapat dalam air limbah mampu menyerap atau mentransfer logam melalui reaksi enzimatik. Logam yang diserap oleh bakteri kemudian dimanfaatkan oleh bakteri dalam proses metabolisme di dalam sel atau diubah menjadi bentuk kimia lain yang tidak bersifat toksik. Namun, tidak berarti bakteri dapat menyerap seluruh kandungan logam pada air limbah. Bakteri yang terkandung dalam air limbah

juga memiliki nilai toleransi terhadap logam yang dapat diserap, konsentrasi logam yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan efek toksik pada bakteri hingga mempengaruhi pertumbuhan, morfologi, aktivitas biokimia, penurunan biomassa, dan keanekaragaman populasi mikroorganisme (Abdelatey et al., 2011).



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan analisis data dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Isolat bakteri yang digunakan yaitu : NA T4 B1, NA T2 B2, NA T2 C2, B7 A1 berasal dari tanah yang tercemar limbah tenun, dan NA R4 B2, NA R2 A1, NA R4 A1, NA R2 C2 1, NA R4 A4 2 berasal dari akar tanaman yang tercemar limbah mampu mendegradasi kandungan logam dan *Dissolve Organic Carbon* pada limbah tenun Desa Troso, Jepara
2. Bakteri NA R2 A1 mampu mendegradasi kandungan DOC dengan persen removal tertinggi yaitu sebesar 34% pada hari ke-7.
3. Persentase removal logam Cr tertinggi sebesar 98% berasal dari bakteri NA T2 C2, removal logam As sebesar 14% oleh NA R4 A2 2, removal logam Cu sebesar 87% oleh bakteri NA T2 C2, removal logam Cd sebesar 40% oleh bakteri NA T4 B1, dan removal logam Pb sebesar 87% oleh bakteri NA R2 C2 1.

#### **5.2. Saran**

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya :

1. Penelitian air limbah seharusnya membutuhkan pengujian data yang lebih banyak, tidak hanya dari hari ke-0 dan hari ke-7 serta konsentrasi 100% saja. Penelitian membutuhkan banyak data pembanding lainnya agar hasil yang didapatkan lebih maksimal.
2. Seharusnya dilakukan pengukuran *Optical Density* pada awal dan akhir pengujian terhadap bakteri yang digunakan. Sehingga dapat diperkirakan apakah perubahan kondisi air limbah dipengaruhi oleh aktivitas bakteri atau faktor lain melihat dari pertumbuhan bakteri dalam air limbah.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, S.E., Nana, D.S., 2010. Pengurangan Konsentrasi Ion Pb Dalam Limbah Air Elektroplanting Dengan Proses Biosorpsi dan Pengadukan. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(1) : 1-9.
- Abdelatey, L. M., W. K. B. Khalil, T. H. Ali and K. F. Mahrous. 2011. Heavy Metal Resistance and Gene Expression Analysis of Metal Resistance Genes in Gram-Positive Gram-Negative Bacteria Present in Egyptian Soils. *Journal of Applied Science in Environmental Sanitation*, 6(2): 201-211
- Aguelo, M.R., Penuela, Gustavo., Aguirre, J.N., Morato, Jordi., Jaramillo, L.M., 2010. Simultaneous Removal of Chlorpyrifos and Dissolved Organic Carbon Using Horizontal Sub-surface Flow Pilot Wetlands. National Faculty of Public Health, Universidad de Antioquia : Colombia
- Anggriany, S.P., Jati, A.W.N., Murwani, L. Indah., 2018. Pemanfaatan Bakteri Indigenus Dalam Reduksi Logam berat Cu Pada Limbah Cair Proses Etching Printed Circuit Board (PCB). Universitas Atma Jaya Yogyakarta : Yogyakarta.
- Arief, Muhammad., Sulmartiwi, Laksmi., Prayogo., Saputri, Maya, Herlina. 2010. Isolasi Bakteri Indigen Sebagai Pendegradasi Bahan Organik Pada Media Pembentukan Ikan Lele Dumbo (*Clarias sp.*) Sistem Sirkulasi Tertutup. Universitas Airlangga : Surabaya.
- Atlas, R.M., Bartha, R., 1993. *Microbial Ecology : Fundamentals and Application*. 3<sup>rd</sup> ed. The Benjamin/Cummings Publ. Co., Inc., Redwood City, CA.
- B. Joseph, R. Mini Priya, *Bioactive Compounds From Endophytes And Their Potential In Pharmaceutical Effect*. *Mol. Biol.* 1 (2011) 291–309.
- Badan Pusat Statistik 2017 Jepara Dalam Angka
- Bafana, A., Jain, M., Agrawal, G., Chakrabarti, T., 2009. *Bacterial Reduction In Genotoxicity Of Direct Red 28 Dye*. *Chemosphere* 74, 1404e1406.
- Budiwanto, Setyo. 2017. *Metode Statistika*. UMM Press : Malang
- Bredow, C., Azevedo, J.L., Pamphile, J., Mangolin, C., Rhoden, S., 2015. *In Silico Analysis Of The 16S Rrna Gene Of Endophytic Bacteria, Isolated From The Aerial Parts And Seeds Of Important Agricultural Crops*. *Genetics and Molecular Research* 14, 9703–9721.
- Dixit R, Wasiullah, Malaviya D, Pandiyan K, Singh UB, Sahu A, Shukla R, Singh BP, Rai JP, Sharma PK, Lade H, Paul D. 2015, *Bioremediation Of Heavy Metals From Soil And Aquatic Environment: An Overview Of Principles And Criteria Of Fundamental Processes*. *Sustainability* 7:2189–2212.
- Fakhrudin, M., Y. Gunawan, R. Iwan., Agita, R. 2008. Pengembangan Model Pengelolaan Daerah Air Sungai Bangor. *Prosoding Seminar Nasional Limnologi IV*. Kalimantan Timur
- Gradd, G.M., White, C. 1993. *Microbial Treatment of Metal Pollution : A Working Biotechnology* 11 : 353 – 392

- Gupta, A., Morby, A.P., Runer, J.S., Whitton, B.A., Robinson, N.J., 1993. *Deletion Within The Metallothionein Locus of Cadmium-Tolerant Synechococcus PCC-6301 Involving a Highly Iterated Palindrome (hip1)*. *Mol Microbiol.* 7, p189-195.
- Hadi, Anwar. 2017. Penentuan Batas Kuantifikasi Metode Pengujian Logam Berat Cd, Cu, Mn, Zn Dalam Air Secara *Inductively Couple Plasma Time of Flight Mass Spectrofotometry*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan. Tangerang : Banten
- Hassen, A., Saidi, N., Cherif, M., Boudabous, A. 1998. *Effect of Heavy Metals of Pseudomonas aeruginosa and B. thuringiensis*. *Biores. Technol.* 65, p73-82
- Hlihor, R.M., Gavrilesco, M. 2012. Book Review : Bioremediation and Sustainability. *Environmental Engineering Manage J* 11:2335-2336.
- I. C. Ivanovic, Ed. 2016. *Colors in Urban Life : Images, Object, and Spaces*. Santiago de Chile : Chile.
- Ifadah, Ana. 2011. Analisis Metode Principal Component Analysis (Komponen Utama) dan Regresi Ridge Dalam Mengatasi Dampak Multikolinearitas Dalam Analisis Regresi Linear Berganda. UNNES : Semarang
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi, T., T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda, and T.G. Troxler (Eds.). Published: IPCC, Switzerland.
- J.L. Caivano. 2016. *Considerations of Black and White : Are They Colors, Absense of Colors, or Sum of Colors*. Faculty of Architecture, Urbanism, and Desgin. Color Institute. National University of Cordoba, Faculty of Arts : Argentina.
- Kabra. Akhil. N., Khandare, Rahul. 2012. Development of a Bioreactor of Textile Effluent and Dye Mixture : A Plant-Bacterial Synergistic Strategy. Shivaji University : India.
- Kensa, V.M., 2011. Bioremediation – An Overview. *J Ind Pollut Contr.* 27:161-168
- Klein, G. A., Meyrath, T., 2010. *Industrial Color Physics*. Volume 7. Springer.
- Komarawidjaja, Wage. 2017. Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat Pada Lahan Sawah di Desa Jelegong Kecamatan Rencaekek Kabupaten Bandung. Pusat Teknologi Lingkungan – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi : Serpong, Indonesia.
- Kumar, A., Bisht, B.S., Joshi, V.D. 2010. Biosorption of Heavy Metals by Four Acclimated Microbial Species, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp., *Aspergillus niger*. *J Biol Environ Sci*, 4:97-98
- Kurniasih, Y.A., 2008. Fitoremediasi Lahan Pertanian Tercemar Logam Berat Kadmium dan Tembaga Dari Limbah Industri Tekstil. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- L. Guo, J. Qiu, Z. Han, Z. Ye, C. Chen, C. Liu, X. Xin, C.Y. Ye, Y.Y. Wang, H. Xie, Y. Wang, J. Bao, S. Tang, J. Xu, Y. Gui, F. Fu, W. Wang, X. Zhang, Q. Zhu, X. Guang, C. Wang, H. Cui, D. Cai, S. Ge, G.A. Tuskan, X. Yang, Q. Qian, S.Y. He, J. Wang,

- X.P. Zhou, L. Fan, *A Host Plant Genome (Zizania Latifolia) After A Century-Long Endophyte Infection*, (2015)
- Misal, S.A., Lingojar, D.P., Shinde, R.M., Gawai, K.R., 2011. *Purification And Characterization Of Azoreductase From Alkaliphilic Strain Bacillus Badius*. *Process Biochem.* 46 (6), 1264–1269.
- Mkumbo, S. 2012. *Development of Low Cost Remediation Method for Heavy Metal Polluted Soils*. Thesis, Royal Institute of Technology (KTH). Sweden.
- Mook, W.T., Chakrabarti, M.H., Aroua, M.K., Khan, G.M.A., Ali, B.S., Islam, M.S., Hassan, Abu. M.A., 2018. *Removal Of Total Ammonia Nitrogen (TAN), Nitrate And Total Organic Carbon (TOC) From Aquaculture Wastewater Using Electrochemical Technology: A Review*. *Desalination* 285, 1-13.
- Moore, S., V. Gauci, C.D. Evans, and S.E. Page. 2011. *Fluvial Organic Carbon Losses From A Bornean Blackwater River*. *Biogeosciences*. 8:901-909.
- Mousa, W.K., Shearer, C.R., Limay-Rios, V., Zhou, T., Raizada, M.N., 2015. *Bacterial Endophytes From Wild Maize Suppress Fusarium Graminearum In Modern Maize And Inhibit Mycotoxin Accumulation*. *Frontiers in Plant Science* 6, 805.
- Myllymaki, Pekka., Lahti, Riikka., Romar, Henrik., Lassi, Ulla., 2018. *Removal Of Total Organic Carbon From Peat Solution By Hybrid Method—Electrocoagulation Combined With Adsorption*. *Journal of Water Process Engineering* 24, 56-62.
- Prakash, D., Gabani, P., Chandel, A.K., Ronen, Z., Singh, O.V. 2013. *Bioremediation : A Genuine Technology to Remediate Radionuclides From the Environment*. *Microbiol Biotechnol*, 6:349-360.
- Priester, J.H., Olson, S.G., Webb, S.M., Neu, M. P., Hersman, L.E., Holden, P.A., 2006 *Enhanced Exopolymer Production and Chromium Stabilization in Pseudomonas putida Unsaturated Biofilms*. *Applied and Environmental Microbiology*, 72 : 1998-1996.
- Rai, P.K., 2008 . *Heavy Metal Pollution in Aquatic Ecosystems and Its Phytoremediation Using Wetland Plants : An Ecosustainable Approach*. *Int J Phytoremediation*, 10:131-58.
- Rana, R.S., Singh, P., Kandari, V., Singh, R., Dobha, R., Gupta, S., 2017. *A Review on Characterization and Bioremediation of Pharmaceutical Industries Wastewater : an Indian Perspective*. *Appl. Water Sci.* 7, 1–12.
- Sa'dah, Nurun Nailis. 2020. "Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem *Flotating Treatment Wetland* Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit". Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- Samal, B., Kotiyal, P.B., 2013. *Bioremediation of Copper Contaminated Soil Using Bacteria*. *Oct J Environ Res*, 1:5-8
- Schotlthof, H.B., 2001. *Molecular Plant- Microbe Interactions That Cut the Mustard*. *Plant Physiology* 127, 1476-1483.
- Silver, S. 1996. *Bacterial Resistances To Toxic Metal Ions-a review*. *Gene*, 179: 9-19

- Solikah, U., Dwianita, K.N., 2013. Uji Potensi Genera *Bacillus* Sebagai Bioakumulator Merkuri. *Jurnal ITS Surabaya*, 1(1):1-9
- Stolz, J., Oremland, R. 1999. *Bacterial Respiration of Arsenic and Selenium*. FEMS Microbiol. Rev. 23 : 615-627.
- Wijayanti, Titik., Lestari, Dinna Eka Graha. 2017. *Bioremediasi Limbah Tercemar Kadmium (Cd) Pada Perairan Kabupaten Pasuruan Menggunakan Bakteri Indigen Secara Ex-Situ*. Budi Utomo Malang : Malang
- Yadav, H., N. Satish, M. B. Prakash. 2012. Studies on Biological Removal of Plumb by *Bacillus subtilis*. *International Journal of Scientific and Engineering Research*.
- Zulkifli, A. 2014. *Pengolahan Limbah Berkelanjutan*. Graha Ilmu : Yogyakarta



## LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Perhitungan Konsentrasi *Dissolve Organic Carbon*

Bakteri	Waktu (hari)				Fp	Konsentrasi DOC (mg/L)			
	0	1	3	7		0	1	3	7
CONTROL B2	2.535	2.705		2.507	100	253.5	270.5	0	250.7
NA R4 B2	2.535	2.783	3.466	3.074	100	253.5	278.3	346.6	307.4
CONTROL B3	2.175	2.154	1.675	1.803	100	217.5	215.4	167.5	180.3
NA R2 A1	2.175	2.315	2.205	1.451	100	217.5	231.5	220.5	145.1
NA R4 A1	2.175	1.962	2.127	2.23	100	217.5	196.2	212.7	223
CONTROL B4	2.867	2.421	2.297	1.877	100	286.7	242.1	229.7	187.7
NA T4 B1	2.867	2.323	2.411	1.868	100	286.7	232.3	241.1	186.8
NA T2 B2	2.867	2.442	2.833	2.577	100	286.7	244.2	283.3	257.7
B7 A1	2.867	2.771	2.516	2.18	100	286.7	277.1	251.6	218
NA R2 C2 1	2.867	2.791	3.135	2.986	100	286.7	279.1	313.5	298.6
CONTROL B5	2.822	2.565	3.923	2.637	100	282.2	256.5	392.3	263.7
NA T2 C2	2.822	3.428	3.35	2.452	100	282.2	342.8	335	245.2
NA R4 A2 2	2.822	3.302	3.383	2.692	100	282.2	330.2	338.3	269.2
Rata - Rata Kontrol	2.6	2.46125	2.6317	2.206	100	260	246.1	197.38	220.6

Lampiran 2 Hasil Perhitungan Konsentrasi Logam

Bakteri	Konsentrasi Logam (ppb)									
	Cr		As		Cu		Cd		Pb	
	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7
CONTROL B2	4.675	3.14	3	5.575	4.195	1.165	-0.225	0.01	-0.09	0.625
NA R4 B2	4.675	6.73	3	5.47	4.195	2.84	-0.225	0.035	-0.09	0.345
CONTROL B3	9.39	5.52	4.19	5.28	2.35	2.11	-0.01	0.055	0.22	0.22
NA R2 A1	9.39	9.89	4.19	4.82	2.35	1.265	-0.01	-0.02	0.22	0.56
NA R4 A1	9.39	11.68	4.19	4.815	2.35	1.23	-0.01	0.025	0.22	0.815
CONTROL B4	7.17	1.855	5.33	5.755	1.69	1.795	0.05	-0.03	0.339	0.275
NA T4 B1	7.17	5.465	5.33	5.49	1.69	1.8	0.05	0.03	0.339	0.325
NA T2 B2	7.17	79.16	5.33	5.8	1.69	3.465	0.05	0.09	0.339	0.405
B7 A1	7.17	26.735	5.33	5.17	1.69	2.015	0.05	-0.21	0.339	0.175
NA R2 C2 1	7.17	4.435	5.33	5.595	1.69	1.71	0.05	-0.22	0.339	0.045
CONTROL B5	211	2.735	6.06	5.62	5.135	1.165	0.045	0.065	0.22	0.37
NA T2 C2	211	3.405	6.06	5.385	5.135	0.655	0.045	-0.14	0.22	0.115
NA R4 A2 2	211	14.76	6.06	5.235	5.135	1.78	0.045	-0.15	0.22	0.145
Rata-rata Kontrol	58.059	3.3125	4.64	5.5575	3.343	1.559	-0.035	0.026	0.172	0.373

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian



Industri Tenun Desa Troso, Jepara



Limbah Tenun Desa Troso, Jepara



Kondisi Sungai Desa Troso, Jepara



Mesin ICP-MS



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Jambi, Provinsi Jambi pada tanggal 23 Mei tahun 2000, merupakan anak dari pasangan Ir. Erry dan Ila Iruyanti sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan akselerasi pada SD AL-Falah Jambi (2006-2011), selanjutnya kembali menempuh pendidikan akselerasi pada SMPN 1 Kota Jambi (2011-2013), dan melanjutkan sekolah ke SMA N 3 Kota Jambi (2013-2016). Pada Tahun 2016 penulis melanjutkan jenjang perkuliahan di Universitas Islam Indonesia Jurusan Teknik Lingkungan.

Selain kegiatan perkuliahan, penulis juga aktif di kegiatan olahraga bola basket dan tergabung dalam tim basket Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan tim basket Jurusan Teknik Lingkungan. Penulis aktif mengikuti semua kegiatan kepanitiaan dalam fakultas dan tergabung dalam organisasi. Penulis menjadi anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia sebagai Staff Departemen Dalam Negeri (2016-2017), selain itu juga menjadi Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas sebagai Sekretaris Jenderal DPM FTSP UII periode 2018/2019. Penulis juga aktif dalam kegiatan akademis kampus dengan menjadi asisten laboratorium diantaranya Praktikum Teknik Lingkungan 1, Teknik Lingkungan 2, Mikrobiologi Lingkungan, Laboratorium Lingkungan. Penulis merupakan salah satu dari dua mahasiswa teknik lingkungan UII yang berkesempatan mengikuti program “*Short-term : Collaboration Research*” di Kyoto, Jepang.

Pada bulan Februari 2019 penulis melakukan kegiatan kerja praktek di PT. Pertamina Lubricants dengan topik kerja praktek yaitu Pengelolaan Limbah B3. Untuk menyelesaikan pendidikan di jenjang strata-1 penulis melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul “Evaluasi Biodegradasi Kandungan Logam dan *Dissolve Organic Carbon* Limbah Tenun Desa Troso”