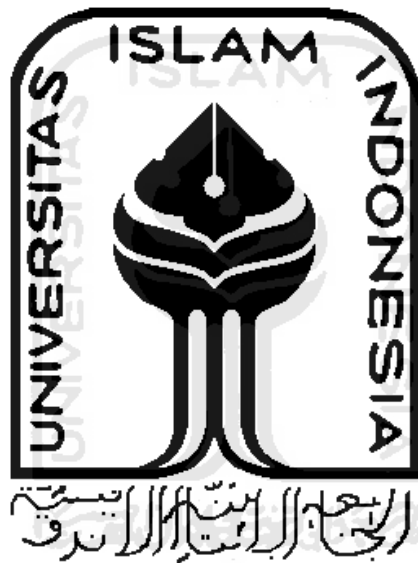


TA/TL/2020/1231

**TUGAS AKHIR**  
**PERUBAHAN PARAMETER FISIKA PADA PROSES**  
**BIODEGRADASI LIMBAH TENUN**  
**OLEH BAKTERI ENDOFIT**

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

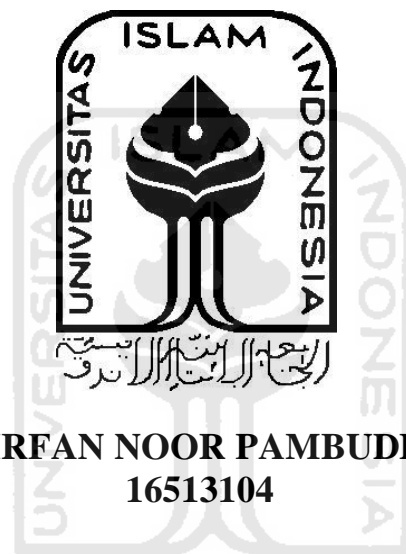


**Irfan Noor Pambudi**  
**16513104**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2020**


**TUGAS AKHIR**  
**PERUBAHAN PARAMETER FISIKA PADA PROSES**  
**BIODEGRADASI LIMBAH TENUN OLEH BAKTERI**  
**ENDOFIT**


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



**IRFAN NOOR PAMBUDI**  
**16513104**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.  
NIK. 165131306  
Tanggal: 12 November 2020

  
Dr. Eng. A. Waludin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.  
NIK. 095130406  
Tanggal: 5 November 2020

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

  
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.  
NIK. 025100406  
Tanggal: 13 November 2020

## HALAMAN PENGESAHAN

# PERUBAHAN PARAMETER FISIKA PADA PROSES BIODEGRADASI LIMBAH TENUN OLEH BAKTERI ENDOFIT

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis  
Tanggal : 12 November 2020

Disusun oleh:

IRFAN NOOR PAMBUDI  
16513104

**Tim Penguji:**

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

(  )

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

(  )

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

(  )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 11 November 2020  
Yang membuat pernyataan,



**Irfan Noor Pambudi**  
NIM: 16513104

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak November 2019 ini ialah **Perubahan Parameter Fisika pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun oleh Bakteri Endofit**.

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa Program S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

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

1. Allah SWT yang selalu memberikan kesehatan dan kekuatan sehingga dapat menjalani dan menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Kedua orangtua, Bapak Sukardi dan Ibu Endang Liswati serta kakak dan adik, Iman Pujo Pangestu dan Muhammad Izat Mahendra yang senantiasa memberikan doa dan kasih sayang baik berupa moril maupun materiil,
3. Pembimbing I dan II tugas akhir, Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. dan Bapak Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberi pengarahan, nasihat, kritik, serta saran dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini,
4. Pembimbing akademik, Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan dan nasihat sejak awal hingga akhir masa studi,
5. Seluruh *staff* dan dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama masa studi,
6. Seluruh laboran dari Laboratorium Kualitas Lingkungan atas bantuan selama penelitian di laboratorium,
7. Afafun Nafisah, Itsna Maulidya, Muhammad Akbar Ardhiansyah, M. Askuroini, M. Ismail, Shonia Dwi Ratnasari, dan Zakia Ganjarrina Siwi selaku kelompok tugas akhir yang telah berjuang bersama dalam penelitian maupun penyusunan laporan tugas akhir ini,
8. Mbak Erdina Trisna Mukti, Mbak Nurun Nailis Sa'adah, dan Naura Lindy Azhara yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan selama penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini,
9. Agah Tria Legawa, M. Ismail, Muhammad Abror Biaggi, Muhammad Akbar Ardhiansyah, Muhammad Faridh Al Fadhli, dan Zehan Farandi selaku teman satu atap Kontrakan Markobar yang telah meramaikan hari selama perantauan,

10. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya saudara/i Angkatan 2016 yang telah berjuang bersama baik selama kuliah maupun dalam kehidupan sehari-hari, semoga persaudaraan yang telah terbangun ini dapat selalu terjaga,
11. Ahmad Rozin Octaerlian, Annisa Mufsihah, Muhajir, Muhammad Ibadurrachman, Nurul Duwi Suciati, dan Satya Nugraha selaku teman seperjuangan Kerja Praktik bagian *Distilling & Wax* PT. Pertamina (PERSERO) RU V Balikpapan yang telah membantu dan menghibur selama pelaksanaan Kerja Praktik,
12. Keluarga Besar KKN UII Desa Karangbolong, Kecamatan Buayan, Kabupaten Kebumen, khususnya Unit 95 (Achmad Fahrurrozi, Aulia Rahma, Deny Najiburrohman, Indah Sari Asgaff, Muhammad Fiqri Andrian, Novia Fitriani, dan Paramasunu Dewangkara) yang telah mengisi hari selama rehat dari penelitian,
13. Pihak-pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal sampai tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan dapat ditindaklanjuti dengan pengimplementasian.

Yogyakarta, 11 November 2020



Irfan Noor Pambudi

## ABSTRAK

IRFAN NOOR PAMBUDI. Perubahan Parameter Fisika pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun oleh Bakteri Endofit. Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng. dan Dr.Eng. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng.

Laju perekonomian Indonesia kini semakin meningkat ditandai dengan perkembangan industri di berbagai daerah misalnya Pulau Jawa yang banyak akan industri tenun. Dalam proses produksi, industri tenun menghasilkan residu salah satunya berupa air limbah. Air limbah tenun dapat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengolahan khusus untuk mencegah terjadinya pencemaran tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada proses biodegradasi air limbah tenun dengan bakteri endofit serta menentukan bakteri endofit yang efektif dalam proses tersebut. 500 mL air limbah dimasukkan ke dalam reaktor berkapasitas  $\pm 800$  mL dan ditambahkan 20 mL bakteri, kemudian dihomogenkan. Terdapat tiga bakteri yang digunakan yaitu bakteri dengan kode NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>, NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>, dan NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Selanjutnya, dilakukan pengujian parameter fisika (suhu, pH, DHL, TDS) pada hari ke-0 hingga hari ke-7. Hal tersebut dilakukan dengan sistem *batch* selama 3 pekan. Hasil menunjukkan bahwa penambahan bakteri endofit pada air limbah tenun tidak memberikan banyak perubahan pada kondisi parameter suhu, DHL, dan TDS. Sedangkan, pada parameter pH mengalami penurunan secara tidak signifikan. Aktivitas bakteri yang paling berpengaruh terhadap penurunan parameter fisika pada air limbah tenun adalah bakteri dengan kode NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> pada konsentrasi air limbah 75% yang ditunjukkan dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,702 atau 70,2%.

Kata kunci: Biodegradasi, Parameter Fisika, Air Limbah Tenun, Bakteri Endofit.

## **ABSTRACT**

IRFAN NOOR PAMBUDI. *Change of Physical Parameters in Biodegradation Process by Endophytic Bacteria in Weaving Wastewater. Supervised by Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng. and Dr.Eng. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng.*

*The economic rate of Indonesia is now increasing which marked by the development of industry in any regions, for example, the island of Java, which has a lot of weaving industry. In the production process, weaving industry produces residues, one of which is wastewater. Weaving wastewater is potentially causing environmental pollution. Therefore, a special treatment is needed to prevent the occurrence of such pollution. This study aims are to determine changes in physical parameters (temperature, pH, EC, and TDS) in the weaving wastewater biodegradation process with endophytic bacteria and determine the effective endophytic bacteria along the biodegradation process. 500 mL of wastewater is put into a reactor with a capacity of  $\pm$  800 mL and 20 mL of bacteria are added, then homogenized. There are three bacterias that used in this study, the bacterias have code NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>, NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>, and NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Next, the physical parameters (temperature, pH, EC, and TDS) were tested on the 0th day until the 7th day. This was done with a batch system for 3 weeks. The results showed that the addition of endophytic bacteria to the weaving wastewater did not give much change in the conditions of the temperature parameters, EC, and TDS. Meanwhile, the pH parameters decreased insignificantly. The most influential bacterial activity on decreasing physical parameters in weaving wastewater is bacteria with NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> code at 75% wastewater concentration as indicated by R<sup>2</sup> value of 0.702 or 70.2%.*

*Keyword: Biodegradation, Physical Parameters, Weaving Wastewater, Endophytic Bacteria.*



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>PRAKATA</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	2
<b>1.5 Ruang Lingkup</b> .....	3
<b>BAB II</b> .....	4
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Limbah Industri Tenun</b> .....	4
<b>2.2 Karakteristik Limbah Industri Tenun</b> .....	4
<b>2.3 Biodegradasi</b> .....	5
<b>2.4 Suhu</b> .....	7
<b>2.5 Derajat Keasaman (pH)</b> .....	7
<b>2.6 Daya Hantar Listrik (DHL)</b> .....	8
<b>2.7 Total Dissolved Solids (TDS)</b> .....	8
<b>2.8 Bakteri <i>Endophyte</i></b> .....	9
<b>2.9 Penelitian Terdahulu</b> .....	10
<b>BAB III</b> .....	12
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	12
<b>3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian</b> .....	12

3.2 Metode Penelitian .....	12
3.3 <i>Sampling</i> Air Limbah .....	14
3.4 Isolasi Bakteri Endofit.....	14
3.4.1 Identifikasi Bakteri.....	15
3.4.2 Kultivasi Bakteri .....	15
3.5 Pembuatan Reaktor Limbah Skala Laboratorium .....	16
3.6 Pengoperasian Reaktor .....	17
3.7 Uji Parameter.....	17
3.8 Analisis Parameter .....	18
3.8.1 Perubahan Parameter Fisik pada Air Limbah Tenun.....	18
3.8.2 Hubungan Parameter TDS dan DHL serta pH dan DHL ....	18
<b>BAB IV</b> .....	20
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	20
4.1 Morfologi Bakteri .....	20
4.2 Perubahan Parameter Fisika pada Air Limbah Tenun.....	22
4.2.1 Air Limbah dengan Konsentrasi 25%.....	22
4.2.2 Air Limbah dengan Konsentrasi 50%.....	26
4.2.3 Air Limbah dengan Konsentrasi 75%.....	29
4.2.4 Air Limbah dengan Konsentrasi 100%.....	32
4.3 Hubungan antara TDS dan DHL.....	36
4.3.1 Kontrol.....	36
4.3.2 <i>Batch 1</i> (Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ).....	38
4.3.3 <i>Batch 2</i> (Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1)).....	40
4.3.4 <i>Batch 3</i> (Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2)).....	43
4.4 Hubungan antara pH dan DHL .....	45
4.4.1 Kontrol.....	45
4.4.2 <i>Batch 1</i> (Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> ).....	47
4.4.3 <i>Batch 2</i> (Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1)).....	50
4.4.4 <i>Batch 3</i> (Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2)).....	52
4.5 Pengaruh Variasi Beban Limbah terhadap Kinerja Bakteri.....	55
4.6 Bakteri Dominan terhadap Perubahan Parameter Fisika .....	56

<b>BAB V</b> .....	58
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	58
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	58
<b>5.2 Saran</b> .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	59
<b>LAMPIRAN</b> .....	68
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	84



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter.....	9
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	10
Tabel 3.1 Hasil Isolasi Bakteri Endofit.....	15
Tabel 3.2 Jadwal Pengujian Parameter.....	18
Tabel 3.3 Pedoman Interpretasi terhadap Koefisien Korelasi.....	19
Tabel 4.1 Morfologi Bakteri Terpilih dalam Pengolahan Air Limbah Tenun Troso	20
Tabel 4.2 Jenis Bakteri Terpilih dalam Pengolahan Air Limbah Tenun Troso.....	21
Tabel 4.3 Nilai R <sup>2</sup> pada Pengolahan Air Limbah dengan Bakteri Endofit.....	55



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2 Proses Pengambilan Sampel Air Limbah .....	14
Gambar 3.3 Tahapan Kultivasi Bakteri.....	16
Gambar 3.4 Reaktor Skala Laboratorium.....	17
Gambar 4.1 Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 Hari.....	22
Gambar 4.2 Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 Hari.....	22
Gambar 4.3 Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 Hari.....	23
Gambar 4.4 Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 Hari.....	23
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 Hari .....	26
Gambar 4.6 Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 Hari .....	26
Gambar 4.7 Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 Hari .....	27
Gambar 4.8 Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 Hari .....	27
Gambar 4.9 Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 Hari .....	29
Gambar 4.10 Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 Hari .....	29
Gambar 4.11 Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 Hari.....	30
Gambar 4.12 Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 Hari .....	30
Gambar 4.13 Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 Hari.....	32

Gambar 4.14 Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 Hari.....	33
Gambar 4.15 Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 Hari .....	33
Gambar 4.16 Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 Hari .....	34
Gambar 4.17 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% Tanpa Bakteri.....	36
Gambar 4.18 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% Tanpa Bakteri.....	36
Gambar 4.19 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% Tanpa Bakteri.....	37
Gambar 4.20 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% Tanpa Bakteri.....	37
Gambar 4.21 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	38
Gambar 4.22 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	38
Gambar 4.23 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	39
Gambar 4.24 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	39
Gambar 4.25 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2(1)</sub> .....	40
Gambar 4.26 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2(1)</sub> .....	41
Gambar 4.27 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2(1)</sub> .....	41
Gambar 4.28 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2(1)</sub> .....	42
Gambar 4.29 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2(2)</sub> .....	43

Gambar 4.30 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2).....	43
Gambar 4.31 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2).....	44
Gambar 4.32 Grafik Hubungan TDS dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2).....	44
Gambar 4.33 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% Tanpa Bakteri.....	45
Gambar 4.34 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% Tanpa Bakteri.....	46
Gambar 4.35 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% Tanpa Bakteri.....	46
Gambar 4.36 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% Tanpa Bakteri.....	47
Gambar 4.37 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	47
Gambar 4.38 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	48
Gambar 4.39 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	48
Gambar 4.40 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub> .....	49
Gambar 4.41 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1).....	50
Gambar 4.42 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1).....	50
Gambar 4.43 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1).....	51
Gambar 4.44 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1).....	51
Gambar 4.45 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2).....	52

Gambar 4.46 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah  
Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2).....53

Gambar 4.47 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah  
Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2).....53

Gambar 4.48 Grafik Hubungan pH dan DHL pada Pengolahan Air Limbah  
Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2).....54





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengukuran Suhu Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 1.....	68
Lampiran 2. Data Pengukuran Suhu Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 2.....	69
Lampiran 3. Data Pengukuran Suhu Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 3.....	70
Lampiran 4. Data Pengukuran pH Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 1.....	71
Lampiran 5. Data Pengukuran pH Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 2.....	72
Lampiran 6. Data Pengukuran pH Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 3.....	73
Lampiran 7. Data Pengukuran DHL Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 1.....	75
Lampiran 8. Data Pengukuran DHL Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 2.....	76
Lampiran 9. Data Pengukuran DHL Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 3.....	77
Lampiran 10. Data Pengukuran TDS Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 1.....	78
Lampiran 11. Data Pengukuran TDS Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 2.....	79
Lampiran 12. Data Pengukuran TDS Air Limbah Tenun <i>Batch</i> 3.....	80
Lampiran 13. Dokumentasi.....	82

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Laju perekonomian Indonesia kini semakin meningkat ditandai dengan berkembangnya industri di berbagai daerah. Keanekaragaman budaya di Indonesia menghasilkan ragam industri yang berbeda dari tiap daerah misalnya Pulau Jawa yang kaya akan industri tenun. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Jepara terdapat 756 industri tenun di Kabupaten Jepara pada tahun 2018 (BPS Kabupaten Jepara, 2018).

Berkembangnya industri tenun berbanding lurus dengan peningkatan jumlah air limbah yang dihasilkan dari aktivitas produksi tenun. Air limbah yang dibuang ke lingkungan tanpa ada proses pengolahan terlebih dahulu akan mengakibatkan rusaknya ekosistem lingkungan. Kandungan limbah utama dalam industri tenun diantaranya dapat dilihat dari beberapa parameter seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Amoniak total ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), dan pH sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Kasus pencemaran lingkungan akibat air limbah tenun di Troso yang diberitakan dalam Radar Kudus edisi 16 November 2019, menyebutkan bahwa air sungai di Desa Troso mengalami perubahan warna yang disebabkan oleh limbah tenun. Warna air sungai yang mengalir mengalami perubahan warna menyesuaikan dengan limbah yang dibuang pada sungai tersebut. Hal seperti ini telah terjadi sejak beberapa tahun yang lalu dengan kondisi paling parah terjadi pada musim kemarau. Selain menyebabkan pencemaran pada sungai, limbah tenun tersebut juga berdampak pada beberapa sumur dan saluran air. Beberapa warga mengeluh air sumur mereka menjadi berbau hingga tidak dapat digunakan (Noviyanti, 2019). Pelaksana tugas Bupati Kabupaten Jepara Dian Kristiandi menyebutkan bahwa pencemaran oleh limbah tenun ini disebabkan karena para pelaku industri tenun di Troso kurang memiliki pemahaman terkait permasalahan limbah industri tenun. Di sisi lain, sistem pembuangan limbah tenun juga belum tertata dengan baik sehingga limbah dibuang begitu saja ke sungai. Hal tersebut mengakibatkan pencemaran yang terjadi di sungai Desa Troso telah melebihi baku mutu yang ditetapkan (Setiawan, 2019).

Berdasarkan kasus tersebut dapat disimpulkan bahwa air limbah tenun di Troso masih belum dikelola dengan baik sehingga diperlukan cara pengolahan khusus air limbah tenun tersebut dengan proses biodegradasi yaitu dengan menggunakan bantuan bakteri endofit. Pengolahan limbah cair secara biologi

didefinisikan sebagai suatu sistem pengolahan yang digunakan untuk menurunkan kandungan organik yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktivitas bakteri untuk menguraikan substrat menjadi bentuk yang lebih sederhana. Bakteri memanfaatkan makanan terlarut sebagai sumber nutrisi dan untuk bereproduksi (Muljadi, 2005).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Retnosari dan Shovitri (2013) tentang “Kemampuan Isolat *Bacillus sp.* dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik” diperoleh hasil penurunan nilai derajat keasaman (pH) dari 8 menjadi 6,7 dan penurunan nilai TDS dari 81667 mg/L menjadi 24067 mg/L. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetya (2019) dan Oktaviansyah (2018) masing-masing tidak banyak mengalami perubahan (konstan) pada polutan DHL dan suhu.

Berdasarkan kondisi diatas, penambahan bakteri pada pengolahan air limbah dapat mempengaruhi penurunan atau perubahan beberapa parameter tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai analisa lebih lanjut terkait perubahan parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada air limbah industri tenun Troso dengan bakteri endofit.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang dapat disusun yaitu bagaimana analisis perubahan parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada proses biodegradasi air limbah industri tenun Troso dengan bakteri endofit.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada proses biodegradasi air limbah industri tenun Troso dengan bakteri endofit.
2. Mengetahui hubungan antara parameter TDS dengan DHL serta hubungan antara parameter pH dengan DHL pada proses biodegradasi air limbah industri tenun Troso dengan bakteri endofit.
3. Mengetahui bakteri endofit yang efektif dalam proses biodegradasi air limbah tenun Troso.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai literatur pengolahan air limbah tenun dengan menggunakan bakteri endofit.
2. Sebagai rekomendasi penerapan alternatif pengolahan air limbah industri tenun Troso dalam mencegah pencemaran lingkungan.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel air limbah berasal dari lokasi industri tenun Troso di Kabupaten Jepara.
2. Isolat bakteri endofit berasal dari akar tanaman *Oryza sativa*, *Colocasia esculenta*, *Digitaria sanguinalis*, dan *Alternanthera philoxeroides* yang terkontaminasi air limbah industri tenun Troso.
3. Penelitian menggunakan reaktor dalam skala laboratorium.
4. Pengujian analisis perubahan parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada proses biodegradasi air limbah industri tenun Troso dengan bakteri endofit.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Industri Tenun**

Limbah industri tenun adalah limbah cair yang dihasilkan melalui proses pewarnaan dan pencucian kain tenun yang tergolong senyawa kimia sintetis dan memiliki potensi yang besar dalam pencemaran lingkungan. Zat warna tekstil merupakan zat warna yang mampu untuk diserap oleh serat tekstil serta dapat dihilangkan warna (kromofor) dan gugus yang dapat mengadakan ikatan dengan serat tekstil (auksokrom) (Zille, 2005).

Zat warna tekstil berasal dari kombinasi senyawa organik tidak jenuh, kromofor, dan auksokrom yang memiliki peran sebagai pengaktif kerja kromofor dan pengikat antara warna dengan serat (Fatimah, 2006).

#### **2.2 Karakteristik Limbah Industri Tenun**

Menurut Sa'adah (2020), secara garis besar pembuatan kain tenun melalui 4 tahapan proses. Tahapan tersebut dari awal hingga akhir secara urut yaitu proses penyusunan benang, pembuatan motif, pewarnaan, dan penenunan benang menjadi kain. Proses produksi tenun mulai dari awal hingga akhir diindikasikan menggunakan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat. Hal ini mengakibatkan unsur logam berat terdapat pada residu yang dihasilkan dari proses produksi (Sasongko, 2006).

Air limbah tenun pada umumnya memiliki pH yang cukup tinggi atau bersifat basa serta memiliki kandungan bahan organik tinggi yang dihasilkan dari sisa proses penenunan. Proses pewarnaan merupakan penghasil zat warna yang kuat apabila tidak dilakukan pengolahan yang tepat. Zat warna yang terkandung dalam air limbah tenun umumnya sulit untuk terurai dengan baik. Zat warna pada pewarna tenun dimodifikasi agar memiliki tingkatan kimia yang tinggi sehingga mampu menahan kerusakan zat warna akibat sifat oksidatif yang ditimbulkan dari pengaruh cahaya matahari (Manurung, 2004). Karakteristik air limbah ini dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:

##### **a) Karakteristik fisik**

Karakteristik fisik air limbah terdiri dari temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang ditunjukkan dalam suatu skala. Berdasarkan penelitian Sa'adah (2020) suhu pada air limbah pada kondisi normal berkisar antara 23,8°C hingga 32,9°C. Adanya bau pada air limbah, menunjukkan adanya komponen lain di dalam air limbah. Warna air

umumnya disebabkan oleh adanya materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloid yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi *floating*, *settleable*, *suspended*, *dissolved*, dan kontaminan yang akan membuat air menjadi keruh. Gejala tersebut dapat digunakan sebagai salah satu tanda terjadinya tingkat pencemaran air yang cukup tinggi.

b) Karakteristik kimia

Karakteristik kimia terdiri dari *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, dan *Dissolved Oxygen* (DO). COD merupakan jumlah oksigen dalam mg/L yang dibutuhkan untuk menyisihkan bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk kualitas air tersebut. DO merupakan jumlah kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Sedangkan, pH merupakan cara untuk menunjukkan derajat keasaman dalam perairan. Batas maksimum untuk kandungan COD pada air limbah tenun berdasarkan Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah adalah sebesar 150 mg/L. Sedangkan pH yang diperbolehkan pada air limbah tenun berada pada kisaran 6 – 9. Oksigen terlarut merupakan hal yang paling penting untuk kehidupan ikan dan organisme perairan lain. DO optimum untuk ikan adalah 5-6 mg/L, sedangkan kadar DO minimum adalah 3 mg/L.

c) Karakteristik biologis

Karakteristik biologis pada air limbah adalah terdapatnya mikroorganisme pada air limbah. Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua jenis air limbah, biasanya dengan konsentrasi 105-108 organisme/mL. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Pada penelitian Badu (2018) penambahan bakteri pada pengolahan air limbah menggunakan sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW) dengan kombinasi tanaman *Vetiveria zizanioides* mampu menurunkan kadar COD sebesar 40-45%, BOD sebesar 30-91%, *oil grease* sebesar 50-87%, dan *oil content* sebesar 22-64%.

## 2.3 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan proses perombakan senyawa baik senyawa toksik maupun non-toksik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan agen biologi (Husain, 1997). Proses ini terjadi karena mikroorganisme memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber nutrisi yang menjadi faktor pendukung dalam pertumbuhan mikroorganisme. Dalam proses biodegradasi terjadi konversi bahan-bahan kimia kompleks menjadi produk-produk yang termineralisasi seperti air dan karbondioksida (Sumarsono, 2011). Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik

degradasi yang berbeda, sehingga bervariasi antara satu mikroorganisme dengan mikroorganisme yang lain.

Faktor-faktor yang mempengaruhi biodegradasi antara lain :

#### 1. Substrat

Ukuran dan komponen senyawa yang menyusun substrat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses degradasi. Degradasi akan berlangsung lebih cepat bila ukuran substrat lebih kecil dan senyawa penyusunnya lebih sederhana. Sebaliknya, jika ukuran substrat lebih besar dan senyawa penyusunnya lebih kompleks, maka proses degradasi yang terjadi akan lebih lama.

#### 2. Sumber Nitrogen

Nitrogen diperlukan karena dapat mempengaruhi aktivitas bakteri untuk menghasilkan enzim ekstraseluler. Bahan yang banyak digunakan sebagai sumber nitrogen adalah ammonium nitrat, ammonium sulfat, dan urea. Jika jumlah enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri banyak, maka proses degradasi akan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, jika jumlah enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri sedikit, maka proses degradasi akan berlangsung lebih lama.

#### 3. pH

pH merupakan faktor yang sangat penting dalam proses biodegradasi karena beberapa enzim hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Pada umumnya, bakteri dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada pH antara 4 hingga 9 (Pelczar dan Chan, 1986). Jika pH sesuai dengan aktivitas enzim, maka kerja enzim ekstraseluler untuk mendegradasi substrat akan optimal.

#### 4. Suhu

Selain pH, suhu juga mempengaruhi kinerja enzim dalam mendegradasi substrat. Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik pada molekul substrat dan enzim meningkat sehingga proses degradasi juga meningkat. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi atau kerusakan pada enzim, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat kerja enzim. Bila kinerja terhambat atau struktur enzim rusak maka proses degradasi tidak dapat berlangsung dengan baik.

#### 5. Kelembaban

Kelembaban menjadi faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, biosintesis, dan sekresi enzim. Kelembaban yang rendah dapat menyebabkan kelarutan nutrisi di dalam substrat menjadi berkurang, derajat pertumbuhan rendah, dan tegangan air meningkat. Sedangkan, tingkat kelembaban yang lebih tinggi dapat menyebabkan berkurangnya enzim yang dihasilkan karena dapat mereduksi porositas (jarak interpartikel) pada matriks padatan, sehingga

menjadi penghalang terhadap proses transfer oksigen. Jika jumlah enzim berkurang, maka proses degradasi akan berlangsung lebih lama (Dias *et al.*, 2007).

## 2.4 Suhu

Suhu merupakan variabel fisik yang perlu diketahui secara tepat untuk penggunaan tertentu. Suhu adalah derajat panas dan dingin suatu benda. Derajat panas dan dingin ini dipengaruhi oleh entalpi (energi) yang dimiliki suatu zat. Menurut Effendi (2003) suhu di suatu badan air dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman air. Perubahan suhu memiliki pengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi pada suatu badan air. Apabila suhu mengalami peningkatan, maka kecepatan metabolisme dan respirasi organisme dalam air akan meningkat pula, sehingga menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen.

Berdasarkan karakteristik alirannya, suatu perairan memiliki pola sebaran suhu yang berbeda. Pada perairan mengalir (sungai), suhu lebih homogen karena proses pergerakan air terjadi secara kontinu. Sedangkan pada perairan tergenang (waduk) biasanya terjadi stratifikasi suhu akibat tidak adanya pergerakan air dan memiliki arus yang relatif kecil (Vitner, 1999).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prasetya (2019), suhu pada air limbah cenderung fluktuatif. Hal ini didukung oleh Sa'adah (2020) yang menyatakan suhu air limbah berfluktuasi yang disebabkan oleh perbedaan cuaca harian selama penelitian berlangsung.

## 2.5 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman menggambarkan konsentrasi ion hidrogen. Proses biokimiawi dalam perairan dipengaruhi oleh pH, dimana biota akuatik sensitif dalam pH tertentu. Selain itu, proses degradasi bahan organik lebih cepat terjadi pada pH dalam kondisi netral dan alkalis (Effendi, 2003).

pH merupakan parameter penting yang perlu diketahui dalam kualitas air. pH adalah ukuran keseimbangan tingkat keasaman sebuah larutan. Skala pH terdiri dari 0 sampai 14, dimana semakin kecil menandakan semakin asam sedangkan semakin besar menandakan kondisi basa, akan tetapi pH 7 menandakan kondisi netral (Chapman, 1996).

Pada penelitian Retnosari dan Shovitri (2013), isolat bakteri yang digunakan pada air limbah mampu menurunkan pH dari 8 menjadi 6,7. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian Sa'adah (2020). Nilai pH pada air limbah tenun yang diteliti menunjukkan tren penurunan selama proses pengolahan.



## 2.6 Daya Hantar Listrik (DHL)

Konduktivitas (daya hantar listrik/DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL (APHA, 1976; Mackereth *et al.*, 1989). Konduktivitas dinyatakan dengan satuan  $\mu\text{mhos/cm}$  atau  $\mu\text{Siemens/cm}$ . Nilai DHL berkaitan erat dengan nilai padatan terlarut total (TDS) (Tebbutt, 1992). Air suling memiliki nilai DHL sebesar 1  $\mu\text{mhos/cm}$ , sedangkan perairan alami sekitar 20-1500  $\mu\text{mhos/cm}$  (Boyd, 1998). Daya hantar listrik dapat dijadikan sebagai indikator jumlah bahan organik dan mineral yang tergolong sebagai limbah dalam perairan (Mukarromah, 2016).

Alat untuk mengukur nilai konduktivitas dalam suatu larutan disebut dengan *conductivity* meter. Saat ini dimana teknologi sudah serba canggih, *conductivity* meter biasanya sudah menjadi satu dengan alat ukur parameter lain seperti pH, TDS, dll. Pengukuran nilai konduktivitas sangat dipengaruhi oleh nilai temperatur. Bahkan suatu larutan standar konduktivitas pun akan memberikan perbedaan yang besar apabila terjadi perbedaan temperatur (Tooley, 2002).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sa'adah (2020), nilai DHL pada air limbah tenun di bak FTW (*Floating Treatment Wetland*) banyak mengalami peningkatan, tetapi juga mengalami penurunan pada waktu tertentu. Kondisi yang fluktuatif seperti ini disebabkan oleh penambahan air limbah pada beberapa waktu tertentu.

## 2.7 Total Dissolved Solids (TDS)

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai *Total Dissolved solids* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, senyawa, dan koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi di dalam air, sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya ganggang di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang (Situmorang, 2007).

Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan ion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd, 1988). Padatan yang terdapat di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel, seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

**Tabel 2.1** Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

No.	Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Ukuran Diameter (mm)
1	Padatan Terlarut	$< 10^{-3}$	$< 10^{-6}$
2	Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
3	Padatan Tersuspensi	$> 1$	$> 10^{-3}$

Sumber : Effendi, 2003

Padatan Terlarut Total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter  $< 10^{-6}$  mm) dan koloid (diameter  $10^{-6} - 10^{-3}$  mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter  $0,45\mu\text{m}$  (Rao, 1992).

Konsentrasi TDS air limbah pada penelitian yang dilakukan oleh Sa'adah (2020) cenderung berfluktuasi. Penambahan air limbah menjadi faktor meningkatnya konsentrasi TDS pada air limbah. Di waktu tertentu konsentrasi TDS mengalami penurunan beberapa hari setelah pengolahan. Sedangkan, pada penelitian lain yang dilakukan oleh Retnosari dan Shovitri (2013), isolat bakteri yang digunakan mampu menurunkan konsentrasi TDS dari 81667 mg/L menjadi 24067 mg/L.

## 2.8 Bakteri *Endophyte*

Bakteri *endophyte* adalah organisme hidup yang berukuran mikroskopis (bakteri dan jamur) yang hidup di dalam jaringan tanaman (*xylem* dan *phloem*), daun, akar, buah, dan batang. Bakteri ini hidup bersimbiosis saling menguntungkan. Bakteri *endophyte* mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman dan memproteksi tanaman melawan herbivora, serangga, atau jaringan yang patogen (Tanaka *et al.*, 1999). Pada penelitian ini, bakteri endofit yang digunakan dapat disebut juga sebagai bakteri endofit *indigenous*. Menurut Septia dan Parlindo (2019), bakteri endofit *indigenous* merupakan bakteri endofit yang berasal dari dalam jaringan tanaman itu sendiri yang pada umumnya terdiri dari golongan cendawan dan bakteri.

Mekanisme invasi bakteri *endophyte* ke dalam jaringan tumbuhan dapat dilakukan dengan beberapa cara. Bakteri dapat masuk melalui stomata, lentisel, luka alami, *trachoma* yang rusak, titik tumbuh akar lateral, radikula yang sedang tumbuh, dan jaringan akar meristematik yang tidak terdiferensiasi. Serangan pada dinding sel rambut akar oleh enzimatik juga dapat menjadi jalan masuknya bakteri ke dalam tanaman (Hallmann *et al.*, 1997).

Bakteri di dalam jaringan tanaman kemudian berkoloni di titik tempat dia masuk atau menyebar ke seluruh bagian tumbuhan melalui *xylem* (Zulkifli dkk,

2016). Mikroorganisme ini dapat hidup di dalam pembuluh vaskular atau di ruang intersel atau stomata (Zinniel *et al.*, 2002).

Bakteri *endophyte* memiliki sifat yang sangat unik dimana fisiologi tumbuhan yang berasal dari spesies yang sama namun tumbuh pada lingkungan yang berbeda, maka bakteri *endophyte* yang dihasilkan akan berbeda pula sesuai kondisi lingkungannya (Hung dan Annapurna, 2004).

Pada penelitian ini, bakteri endofit diperoleh dari bagian dalam akar tanaman. Tanaman tersebut berasal dari daerah sekitar industri tenun Troso yang terkontaminasi oleh air limbah tenun. Jenis tanaman tersebut antara lain adalah padi (*Oryza sativa*), talas (*Colocasia esculenta*), rumput jariji (*Digitaria sanguinalis*), dan kremah air (*Alternanthera philoxeroides*) (Sa'adah, 2020).

Identifikasi isolat bakteri endofit dapat dilakukan dengan karakterisasi morfologi sel dan koloni, karakterisasi aktivitas biokimia, dan identifikasi molekuler isolat (Bayoumi *et al.*, 2014; Shah *et al.*, 2013). Isolat bakteri yang dapat ditemukan pada bagian akar tanaman cukup beragam. Secara umum, peneliti menemukan isolat *Burkholderia* dan *Rhizobium* dari tanaman padi (*Oryza sativa*) (Mano and Mirosaki, 2008). Pada penelitian Jolly *et al.* (2010) pada rizosfer tanaman talas (*Colocasia esculenta*) terdapat cukup banyak *Azospirillum*. *Azotobacter paspali* (Dobereiner and Day, 1974) dan *Spirillum lipoferum* (Dobereiner *et al.*, 1972) merupakan jenis isolat yang memiliki kemampuan baik dalam fiksasi N<sub>2</sub>. Kedua isolat bakteri tersebut dapat ditemukan pada rumput jariji (*Digitaria sanguinalis*). Sedangkan, pada penelitian Liu *et al.* (2016) terhadap tanaman kremah (*Alternanthera philoxeroides*) ditemukan bakteri yang tergolong dalam genus *Pseudomonas*.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit dalam mendegradasi air limbah. Hasil dari beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.2** Penelitian Terdahulu

No.	Judul Jurnal / Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
1	Kemampuan Isolat <i>Bacillus sp.</i> dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik	A.A. Retnosari, M. Shovitri	2013	Isolat <i>Bacillus sp.</i> mampu mendegradasi bahan organik yang terdapat pada limbah tangki septik seperti pH,

No.	Judul Jurnal / Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
				TSS, dan TDS.
2.	Unjuk Kerja Reaktor <i>Continuous Wetland</i> Menggunakan Tanaman <i>Vetiveria Zizanoides</i> dan Bakteri terhadap Konsentrasi TPC dari Limbah Minyak Industri X Yogyakarta	Yoga Kharisma Prasetya	2019	Penggunaan bakteri pada Reaktor <i>Continuous Wetland</i> tidak memberikan banyak perubahan terhadap suhu, pH, DHL, dan TDS.
3.	Studi Pemodelan <i>Constructed Wetland</i> Menggunakan Vegetasi <i>Sagittaria Montevidensis</i> dengan Kombinasi Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Polutan pada Air Limbah Deterjen	A.R. Oktaviansyah	2018	Pemodelan <i>Constructed Wetland</i> tidak memberikan penurunan signifikan terhadap kadar suhu dan pH pada air limbah deterjen.
4.	Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem <i>Flotating Treatment Wetland</i> Menggunakan Kombinasi Tanaman <i>Vetiver</i> dan Bakteri Endofit	N. N. Sa'adah	2020	Penggunaan bakteri endofit pada sistem <i>Flotating Treatment Wetland</i> (FTW) dapat menurunkan kadar polutan suhu, pH, DHL, dan TDS.

## **BAB III**

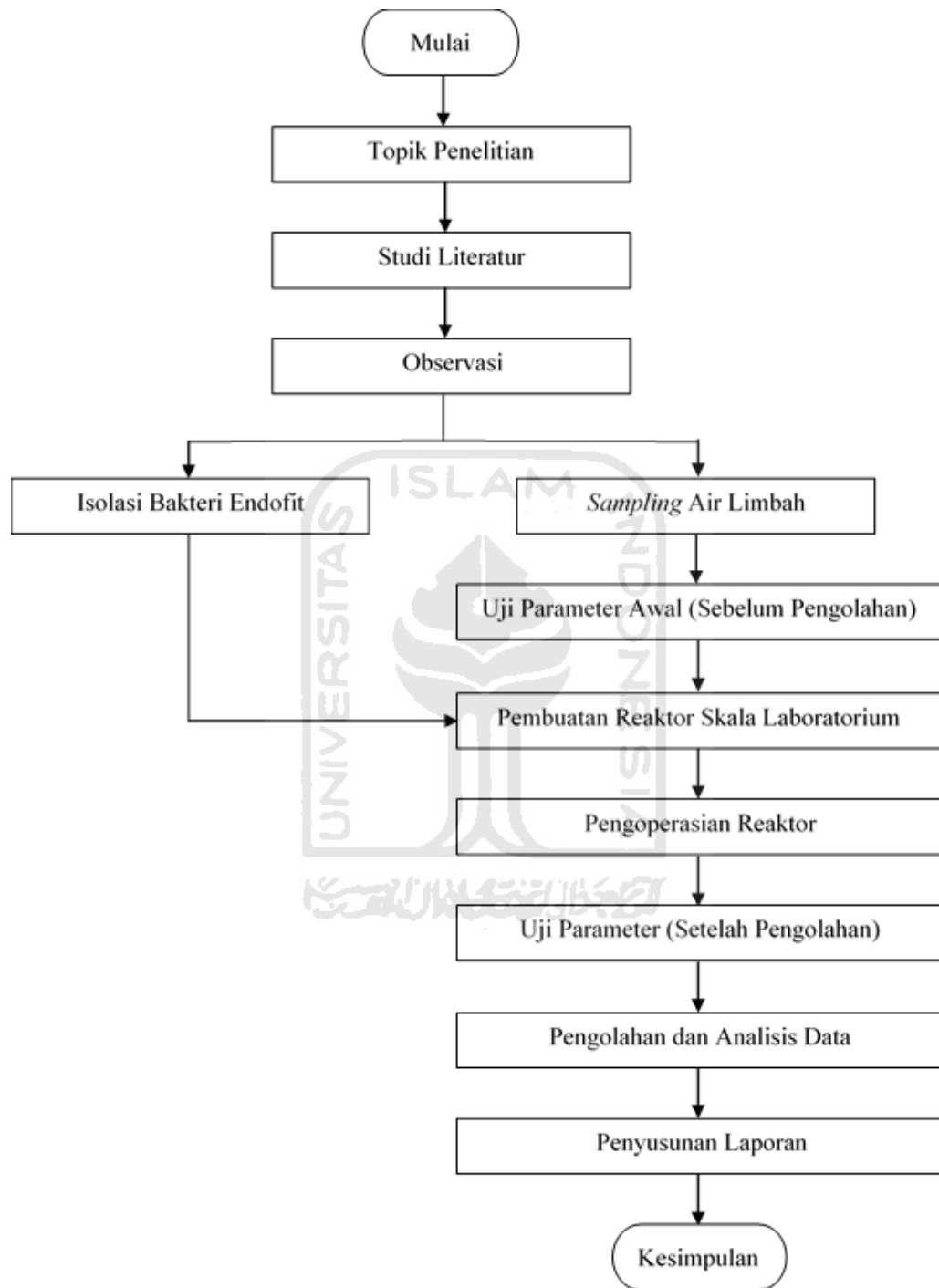
### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Laboratorium tersebut berada di Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Laboratorium ini telah mendapatkan akreditasi dari Komite Akreditasi Nasional (KAN) sesuai ISO/IEC 17025:2005. Laboratorium ini berfungsi untuk laboratorium pendidikan dan riset di Program Studi Teknik Lingkungan dimana sistem penjaminan mutu pendidikan yang ada juga telah mendapatkan sertifikat ISO 9001:2008 oleh TUV Rheinland. Penelitian dimulai pada November 2019 hingga Februari 2020.

#### **3.2 Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada proses biodegradasi air limbah industri tenun Troso. Adapun metode penelitian secara garis besar disajikan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Sampling Air Limbah

Air limbah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari tempat pewarnaan salah satu industri tenun yang ada di Desa Troso, Kecamatan Pecangaan, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Air limbah tersebut merupakan sisa dari hasil proses pewarnaan dan pencucian kain tenun. Limbah tersebut biasanya ditampung menggunakan ember besar. Air limbah diambil menggunakan metode *grab sampling* yang mengacu pada SNI 6989.59:2008 seperti pada gambar 3.2 dan disimpan dalam jeriken berkapasitas 20 L.



**Gambar 3.2** Proses Pengambilan Sampel Air Limbah

(Sumber: Dokumentasi)

Air limbah tenun tersebut memiliki konsentrasi awal suhu sebesar  $27,6^{\circ}\text{C}$ , pH 10, DHL  $10,1 \text{ mS/cm}$ , dan TDS  $6473 \text{ mg/L}$ . Nilai konsentrasi awal tersebut diperlukan untuk mengetahui kondisi air limbah tenun sebelum dilakukan pengolahan sehingga perbandingan kondisi air limbah dapat terlihat setelah dilakukan pengolahan.

### 3.4 Isolasi Bakteri Endofit

Isolat bakteri endofit yang akan digunakan adalah isolat bakteri yang telah dilakukan isolasi oleh Sa'adah (2020) pada penelitian sebelumnya. Adapun isolat bakteri tersebut tercantum pada tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1** Hasil Isolasi Bakteri Endofit

<b>Media Isolasi</b>	<b>Sumber Akar Tanaman</b>	<b>Kode Cawan</b>	<b>Keterangan</b>
NA	<i>Oryza sativa</i>	NA R1	Tumbuh bakteri
	<i>Colocasia esculenta</i>	NA R2	Tumbuh bakteri
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	NA R3	Tidak tumbuh bakteri
	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	NA R4	Tumbuh bakteri

Sumber : Sa'adah (2020)

### 3.4.1 Identifikasi Bakteri

Bakteri yang telah berhasil diinkubasi pada proses isolasi bakteri perlu diidentifikasi untuk mengetahui morfologi tiap bakteri. Metode identifikasi bakteri yang digunakan mengacu pada panduan morfologi bakteri oleh Jackie Reynold (2010). Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika mengidentifikasi morfologi bakteri yaitu *shape*, *chromatogenesis*, *elevation*, *surface*, *opacity*, dan *consistency*.

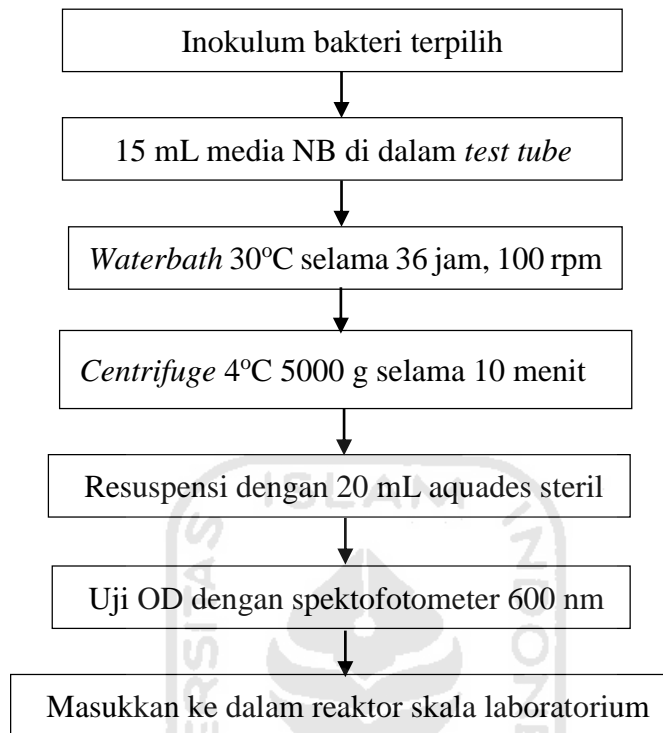
### 3.4.2 Kulturasasi Bakteri

Kulturasasi bakteri dilakukan dengan memindahkan tiap bakteri yang telah diidentifikasi ke dalam media NA (*Nutrient Agar*) baru pada cawan petri steril sesuai morfologi tiap bakteri hingga diperoleh *single* koloni. *Single* koloni akan digunakan untuk memperbanyak jumlah bakteri. Pemindahan bakteri dilakukan menggunakan jarum ose dengan metode *streak plate* atau cawan gores. Proses ini dilakukan di dekat *bunsen* yang menyala untuk menghindari kontaminasi bakteri lain. Setelah proses *streak* selesai, cawan petri yang berisi bakteri baru perlu diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Inkubasi merupakan proses untuk menjaga pertumbuhan bakteri dari kontaminasi agar dapat tumbuh dengan baik.

Bakteri yang telah melewati proses inkubasi perlu diidentifikasi kembali pertumbuhannya. Apabila bakteri tumbuh dengan baik dan menghasilkan *single* koloni, maka bakteri tersebut dapat dikultur ke dalam agar miring. Sedangkan, apabila bakteri tumbuh dengan mengalami kontaminasi, maka harus *distreak* ulang pada cawan petri berisi media NA (*Nutrient Agar*) baru.

Langkah selanjutnya adalah inokulasi bakteri, yaitu memindahkan bakteri terpilih dari agar miring berisi media NA (*Nutrient Agar*) ke *test tube* berisi media NB (*Nutrient Broth*) agar mempermudah pemindahan bakteri ke dalam air limbah. Pemindahan bakteri tersebut dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:





**Gambar 3.3** Tahapan Kultivasi Bakteri

### 3.5 Pembuatan Reaktor Limbah Skala Laboratorium

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berupa stoples kaca yang diberi lapisan *aluminium foil* dengan volume  $\pm$  800 ml. Penggunaan *aluminium foil* sebagai lapisan reaktor bertujuan untuk menghalangi cahaya matahari agar tidak mengganggu fase hidup bakteri. Sebelum digunakan, reaktor kaca perlu disterilisasi dengan cara di oven selama 1 jam pada suhu 105°C. Reaktor yang telah steril kemudian diisi oleh air limbah tenun dengan volume 500 mL yang sebelumnya telah disterilisasi menggunakan *autoclave* selama 30 menit. Sterilisasi merupakan tahapan yang penting untuk menghindari kontaminasi bakteri lain dalam proses degradasi limbah. Kontaminasi bakteri lain akan menyebabkan pertumbuhan bakteri endofit menjadi terganggu dan menghambat kinerja bakteri endofit dalam mendegradasi air limbah.

Konsentrasi air limbah yang digunakan dalam penelitian ini dibuat bervariasi yaitu konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, dan 100%. Variasi konsentrasi air limbah berfungsi untuk mengetahui pengenceran yang tepat bagi bakteri dalam mendegradasi air limbah. Selain itu, disediakan juga reaktor untuk kontrol air limbah sebanyak 4 buah yang masing-masing memiliki konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%.



**Gambar 3.4** Reaktor Skala Laboratorium

(Sumber: Dokumentasi)

### 3.6 Pengoperasian Reaktor

Sebelum reaktor digunakan, jumlah koloni bakteri dalam 20 mL *aquadest* dilakukan uji *Optical Density* (OD) dengan spektrofotometer pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 600 nm. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui jumlah koloni bakteri yang hidup. Jika hasil absorbansi menunjukkan nilai  $\geq 0,5$ , maka bakteri sudah dapat dimasukkan ke dalam reaktor berisi air limbah. Koloni bakteri yang akan digunakan adalah bakteri dengan kode NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>, NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>, dan NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Masing-masing bakteri tersebut memiliki nilai absorbansi *Optical Density* (OD) secara berurutan yaitu sebesar 1,84; 1,91; dan 1,24.

Setelah reaktor siap digunakan, 20 mL bakteri tersebut dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi 500 mL air limbah lalu dihomogenkan. Jumlah reaktor yang digunakan disesuaikan dengan jumlah jenis bakteri yang akan digunakan, karena satu reaktor diperuntukkan untuk satu jenis bakteri. Reaktor diletakkan pada tempat yang aman selama proses pengoperasian untuk menghindari hal-hal yang dapat menghambat kinerja bakteri pada reaktor dalam mengolah air limbah. Pengoperasian reaktor dilakukan selama 7 hari dimulai pada saat bakteri dimasukkan ke dalam reaktor air limbah.

### 3.7 Uji Parameter

Parameter yang diuji meliputi parameter fisika yang terdiri dari suhu, derajat keasaman (pH), daya hantar listrik (DHL), dan *Total Dissolved Solids* (TDS). Pengujian sampel dilakukan secara berkala selama 7 hari. Parameter pH diuji dengan menggunakan alat yang disebut dengan pH meter, sedangkan untuk

parameter suhu, DHL, dan TDS diuji menggunakan *Conductivity* TDS meter. Interval waktu pengujian parameter fisika (suhu, pH, DHL, dan TDS) pada sampel dilakukan sesuai jadwal seperti yang disajikan pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Jadwal Pengujian Parameter

Waktu	0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	4 hari	5 hari	6 hari	7 hari
Pengujian Fisika	√	√	√	√	√	√	√	√

### 3.8 Analisis Parameter

#### 3.8.1 Perubahan Parameter Fisik pada Air Limbah Tenun

Data yang dianalisis diperoleh dari hasil uji parameter air limbah. Selanjutnya, data tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik sehingga tren pengolahan air limbah dengan bakteri dapat diketahui.

#### 3.8.2 Hubungan Parameter TDS dan DHL serta pH dan DHL

Pada saat analisis korelasi, yang dicari adalah koefisien korelasi. Koefisien korelasi merupakan angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Adapun rumus yang digunakan menurut Sugiyono (2012) adalah pada persamaan 3.1 sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

- r = Koefisien korelasi
- n = Banyaknya pasangan data X dan Y
- X = Total jumlah variabel X
- Y = Total jumlah variabel Y

Hasil Perhitungan akan memberikan tiga alternatif, yaitu:

- a. Apabila nilai r mendekati positif (+) satu variabel berarti variabel X mempunyai hubungan yang kuat dengan positif terhadap variabel Y.

- b. Apabila nilai  $r$  mendekati negatif (-) berarti variabel X mempunyai pengaruh yang kuat dan negatif terhadap perkembangan variabel Y.
- c. Apabila nilai  $r$  mendekati nol (0) maka variabel X kurang mempengaruhi terhadap perkembangan variabel Y, hal ini berarti bahwa bertambahnya atau berkurangnya variabel Y tidak mempengaruhi variabel X.

Menurut Sugiyono (2012) untuk dapat memberikan penafsiran besar kecilnya koefisien korelasi, dapat berpedoman pada ketentuan tabel 3.3 berikut ini:

**Tabel 3.3** Pedoman Interpretasi terhadap Koefisien Korelasi

<b>Interval Koefisien</b>	<b>Tingkat Hubungan</b>
0,00 - 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat kuat


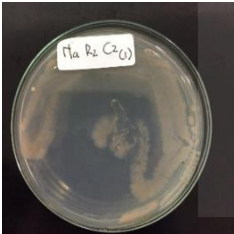

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN


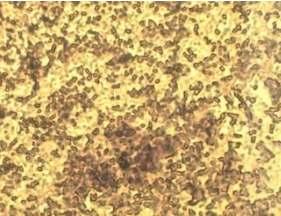
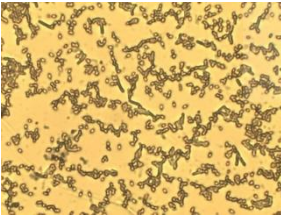
#### 4.1 Morfologi Bakteri

Berikut adalah bakteri endofit yang telah dilakukan kulturisasi dan akan digunakan pada pengolahan air limbah tenun Troso.

**Tabel 4.1** Morfologi Bakteri Terpilih dalam Pengolahan Air Limbah Tenun Troso

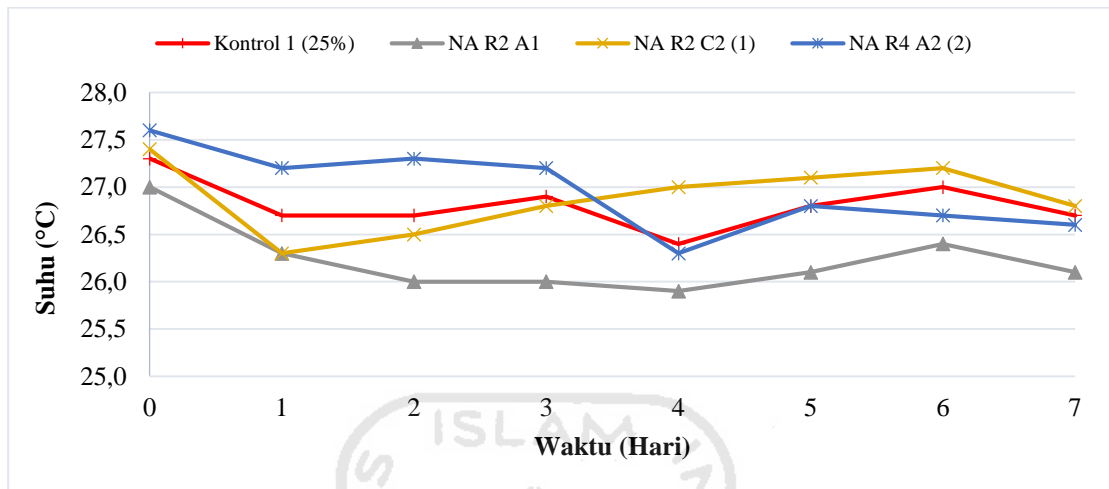
Koloni	Kode Bakteri	Keterangan
	NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berbentuk <i>Round</i></li> <li>• Berwarna <i>Light Yellow</i></li> <li>• Elevasi koloni <i>Raised</i></li> <li>• Permukaan <i>Smooth</i></li> <li>• <i>Opaque</i></li> <li>• Konsistensi <i>Buttery</i></li> </ul>
	NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berbentuk <i>Irregular</i></li> <li>• Berwarna <i>Light Brown</i></li> <li>• Elevasi koloni <i>Raised</i></li> <li>• Permukaan <i>Rough</i></li> <li>• <i>Opaque</i></li> <li>• Konsistensi <i>Viscid</i></li> </ul>
	NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berbentuk <i>Rhizoid</i></li> <li>• Berwarna <i>White</i></li> <li>• Elevasi koloni <i>Raised</i></li> <li>• Permukaan <i>Rough</i></li> <li>• <i>Opaque</i></li> <li>• Konsistensi <i>Buttery</i></li> </ul>

**Tabel 4.2** Jenis Bakteri Terpilih dalam Pengolahan Air Limbah Tenun Troso

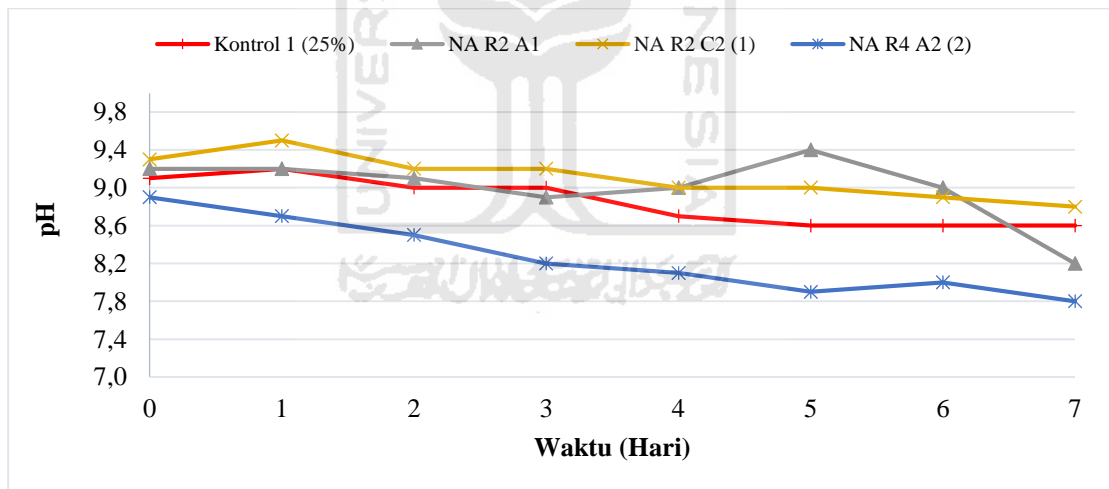
Koloni	Kode Bakteri	Bentuk Sel	Susunan Sel	Keterangan
	NA R <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	Basil	Berantai	Gram Negatif
	NA R <sub>2</sub> C <sub>2</sub> (1)	Basil	Berantai	Gram Negatif
	NA R <sub>4</sub> A <sub>2</sub> (2)	Basil	Berantai	Gram Negatif

## 4.2 Perubahan Parameter Fisika pada Air Limbah Tenun

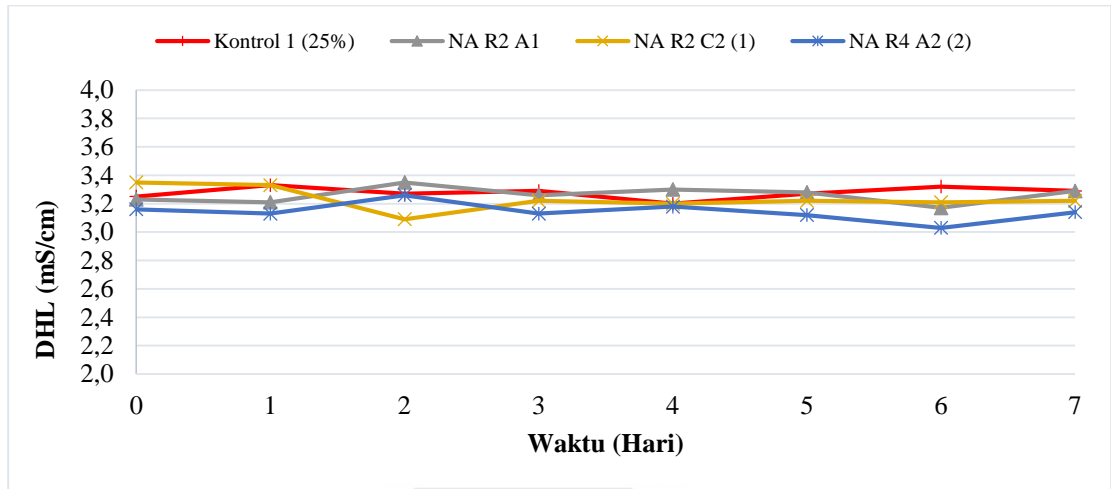
### 4.2.1 Air Limbah dengan Konsentrasi 25%



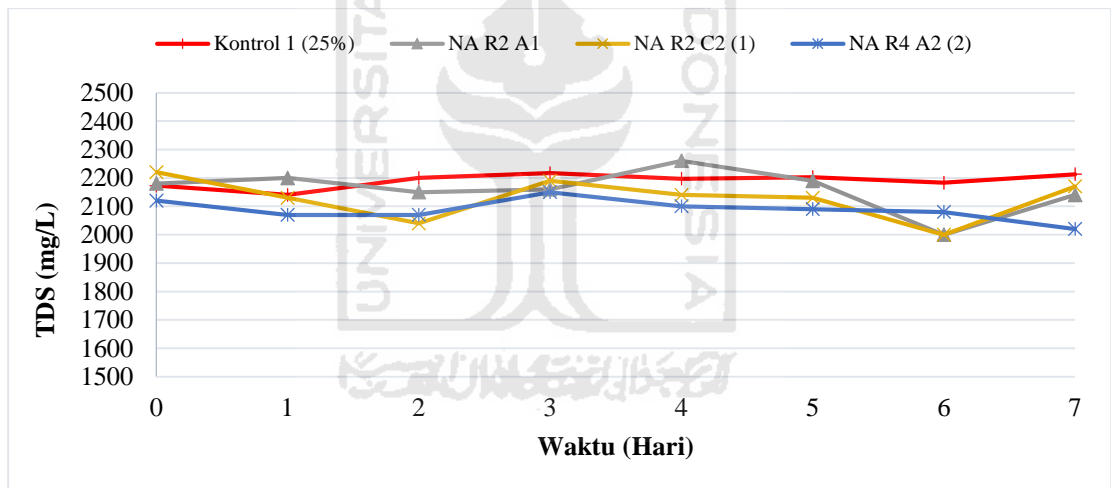
**Gambar 4.1** Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 hari



**Gambar 4.2** Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 hari



**Gambar 4.3** Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 hari



**Gambar 4.4** Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 25% selama 7 hari

Dari hasil penelitian, diperoleh data suhu yang cenderung stabil pada air limbah dengan konsentrasi 25%. Suhu yang diperoleh pada semua reaktor berisi bakteri berkisar antara 25,9°C hingga 27,6°C termasuk juga pada reaktor kontrol. Secara keseluruhan beberapa reaktor yang berisi bakteri memiliki nilai suhu yang berada di atas grafik reaktor kontrol yaitu reaktor berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub> dan bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>.

Pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 25% reaktor dengan bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub> mengalami perubahan yang cenderung meningkat sejak hari ke-0. Peningkatan tersebut melebihi nilai suhu pada reaktor kontrol saat hari ke-3 hingga



hari ke-7. Hal ini berbanding terbalik dengan reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Pada 3 hari awal pengolahan nilai suhu reaktor tersebut melebihi nilai suhu pada reaktor kontrol, namun pada hari selanjutnya hingga hari ke-7 nilai suhu pada reaktor berisi bakteri mengalami penurunan hingga berada di bawah nilai reaktor kontrol.

Suhu air limbah pada masing-masing reaktor mengalami peningkatan dan penurunan dengan perubahan yang tidak terlalu signifikan. Perubahan suhu tersebut dapat terjadi karena penurunan suhu ruangan di sekitar tempat penyimpanan reaktor. Pada saat pengujian, reaktor hanya diletakkan di atas lantai tanpa menggunakan alas. Peletakkan reaktor pada lantai tanpa diberi alas dapat mempengaruhi suhu air limbah karena lantai yang terbuat dari bahan keramik memiliki sifat termal untuk mengabsorpsi panas dari lingkungan. Panas yang diserap selanjutnya disimpan oleh padatan dalam bentuk vibrasi (getaran) atom/ion penyusun padatan tersebut (Sari, 2018).

Suhu sangat mempengaruhi kecepatan pertumbuhan bakteri, kecepatan sintesis enzim dan inaktivasi enzim (Knob dan Carmona, 2008). Menurut Suriani *et al.* (2013), pertumbuhan bakteri terjadi pada suhu kira-kira 30°C. Kecepatan pertumbuhan bakteri meningkat secara lambat seiring dengan meningkatnya suhu hingga mencapai kecepatan pertumbuhan maksimum. Di atas suhu maksimum kecepatan pertumbuhan bakteri menurun dengan cepat seiring meningkatnya suhu.

Pada parameter pH, semua reaktor baik kontrol maupun yang berisi bakteri cenderung mengalami penurunan mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-7. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Retnosari dan Shovitri (2013). Adanya perubahan pH menunjukkan terjadinya proses biodegradasi bahan organik.

Aktivitas bakteri pendegradasi memberikan kemungkinan terjadinya penurunan pH karena senyawa organik telah diuraikan menjadi asam organik (Milasari dan Ariyani, 2010). Hidrolisis senyawa organik terjadi dimana ion hidrogen berfungsi untuk mempercepat reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid dan protein. Dengan demikian, melalui proses hidrolisis, senyawa organik makromolekul dalam air limbah dapat diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bantuan bakteri. Hasil hidrolisis senyawa organik selanjutnya akan mengalami proses asidogenesis dan asetogenesis. Pada proses asidogenesis dan asetogenesis terjadi penurunan pH yang disebabkan oleh adanya asam organik yang dihasilkan (Iswanto *et al.*, 2007).

Air limbah dalam reaktor kontrol juga mengalami penurunan pH meskipun tidak diberi penambahan bakteri. Kondisi anaerob yang terjadi dalam reaktor merupakan penyebab pH pada air limbah dalam reaktor kontrol mengalami penurunan. Ishartanto (2009) mengungkapkan bahwa pada kondisi anaerob air limbah akan menghasilkan gas-gas toksik seperti H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, dan CH<sub>4</sub>. Keberadaan beberapa gas tersebut ada yang bersifat asam sehingga menimbulkan penurunan pH pada air limbah dalam reaktor kontrol.

Pencemaran pada air limbah ditandai dengan adanya peningkatan konduktivitas atau daya hantar listrik (DHL) pada air limbah tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian konduktivitas untuk memastikan suatu air limbah telah tercemar atau tidak.

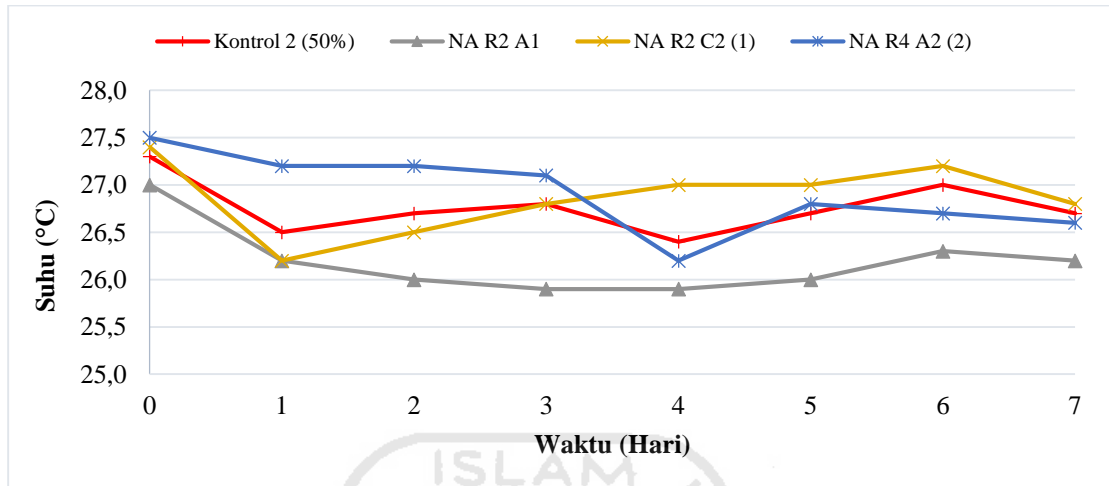
Nilai daya hantar listrik (DHL) pada air limbah dengan konsentrasi 25% untuk masing-masing reaktor baik reaktor kontrol maupun yang berisi bakteri tidak mengalami peningkatan maupun penurunan nilai secara signifikan. Nilai DHL cenderung berada pada nilai 3,02 hingga 3,36 mS/cm. Selain itu, setiap reaktor yang berisi bakteri tidak memiliki nilai DHL yang jauh berbeda dengan reaktor kontrol.

Dilihat dari data tersebut pada masing-masing reaktor memiliki nilai DHL yang cukup stabil mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-7. Selain itu, tidak ada perbedaan nilai DHL yang signifikan antara reaktor kontrol dengan reaktor yang diberi penambahan bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bakteri pada air limbah tidak mempengaruhi nilai DHL pada air limbah tersebut. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Oktaviansyah (2018).

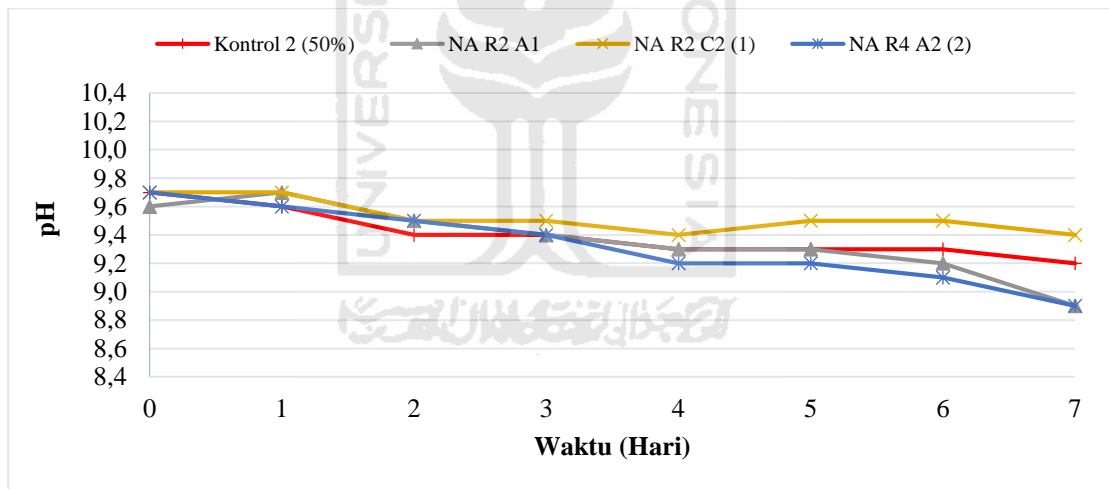
Tidak hanya parameter DHL saja yang tidak mengalami perubahan secara signifikan setelah air limbah diberi penambahan bakteri. Parameter TDS juga mengalami kejadian yang sama. Semua reaktor yang berisi air limbah dengan bakteri memiliki konsentrasi yang relatif konstan selama 7 hari masa pengolahan. Meskipun begitu, seharusnya nilai TDS semakin turun karena bahan organik tersebut digunakan oleh bakteri sebagai sumber energinya, hal ini dapat terjadi karena proses penggunaan bahan organik oleh bakteri belum sempurna (Paramita *et al.*, 2012).

Hampir seluruh konsentrasi TDS pada reaktor air limbah berisi bakteri berada di bawah konsentrasi air limbah pada reaktor kontrol. Hanya reaktor berisi bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub> saja yang mengalami peningkatan konsentrasi TDS hingga melebihi konsentrasi TDS pada reaktor kontrol. Peningkatan tersebut terjadi pada pengolahan hari ke-4 dengan perubahan 100 mg/L lebih tinggi dari konsentrasi TDS pada hari sebelumnya.

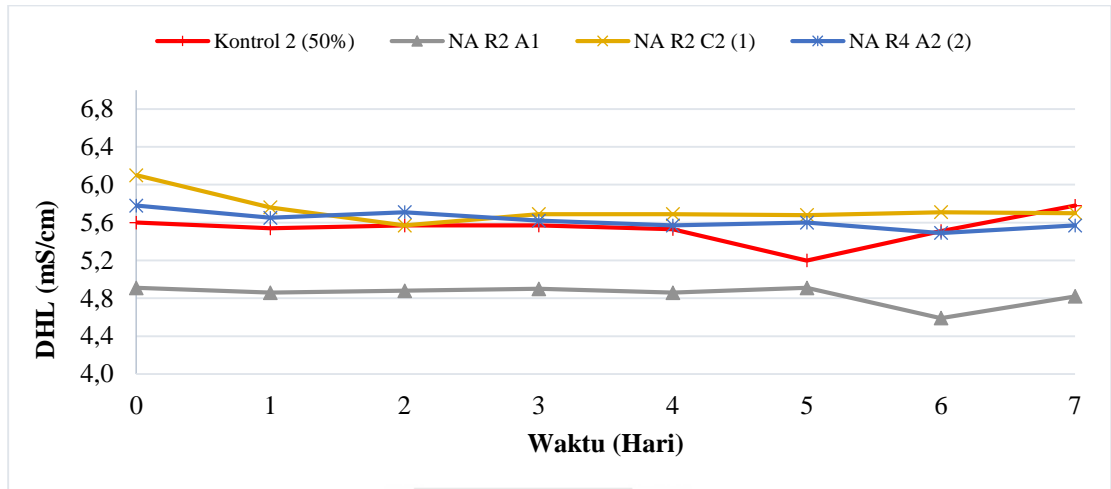
#### 4.2.2 Air Limbah dengan Konsentrasi 50%



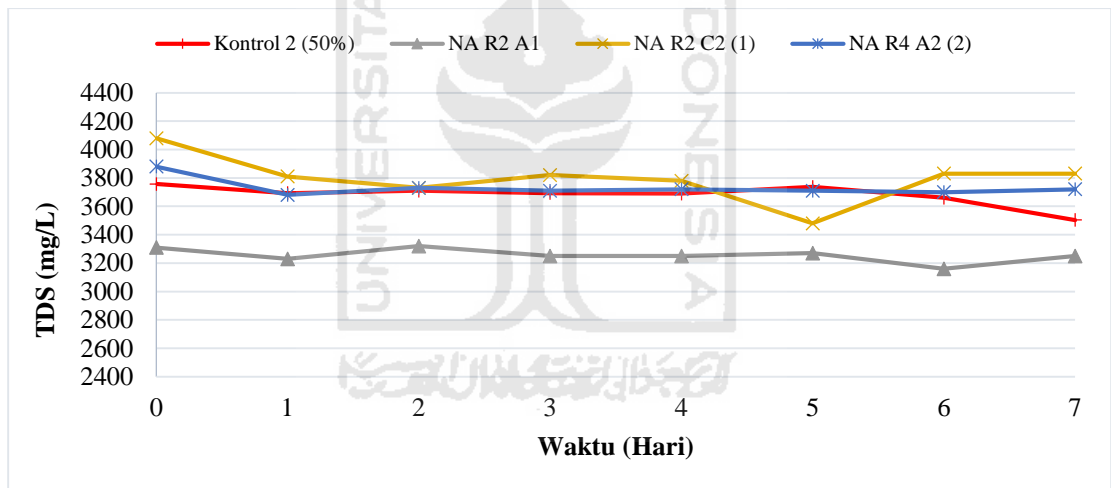
**Gambar 4.5** Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 hari



**Gambar 4.6** Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 hari



**Gambar 4.7** Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 hari



**Gambar 4.8** Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 50% selama 7 hari

Suhu memiliki peran penting dalam pengolahan air limbah pada industri tenun. Sebelum dilakukan proses pengolahan baik secara fisika, kimia, maupun biologi, biasanya suhu air limbah diturunkan terlebih dahulu setidaknya hingga 30°C setelah keluar dari proses produksi (Ratnawati, 2011). Hasil penelitian menunjukkan rentang suhu sebesar 25,9°C hingga 27,5°C pada air limbah dengan konsentrasi 50%. Rentang suhu tersebut sesuai dengan penelitian terhadap air limbah tenun yang dilakukan oleh Sa'adah (2020) bahwa air limbah tenun berkisar antara 23,8°C hingga 32,9°C.

Pada grafik terlihat peningkatan suhu air limbah pada reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>. Peningkatan tersebut terjadi hingga melebihi batas kontrol sejak pengolahan hari ke-3. Suhu air merupakan parameter yang tergolong penting karena berpengaruh terhadap reaksi kimia dan laju reaksi. Selain itu, suhu juga memiliki pengaruh terhadap efisiensi pada proses biodegradasi. Suhu air yang rendah akan menyebabkan peningkatan viskositas dan penurunan volatilitas senyawa toksik sehingga proses biodegradasi menjadi terhambat. Pada umumnya laju biodegradasi akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu hingga batas tertentu (Moenir, 2010).

Keadaan asam dan basa dalam suatu larutan dapat dinyatakan dalam bentuk angka yang dikenal dengan istilah pH (*power of Hydrogen*) (Muchtari dkk, 2007). Parameter pH memiliki peranan penting dalam proses bio-kimiawi dalam air (Effendi, 2003). Oleh karena itu, pengukuran pH pada suatu larutan diperlukan untuk mengontrol kondisi larutan tersebut agar terhindar dari polutan yang dapat membahayakan lingkungan maupun makhluk hidup di sekitarnya.

Pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 50% terdapat 1 reaktor yang memiliki pH lebih tinggi (basa) daripada pH pada reaktor kontrol. Reaktor yang dimaksud adalah reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>. Penurunan pH pada reaktor tersebut sempat terjadi pada 4 hari awal pengolahan. Namun, pada hari pengolahan setelahnya mengalami peningkatan hingga hari ke-7.

Perubahan nilai pH yang naik dan turun pada pengolahan tersebut merupakan indikasi melimpahnya senyawa-senyawa yang bersifat polutan atau bukan polutan (Susana, 2009). Senyawa-senyawa polutan yang bersifat organik biasa digunakan bakteri sebagai nutrisi untuk proses metabolisme dan berkembang biak.

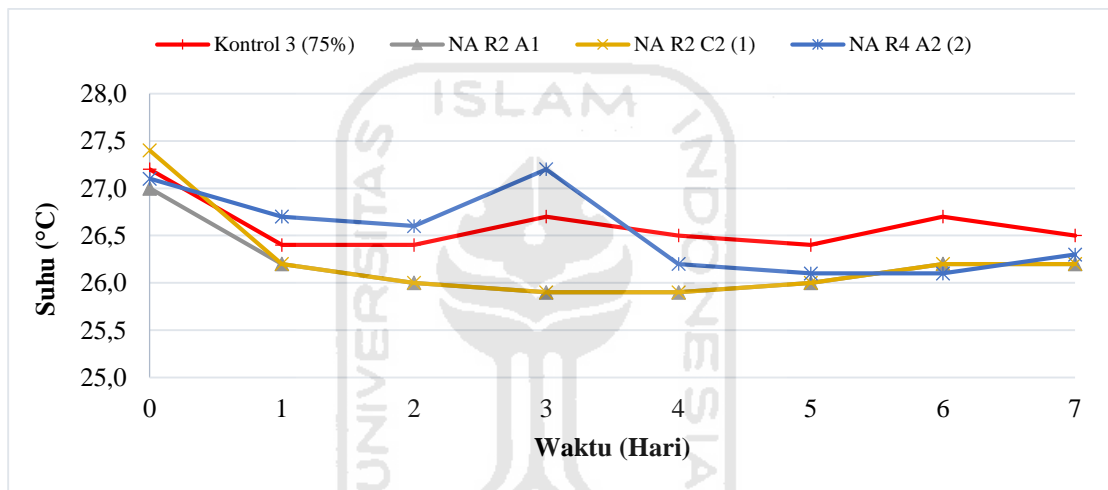
Dari Gambar 4.7 pada beberapa halaman sebelumnya, terlihat nilai DHL pada awal hari pengolahan hingga hari ke-7 cenderung dalam keadaan konstan. Hasil tersebut sama seperti yang dialami oleh Prasetya (2019) pada penelitian sebelumnya. Menurutnya, hal ini dapat terjadi karena limbah yang dikelola memiliki tingkat kepekatan yang tinggi.

Pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 50% terdapat 2 reaktor yang memiliki nilai DHL lebih tinggi dari nilai DHL yang terdapat pada reaktor kontrol. Dua reaktor tersebut antara lain reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub> dan NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Nilai DHL tertinggi ada pada reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub> dengan nilai sebesar 6,1 mS/cm pada saat hari pengolahan awal. Hal tersebut dikarenakan pada saat awal pengolahan (hari ke-0) air limbah masih memiliki kandungan senyawa maupun garam-garam terlarut dalam jumlah cukup besar yang dapat terionisasi sehingga dapat menghantarkan arus listrik (Effendi, 2003).

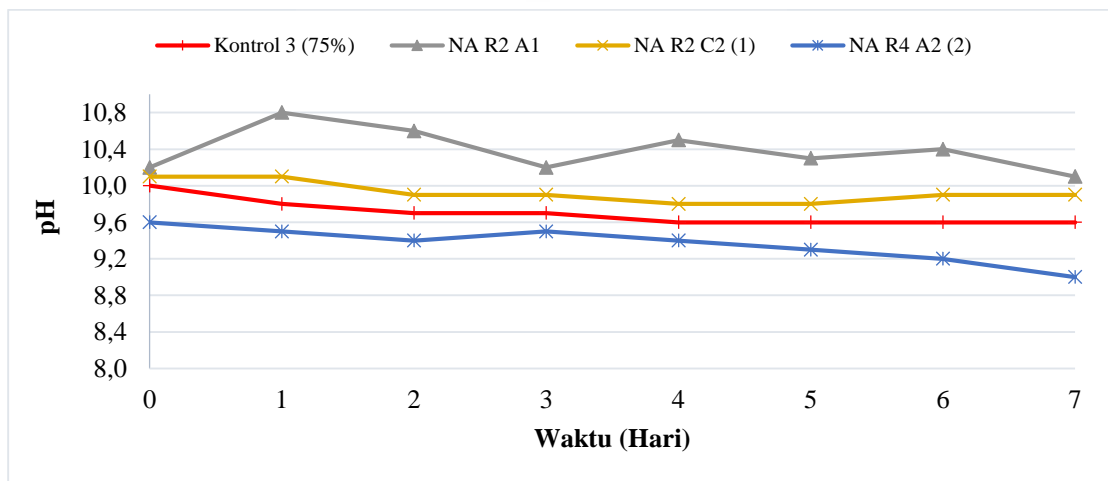
Nilai DHL memiliki keterkaitan dengan konsentrasi TDS yang terdapat pada air limbah. Apabila konsentrasi TDS pada air limbah meningkat, maka nilai DHL akan mengalami hal yang sama. Hal tersebut dikarenakan TDS dapat berupa konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Sumber TDS dapat mencakup semua kation dan anion terlarut (Oram, 2010).

Pada penelitian ini, konsentrasi TDS pada air limbah dengan konsentrasi 50% saat hari pengolahan awal cukup tinggi yaitu berkisar antara 3310 hingga 4080 mg/L. Konsentrasi TDS pada seluruh reaktor relatif konstan meskipun pada reaktor berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub> cukup fluktuatif sejak awal hingga akhir pengolahan. Pada hari ke-0, konsentrasi TDS pada air limbah reaktor bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub> berada pada angka 4080 mg/L. Kemudian, konsentrasi tersebut turun menjadi 3730 mg/L pada hari ke-2 sebelum mengalami peningkatan kembali menjadi 3820 mg/L pada hari pengolahan selanjutnya. Konsentrasi TDS mengalami perubahan terbesar dengan selisih 600 mg/L terhadap konsentrasi awal pada hari pengolahan ke-5.

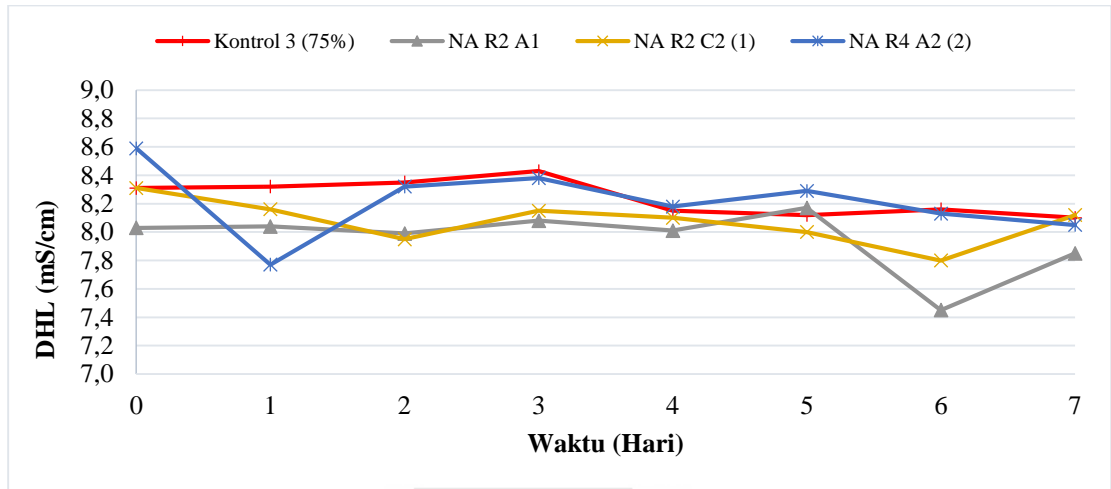
#### 4.2.3 Air Limbah dengan Konsentrasi 75%



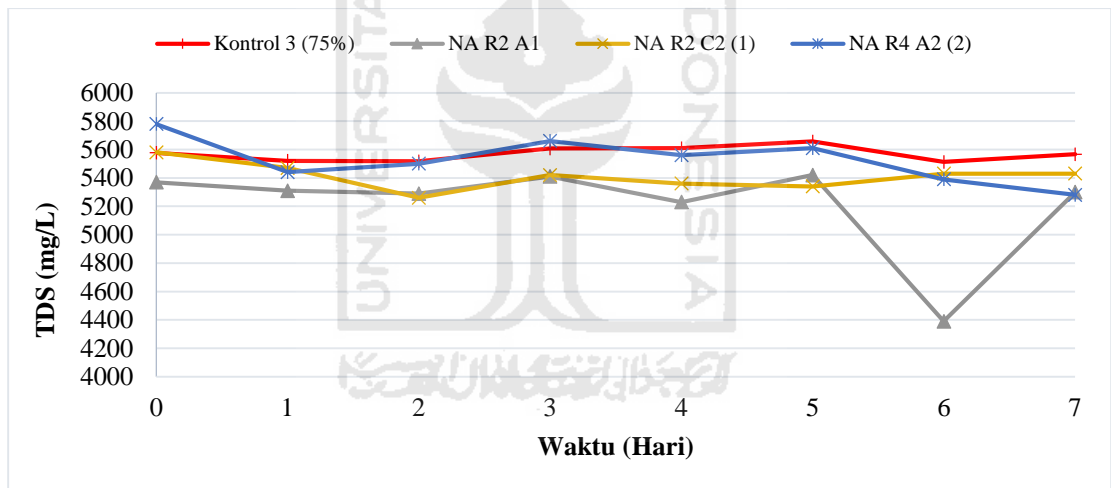
**Gambar 4.9** Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 hari



**Gambar 4.10** Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 hari



**Gambar 4.11** Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 hari



**Gambar 4.12** Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 75% selama 7 hari

Suhu merupakan variabel fisik yang perlu diketahui secara tepat untuk penggunaan tertentu. Pada penelitian ini, pengukuran suhu dilakukan untuk mengetahui suhu air limbah pada masing-masing reaktor. Selain itu, pengontrolan kondisi pengolahan pada air limbah akan lebih mudah jika pengukuran suhu dilakukan.

Tren perubahan suhu pada air limbah dengan konsentrasi 75% cenderung konstan atau tidak ada perubahan yang signifikan. Namun, fluktuasi nilai suhu sempat terjadi pada pertengahan proses pengolahan yaitu pada pengolahan hari ke-3. Hal tersebut terjadi pada reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Pada saat itu

suhu air limbah pada reaktor tersebut mencapai 27,2°C yang merupakan suhu tertinggi pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 75%.

Suyasa (2012) menyatakan bahwa peningkatan dan penurunan suhu dalam air dipengaruhi oleh komposisi substrat, kekeruhan, cuaca, dan reaksi-reaksi kimia yang terjadi dalam air. Oleh karena itu, suhu pada air limbah bersifat fleksibel karena terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisinya. Pada penelitian ini, faktor yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap perubahan suhu air limbah adalah cuaca. Jika suhu ruangan pada penempatan reaktor meningkat, maka suhu air limbah akan meningkat dan begitu pula sebaliknya.

Suhu dapat mempengaruhi nilai pH, keduanya merupakan penentu dalam mendukung aktivitas enzim perombak (Wignyanto dkk., 1997). Ketika suhu mengalami penurunan, kelarutan oksigen dalam air akan meningkat sehingga menyebabkan nilai pH menjadi tinggi (Haryati dkk., 2012). Pada pH yang terlalu tinggi atau rendah, pertumbuhan bakteri akan terhambat bahkan dapat mengancam kehidupan bakteri itu sendiri.

Pada air limbah dengan konsentrasi 75%, nilai pH cenderung konstan meskipun terdapat selisih dari nilai pH awal dengan nilai pH akhir. Nilai pH pada reaktor kontrol, NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>, NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>, NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> secara berurutan pada awal hari pengolahan adalah sebesar 10; 10,2; 10,1; 9,6. Sedangkan nilai pH pada hari terakhir pengolahan pada reaktor-reaktor tersebut secara berurutan yaitu 9,6; 10,1; 9,9; 9. Air limbah pada reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub> merupakan reaktor dengan nilai pH paling tinggi pada tiap hari pengolahan dibandingkan dengan reaktor lain termasuk reaktor kontrol. Selain itu, nilai pH pada reaktor bakteri tersebut cukup fluktuatif.

Menurut Chotimah (2010) nilai pH pada awal proses degradasi anaerob akan meningkat, kemudian menurun. Peningkatan pH terjadi saat proses hidrolisis dimana H<sup>+</sup> digunakan untuk mempercepat reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid dan protein. Peningkatan pH menunjukkan adanya kegiatan mikroorganisme menguraikan bahan organik seperti karbohidrat yang diuraikan menjadi glukosa (Iswanto *et al.*, 2007). Setelah itu terjadi proses asidogenesis dan asetogenesis. Chotimah (2010) menyatakan bahwa tahap asidogenesis dilakukan oleh berbagai kelompok mikroorganisme, yang mayoritas adalah mikroorganisme obligat anaerob dan anaerob fakultatif. Pada proses ini terjadi penurunan pH karena adanya asam organik yang dihasilkan seperti asam butirat, propionat, dan asetat (Iswanto *et al.*, 2007). Selanjutnya pH cenderung mengalami peningkatan karena asam organik diuraikan menjadi metana dan karbondioksida (Chotimah, 2010).

Selain suhu dan pH, DHL dan TDS merupakan parameter yang cukup penting untuk dikontrol pada air limbah. Nilai DHL yang tinggi pada air limbah dapat menyebabkan air mudah menghantarkan arus listrik dan menandakan adanya kandungan garam yang tinggi (Zahar dkk., 2019). Semakin tinggi kandungan garam maupun senyawa organik yang terdapat pada air limbah, maka semakin tercemar air tersebut. Wardhana (2004) menyebutkan air yang tercemar oleh

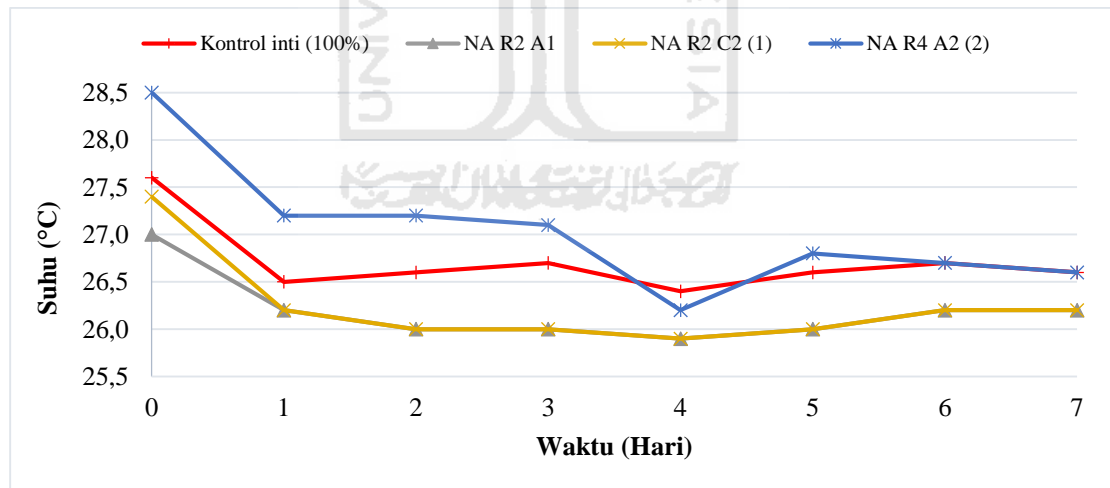


limbah organik merupakan tempat yang cocok untuk tumbuh dan berkembangnya mikroba patogen.

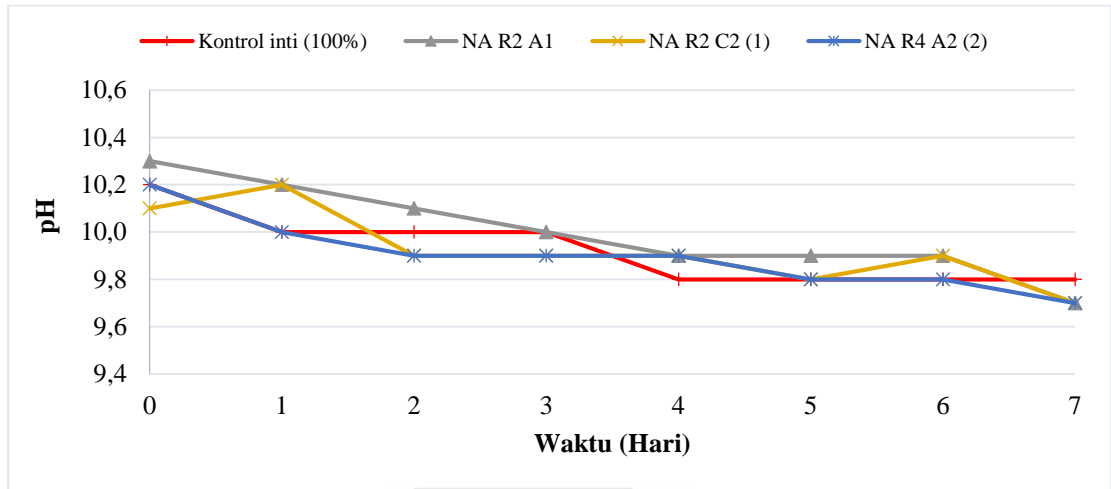
Tren nilai DHL pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 75% relatif konstan meskipun pada waktu tertentu terjadi perubahan yang fluktuatif pada beberapa reaktor. Hal ini ditunjukkan pada grafik penurunan DHL pada air limbah konsentrasi 75% diatas. Pada hari ke-0, nilai DHL pada reaktor kontrol, NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>, NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>, NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> secara berurutan yaitu 8,31; 8,03; 8,31; 8,59 mS/cm. Sedangkan, nilai DHL pada akhir pengolahan secara urut yaitu 8,1; 7,85; 8,12; 8,05 mS/cm. Kondisi hasil pengolahan yang cenderung konstan ini dapat terjadi karena proses penggunaan bahan organik oleh bakteri belum sempurna (Paramita *et al.*, 2012). Hal tersebut menyebabkan jumlah senyawa maupun garam yang dapat terionisasi akan tetap stabil atau tidak mengalami pengurangan yang signifikan.

Konsentrasi TDS pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 75% cukup fluktuatif terutama pada reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>. Pada hari ke-6 reaktor yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub> mengalami sedikit penurunan dari 5420 mg/L menjadi 4390 mg/L, di hari selanjutnya konsentrasi TDS tersebut kembali meningkat menjadi 5300 mg/L. Seharusnya konsentrasi TDS pada air limbah mengalami penurunan mulai dari hari ke-0 hingga hari ke-7 karena bahan organik pada air limbah digunakan bakteri sebagai energi.

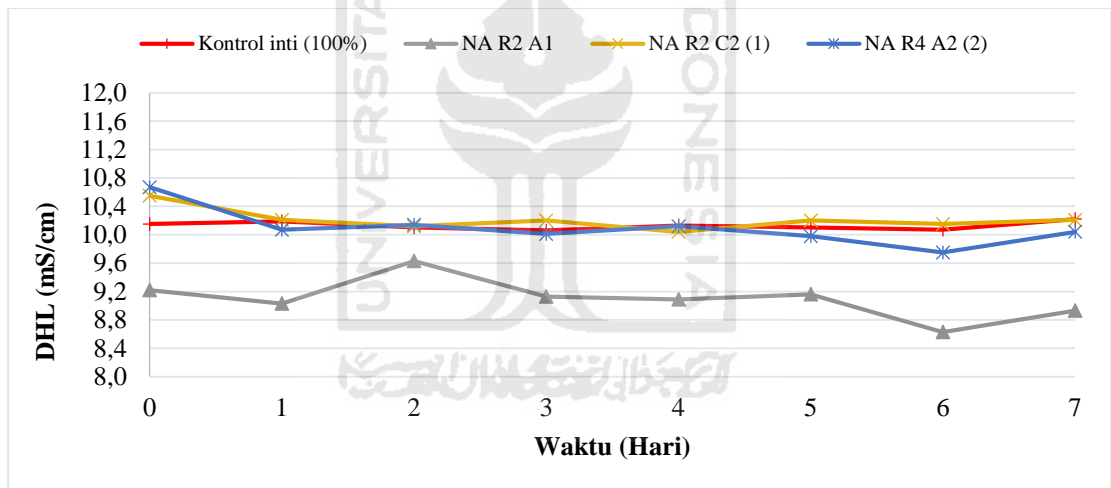
#### 4.2.4 Air Limbah dengan Konsentrasi 100%



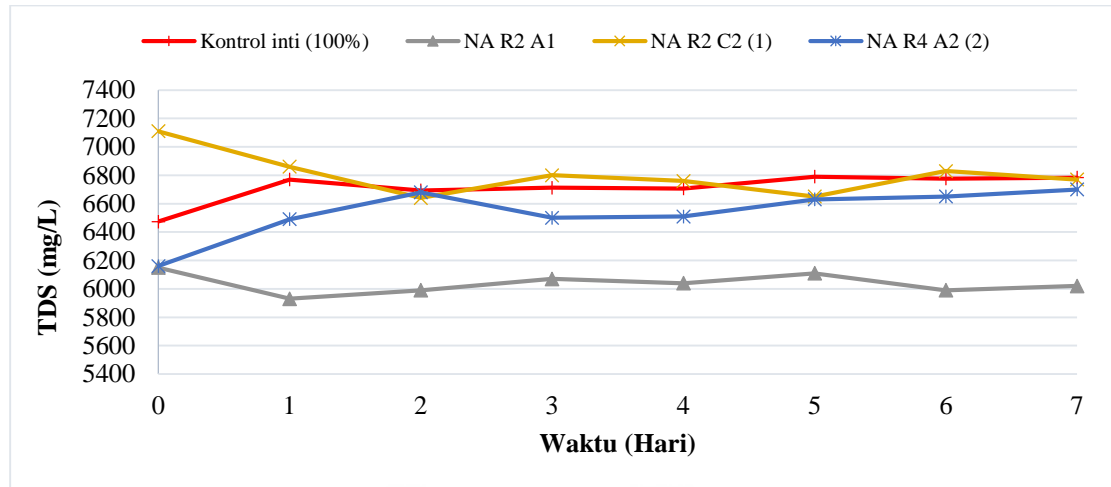
**Gambar 4.13** Grafik Perubahan Suhu pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 hari



**Gambar 4.14** Grafik Perubahan pH pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 hari



**Gambar 4.15** Grafik Perubahan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 hari



**Gambar 4.16** Grafik Perubahan TDS pada Air Limbah Konsentrasi 100% selama 7 hari

Suhu adalah derajat panas dan dingin suatu benda. Derajat panas dan dingin ini dipengaruhi oleh entalpi (energi) yang dimiliki suatu zat. Pada penelitian ini digunakan bakteri endofit dalam proses biodegradasi air limbah. Bakteri endofit termasuk dalam golongan bakteri mesofilik. Bakteri mesofilik merupakan salah satu kelompok mikroba yang hidup pada kisaran suhu 25°C sampai 40°C dengan kisaran suhu optimum 25°C sampai 37° C (Black, 2005; Fajri dkk., 2015).

Nilai suhu pada masing-masing reaktor air limbah telah sesuai dengan kisaran suhu untuk hidup bakteri endofit seperti yang dinyatakan oleh Black (dalam Fajri dkk., 2015). Air limbah pada konsentrasi 100% ini memiliki kisaran suhu mulai dari 25,9°C hingga 28,5°C. Berdasarkan hasil penelitian, seluruh reaktor air limbah mengalami penurunan suhu pada hari pengolahan ke-1 sebelum mengalami tren stabil hingga akhir pengolahan.

Pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 100% terdapat satu reaktor berisi bakteri yang cenderung mengalami aktivitas yang berbeda dibanding dengan bakteri lainnya. Bakteri tersebut adalah bakteri pada reaktor NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub>. Suhu air pada reaktor tersebut mengalami penurunan pada hari ke-1, kemudian stabil hingga 2 hari setelahnya. Suhu pada air limbah kedua reaktor tersebut kembali menurun pada hari ke-4, lalu meningkat dan stabil kembali.

Nugroho dan Ikkal (2005) menyebutkan bahwa air limbah yang keluar dari industri tenun pada umumnya memiliki pH yang bersifat basa, yaitu diatas 8. Hal ini disebabkan karena pada proses pewarnaan tenun menggunakan alkali sebagai bahan fiksasi warna yang dapat menyebabkan pH menjadi tinggi (basa) (Hidayat, 2014). Apabila tidak diolah dengan baik, maka air limbah dengan pH tinggi tersebut akan membahayakan organisme perairan jika air limbah tersebut dialirkan ke lingkungan.

pH pada air limbah dengan konsentrasi 100% pada saat sebelum diberi penambahan bakteri pada masing-masing reaktor kontrol, NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>, NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>, NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> secara berurutan adalah 10,2; 10,3; 10,1; 10,2. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Nugroho dan Ikbal (2005) bahwa air limbah tenun memiliki pH diatas 8. pH pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 100% lebih tinggi (basa) dibandingkan dengan pH pada air limbah konsentrasi 25%, 50%, dan 75%. Semakin pekat konsentrasi air limbah tenun, maka semakin tinggi nilai pH yang dikarenakan air limbah tenun berasal dari proses pewarnaan menggunakan alkali sehingga air limbah tenun memiliki karakteristik alkalinitas yang tinggi (Mustafa dkk., 2019). Pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 100% terjadi tren penurunan nilai pH sejak hari ke-0 hingga hari ke-7 pengolahan meskipun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

pH memiliki peran penting terhadap pertumbuhan dan kinerja bakteri dalam suatu pengolahan air limbah. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri ini berkaitan dengan aktivitas enzim. Enzim dibutuhkan oleh beberapa bakteri untuk mempercepat berbagai reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri (Pelczar dan Chan, 1986).

Daya hantar listrik (DHL) atau *electrical conductivity* (EC) menunjukkan gambaran numerik dari kemampuan air untuk menghantarkan aliran listrik berdasarkan banyaknya garam terlarut yang terionisasi (APHA, 1976). Pencemaran pada air limbah ditandai dengan adanya peningkatan konduktivitas atau daya hantar listrik (DHL) pada air limbah tersebut, sehingga untuk mengetahui suatu air tercemar atau tidak dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran DHL. Pengukuran DHL dilakukan menggunakan alat yang disebut dengan *Conductivity Meter*. Pengukuran dilakukan pada air limbah selama 7 hari berturut-turut.

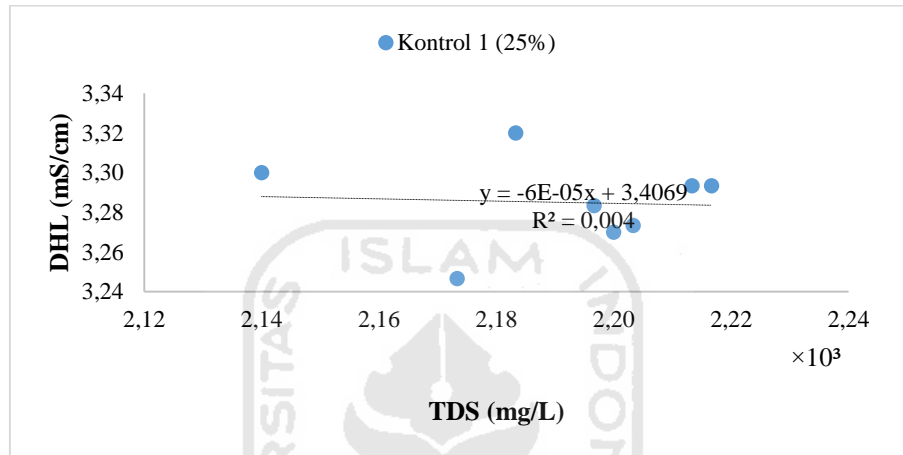
Hasil pengujian nilai DHL pada air limbah dengan konsentrasi 100% menunjukkan kecenderungan yang konstan. Nilai DHL pada air limbah konsentrasi 100% lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi air limbah lain karena kondisinya yang masih pekat tanpa dilakukan pengenceran. Adanya variasi konsentrasi air limbah akan lebih memudahkan proses oksidasi oleh bakteri dalam air limbah. Setiap reaktor air limbah konsentrasi 100% yang berisi bakteri cenderung memiliki nilai DHL yang lebih kecil dibandingkan pada air limbah reaktor kontrol. Hanya pada saat tertentu nilai DHL pada reaktor yang berisi bakteri memiliki nilai DHL sedikit lebih besar (tidak lebih dari 1 mS/cm) dari reaktor kontrol. Hal tersebut disebabkan karena pada reaktor kontrol tidak terjadi pengurangan senyawa atau garam yang dilakukan oleh bakteri.

Kejadian serupa juga terjadi pada parameter TDS air limbah dengan konsentrasi 100%. Konsentrasi TDS secara keseluruhan cukup stabil atau tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pada waktu tertentu terdapat konsentrasi TDS yang melebihi batas konsentrasi TDS pada reaktor kontrol. Hal tersebut terjadi pada reaktor air limbah yang berisi bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2(1)</sub>. Reaktor tersebut juga

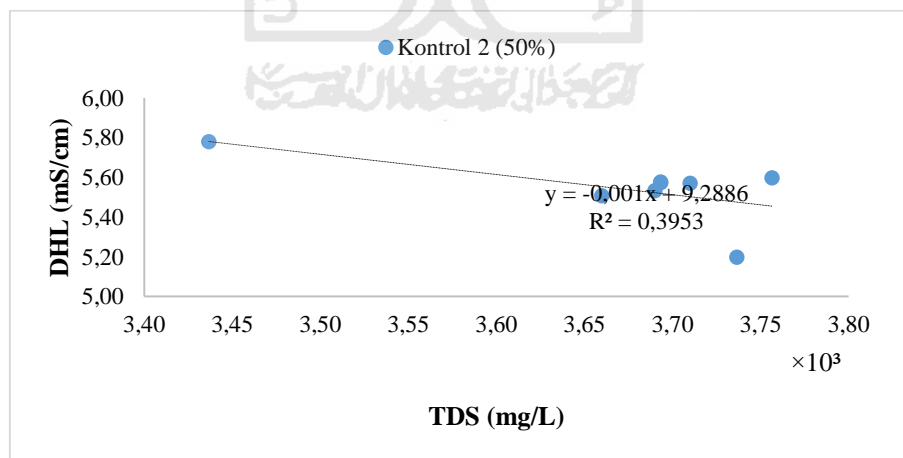
merupakan reaktor yang memiliki nilai DHL lebih tinggi daripada reaktor kontrol. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi TDS memiliki hubungan dengan nilai DHL pada air limbah.

### 4.3 Hubungan antara TDS dan DHL

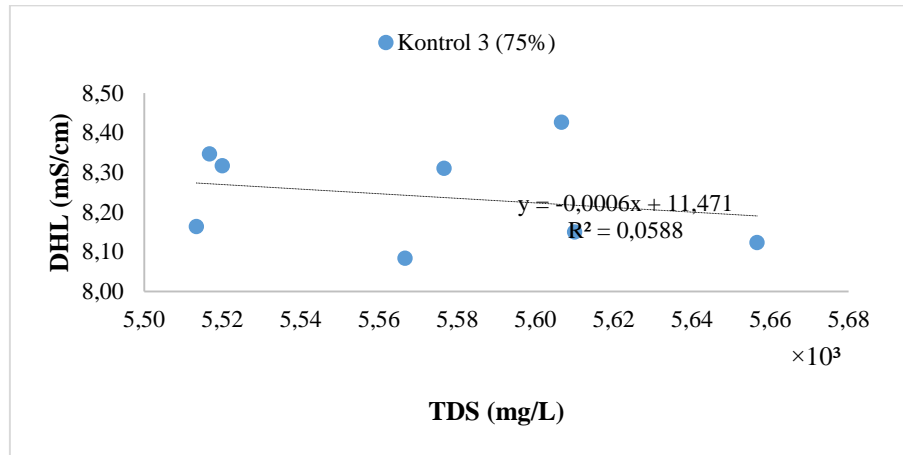
#### 4.3.1 Kontrol



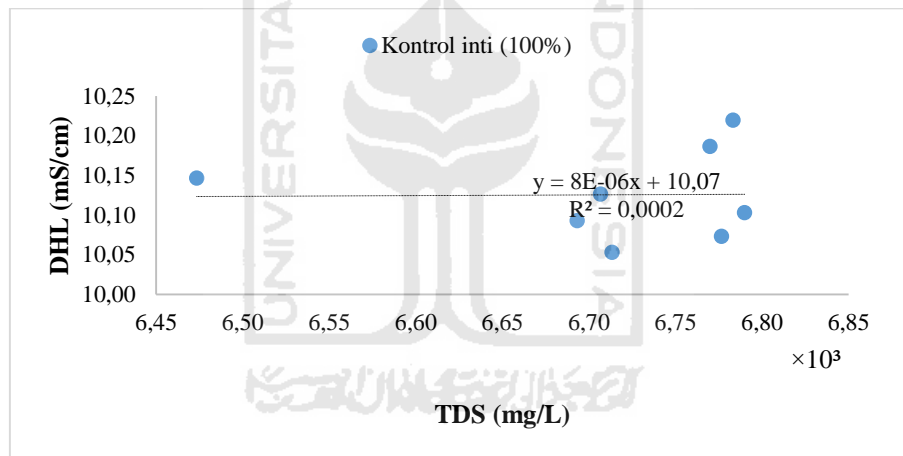
**Gambar 4.17** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% Tanpa Bakteri



**Gambar 4.18** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% Tanpa Bakteri



**Gambar 4.19** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% Tanpa Bakteri

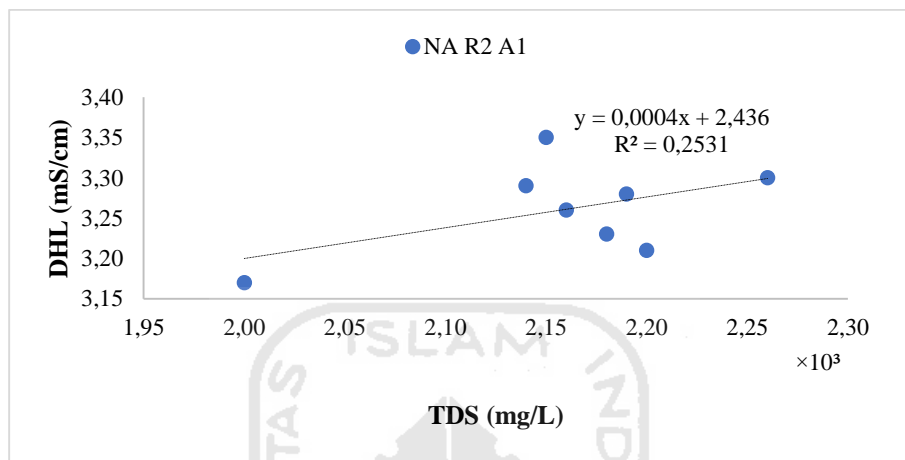


**Gambar 4.20** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% Tanpa Bakteri

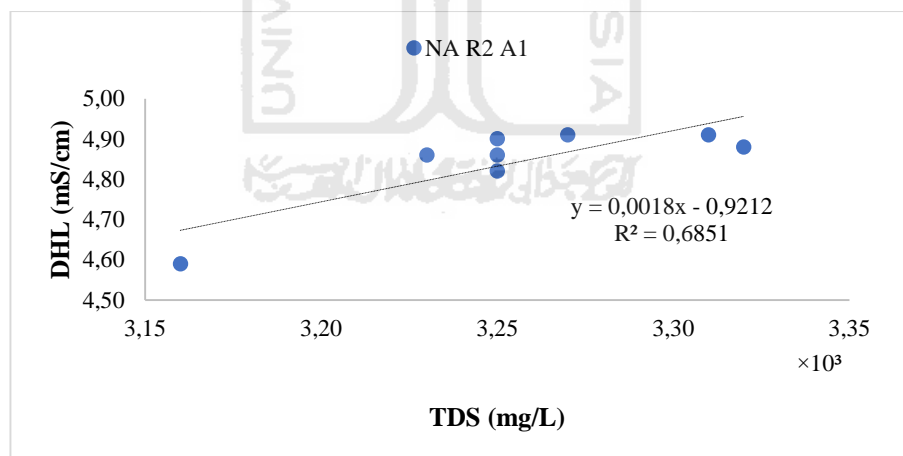
Reaktor kontrol merupakan reaktor yang berfungsi sebagai tolak ukur perubahan yang terjadi pada reaktor yang berisi bakteri. Hubungan antara konsentrasi TDS dengan nilai DHL pada reaktor kontrol diperlukan agar aktivitas bakteri dalam reaktor berisi bakteri dapat teramati. Nilai  $R^2$  pada grafik merupakan koefisien determinasi yang berfungsi menunjukkan seberapa jauh (prosentase) kemampuan model dalam menginterpretasikan variabel dependen (Ghozali, 2012). Berdasarkan grafik diatas, nilai  $R^2$  pada masing-masing reaktor kontrol baik pada air limbah konsentrasi 25%, 50%, 75%, 100% secara urut yaitu sebesar 0,004 (0,4%); 0,395 (39,5%); 0,059 (5,9%); 0,0002 (0,02%). Tingkat hubungan yang

terjadi pada masing-masing reaktor secara urut adalah sangat rendah, kuat, rendah, dan sangat rendah.

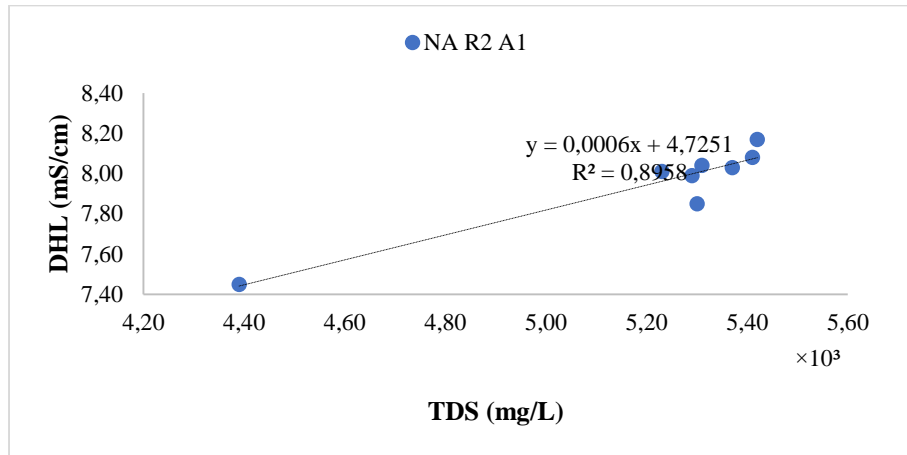
#### 4.3.2 Batch 1 (Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>)



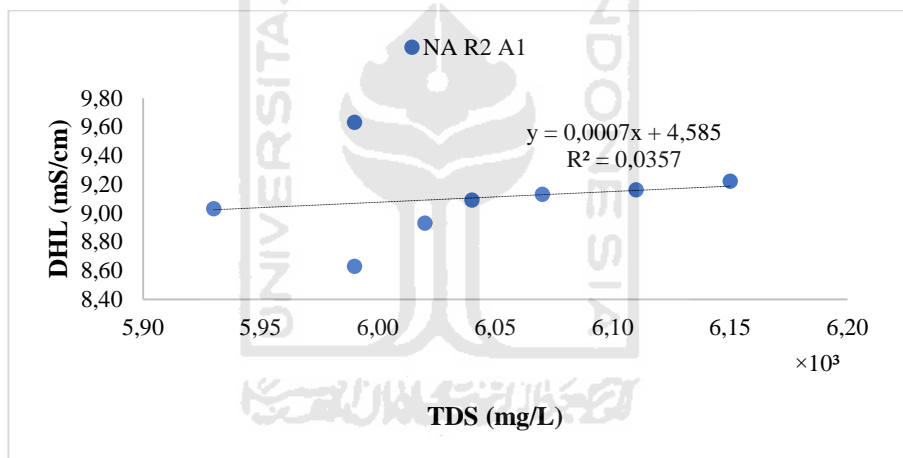
**Gambar 4.21** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>



**Gambar 4.22** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>



**Gambar 4.23** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>



**Gambar 4.24** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Air Limbah Konsentrasi 100%

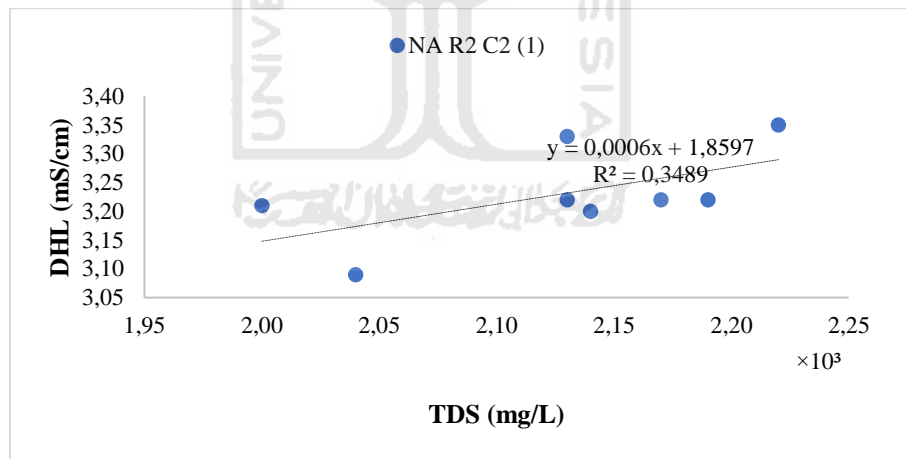
Hubungan antara TDS dengan DHL pada pengolahan air limbah tenun menggunakan bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub> dapat dilihat pada Gambar 4.21 sampai Gambar 4.24. Pada masing-masing gambar terlihat nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, 100% secara berurutan yaitu 0,253 (25,3%); 0,685 (68,5%); 0,896 (89,6%); 0,036 (3,6%) sehingga nilai koefisien korelasi ( $r$ ) pada tiap reaktor tersebut yaitu 0,503; 0,828; 0,947; 0,189. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi TDS dan nilai DHL pada air limbah 25% dan 100% memiliki korelasi yang sedang dan sangat rendah. Sedangkan, pada air limbah konsentrasi 50% dan 75% konsentrasi TDS dan nilai DHL menunjukkan korelasi yang kuat dan sangat kuat.



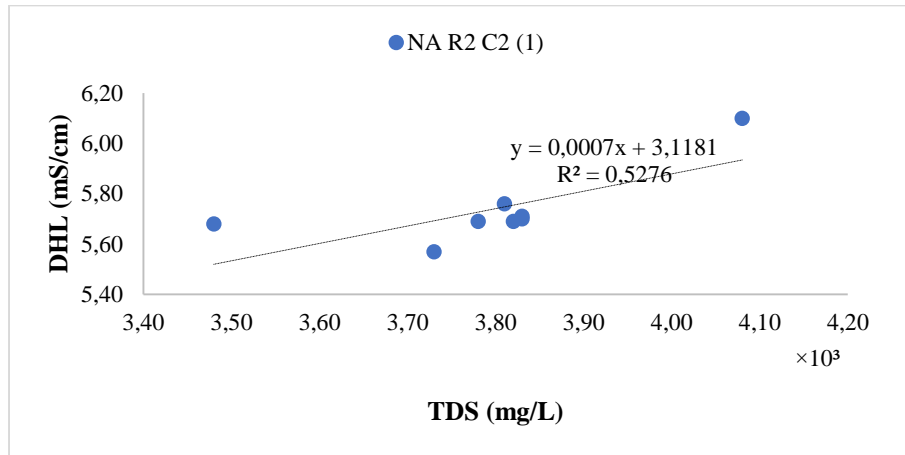
Keempat hasil diatas memiliki korelasi yang bersifat positif dimana ketika konsentrasi TDS mengalami peningkatan, nilai DHL akan turut mengalami peningkatan. Begitu juga sebaliknya, ketika konsentrasi TDS menurun, maka nilai DHL akan menurun juga. Menurut Oram (2010), *Total Dissolved Solids* (TDS) dapat bersumber dari seluruh kation dan anion yang terlarut dalam air. Oleh karena itu, perubahan konsentrasi TDS akan mempengaruhi nilai DHL secara linier, dimana jika konsentrasi TDS menurun maka nilai DHL akan menurun juga. Begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan penelitian Das *et al.* (2006) dinyatakan bahwa nilai DHL memiliki hubungan linier terhadap peningkatan konsentrasi TDS. DHL suatu larutan elektrolit dihasilkan karena adanya ion-ion terlarut dalam larutan. Nilai DHL ditentukan oleh jenis, jumlah, dan mobilitas ion secara total. Hal itu menunjukkan bahwa nilai DHL memiliki hubungan dengan kepekatan dan jenis ion terlarut, bukan padatan terlarut. Jika komposisi ion-ion terlarut relatif tetap (yaitu komposisinya, relatif sama) tetapi berbeda kepekatan (yaitu jumlah ion terlarut per satuan volume, berbeda), maka antara nilai DHL dengan kepekatan (atau Padatan Terlarut Total, yaitu TDS, *Total Dissolved Solid*) terdapat suatu hubungan yang tetap (Meilasari dan Pandabesie, 2013).

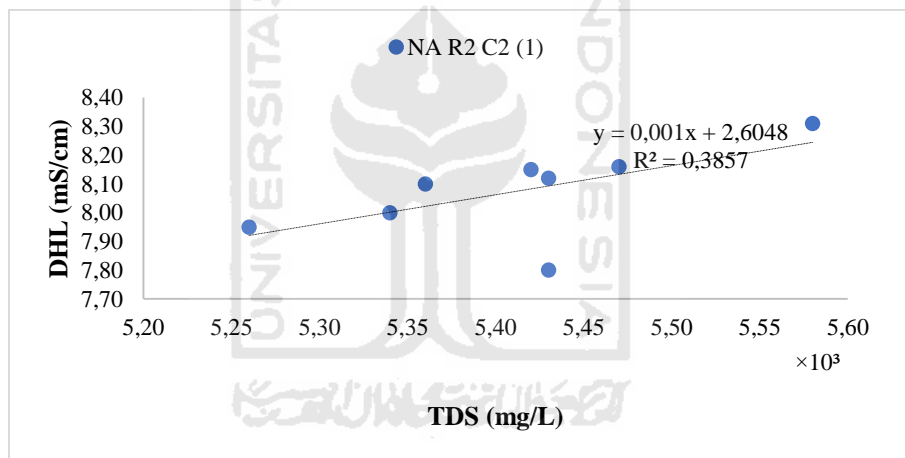
#### 4.3.3 Batch 2 (Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1))



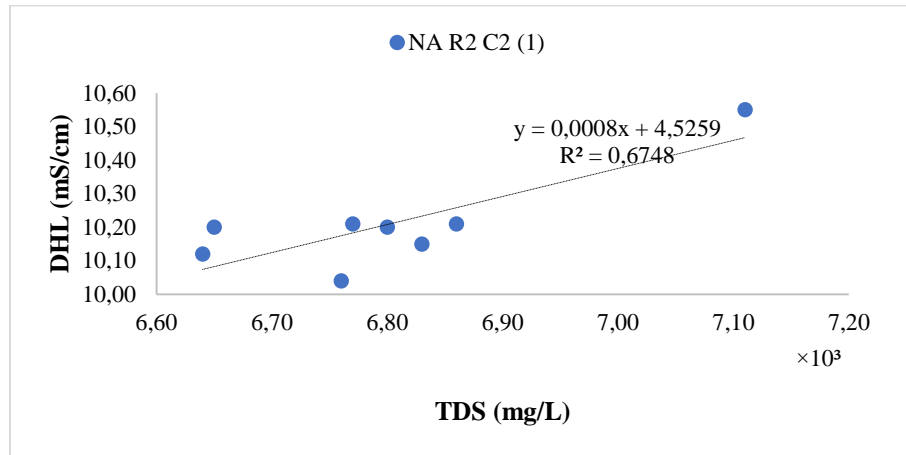
**Gambar 4.25** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)



**Gambar 4.26** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)



**Gambar 4.27** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)



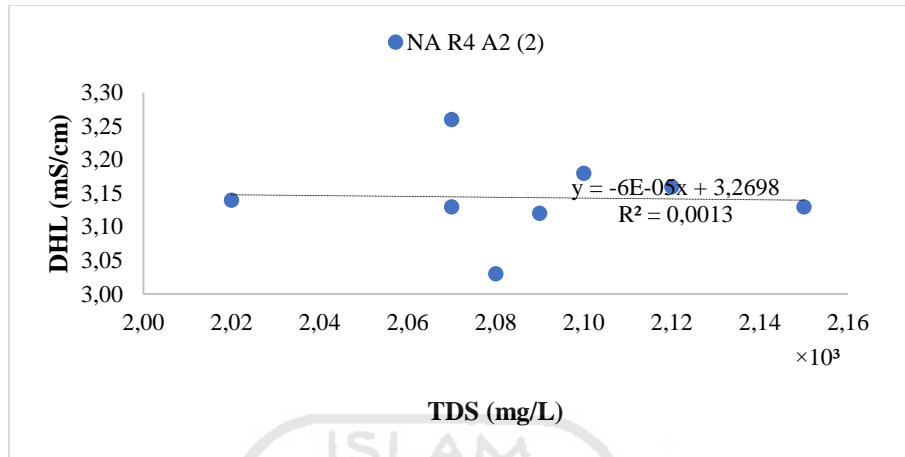
**Gambar 4.28** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub>(1)

Gambar 4.25 sampai Gambar 4.28 diatas merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara TDS dengan DHL pada pengolahan air limbah tenun dengan menggunakan bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub>(1). Menurut penelitian Aniyikaiye *et al.* (2019), senyawa ion yang merupakan salah satu zat terlarut dalam air limbah memiliki pengaruh besar terhadap daya hantar listrik dalam air limbah. Hal tersebut menyiratkan bahwa kemampuan daya hantar listrik pada air berbanding lurus dengan konsentrasi TDS dalam air. Peningkatan nilai DHL pada air limbah merupakan indikator tingginya konsentrasi TDS pada air limbah.

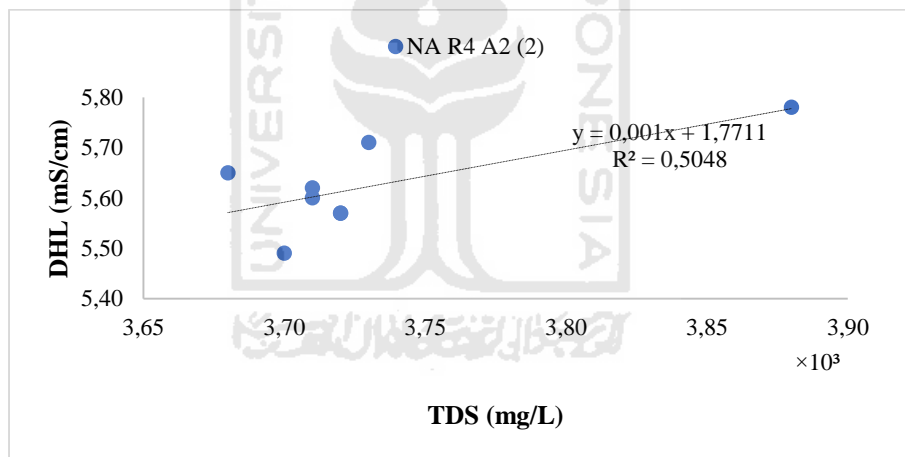
Pada penelitian ini yaitu pada pengolahan air limbah 25% dengan bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub>(1) memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,349 (34,9%) sehingga nilai koefisien korelasi ( $r$ ) yaitu 0,591 yang menandakan bahwa tingkat korelasi yang terjadi adalah sedang. Lalu, koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada air limbah 50% adalah sebesar 0,528 (52,8%) sehingga nilai koefisien korelasinya ( $r$ ) yaitu 0,726 yang menandakan korelasi kuat. Selanjutnya, pada air limbah 75% menunjukkan adanya korelasi kuat dengan koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,621 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,386 (38,6%). Kemudian, pada air limbah 100% memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,675 (67,5%) dengan koefisien korelasi ( $r$ ) 0,83 yang menunjukkan bahwa tingkat korelasi yang terjadi adalah sangat kuat.

Tumimomor dkk. (2020) menyebutkan bahwa banyaknya ion dalam suatu larutan dipengaruhi oleh padatan terlarut yang terkandung di dalamnya. Semakin meningkat jumlah padatan terlarut dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga semakin meningkat, sehingga nilai daya hantar listrik (DHL) juga semakin mengalami peningkatan. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa ada hubungan antara jumlah padatan terlarut (TDS) dengan nilai daya hantar listrik (DHL).

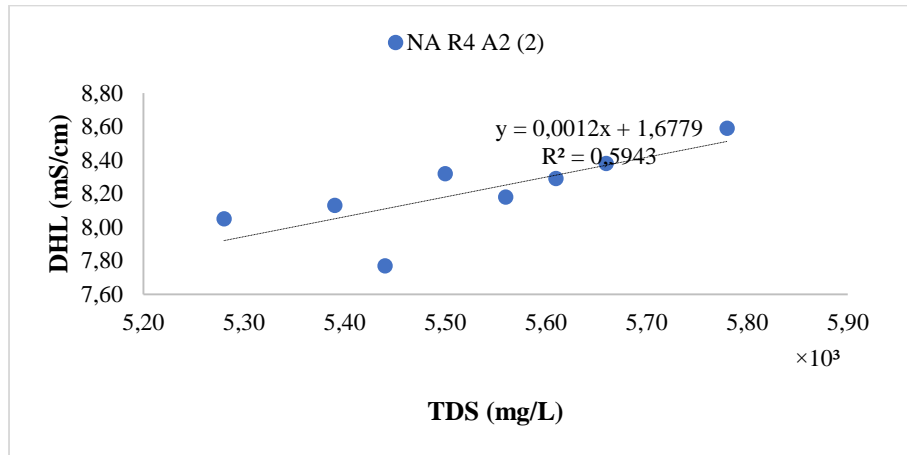
#### 4.3.4 Batch 3 (Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2))



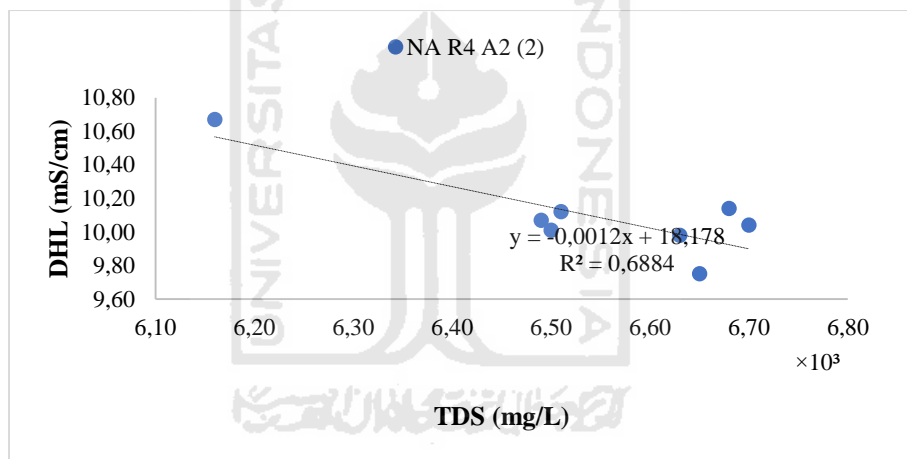
**Gambar 4.29** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)



**Gambar 4.30** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)



**Gambar 4.31** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)



**Gambar 4.32** Grafik Hubungan TDS dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)

Effendi (2003) menyatakan bahwa TDS dapat berasal dari bahan anorganik yang berupa ion-ion atau garam yang terkandung dalam air dimana ion atau garam tersebut akan sangat berpengaruh terhadap kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Berdasarkan pernyataan tersebut, seharusnya konsentrasi TDS dan nilai DHL pada air limbah akan menunjukkan hubungan yang kuat dan linier. Namun, hal tersebut tidak sepenuhnya sesuai dengan penelitian ini. Hubungan antara konsentrasi TDS dan nilai DHL pada pengolahan air limbah tenun dengan bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub>(2) dapat dilihat pada Gambar 4.29 sampai Gambar 4.32.

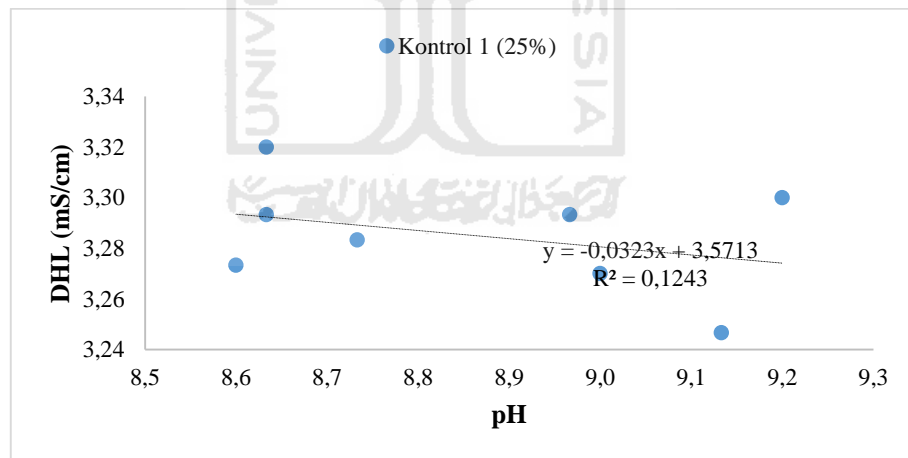
Pada penelitian ini, terjadi korelasi positif antara konsentrasi TDS dan nilai DHL dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,505 (50,5%) sehingga diperoleh koefisien korelasi atau nilai  $r$  sebesar 0,711 pada air limbah 50% dan

koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,594 (59,4%) sehingga koefisien korelasi atau nilai  $r$  yang diperoleh yaitu 0,771 pada air limbah 75%. Kedua koefisien korelasi tersebut menunjukkan tingkat korelasi kuat. Sedangkan, tingkat korelasi konsentrasi TDS dengan nilai DHL pada air limbah 25% dan 100% adalah sangat rendah dan sangat kuat. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada keduanya yaitu sebesar 0,0013 (0,13%) dan 0,688 (68,8%). Sedangkan, koefisien korelasi atau nilai  $r$  pada keduanya sebesar 0,036 dan 0,83. Kedua korelasi tersebut bersifat negatif dimana ketika konsentrasi TDS meningkat atau menurun, maka nilai DHL akan menurun atau meningkat.

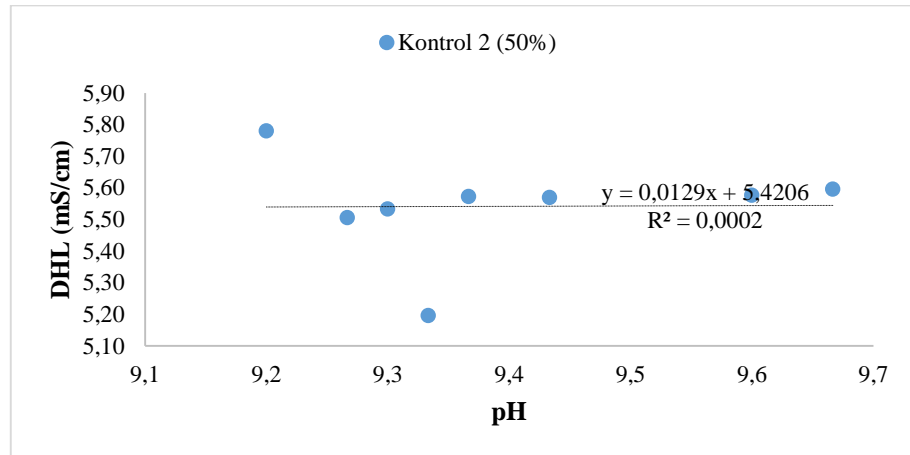
Hubungan antara konsentrasi TDS dan nilai DHL tidak selalu positif terutama pada air limbah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rusydi (2018). Pada penelitiannya, konsentrasi TDS dan nilai DHL tidak memiliki hubungan yang bersifat positif karena air limbah mengandung banyak kontaminan atau material yang dapat memengaruhi sifat fisik air limbah. Menurutnya, hubungan terkuat antara konsentrasi TDS dengan nilai DHL terdapat dalam air tawar.

#### 4.4 Hubungan antara pH dan DHL

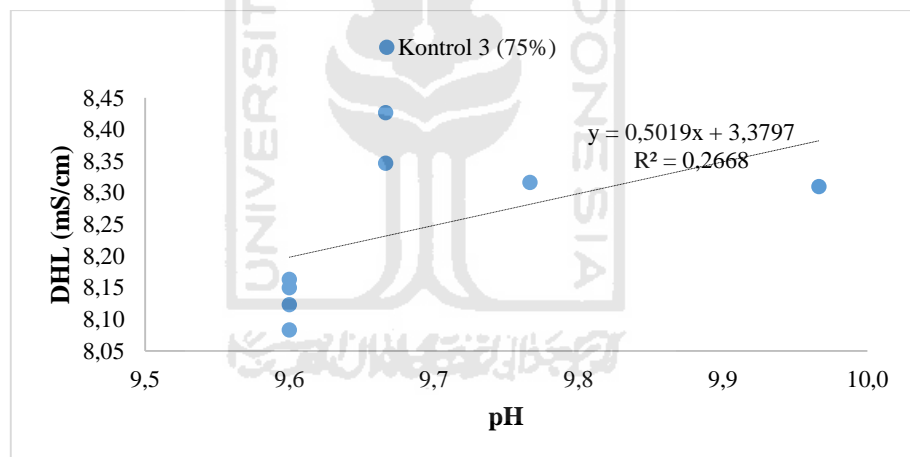
##### 4.4.1 Kontrol



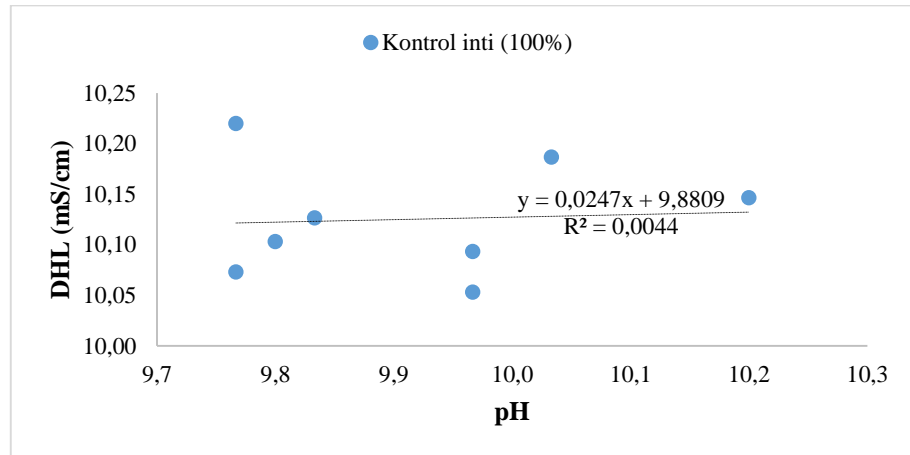
**Gambar 4.33** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% Tanpa Bakteri



**Gambar 4.34** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% Tanpa Bakteri



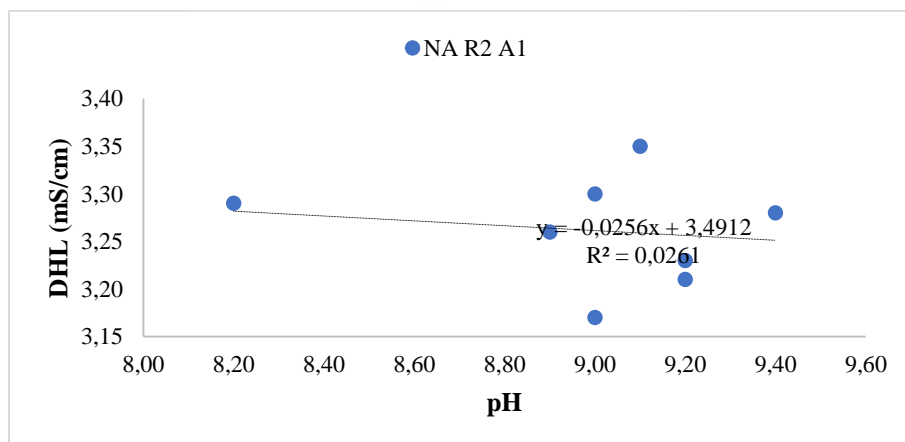
**Gambar 4.35** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% Tanpa Bakteri



**Gambar 4.36** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% Tanpa Bakteri

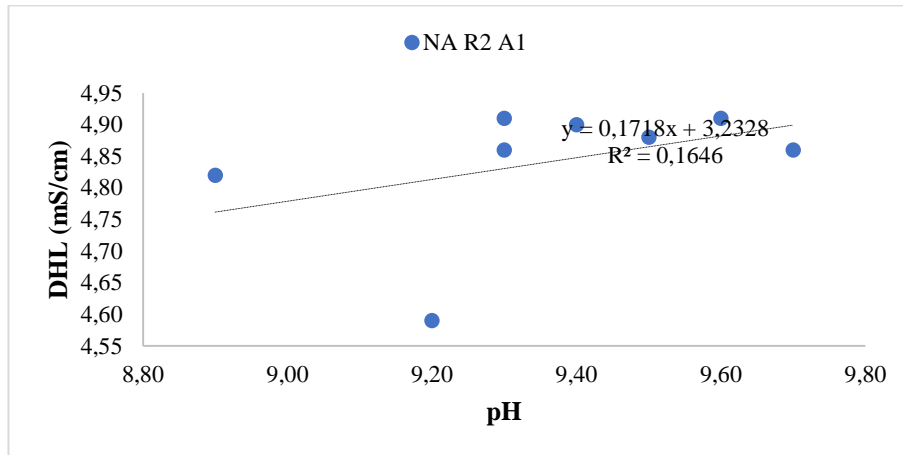
Seperti yang telah disebutkan pada pembahasan hubungan konsentrasi TDS dengan nilai DHL sebelumnya, reaktor kontrol merupakan reaktor yang berfungsi sebagai tolak ukur perubahan yang terjadi pada reaktor yang berisi bakteri. Hubungan antara nilai pH dan DHL pada reaktor kontrol diperlukan agar aktivitas bakteri dalam reaktor berisi bakteri dapat teramati. Berdasarkan grafik diatas, nilai  $R^2$  pada masing-masing reaktor kontrol baik pada air limbah konsentrasi 25%, 50%, 75%, 100% secara urut yaitu sebesar 0,124 (12,4%); 0,0002 (0,02%); 0,267 (26,7%); 0,004 (0,4%). Tingkat hubungan yang terjadi pada masing-masing reaktor secara urut adalah rendah, sangat rendah, sedang, dan sangat rendah.

#### 4.4.2 Batch 1 (Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>)

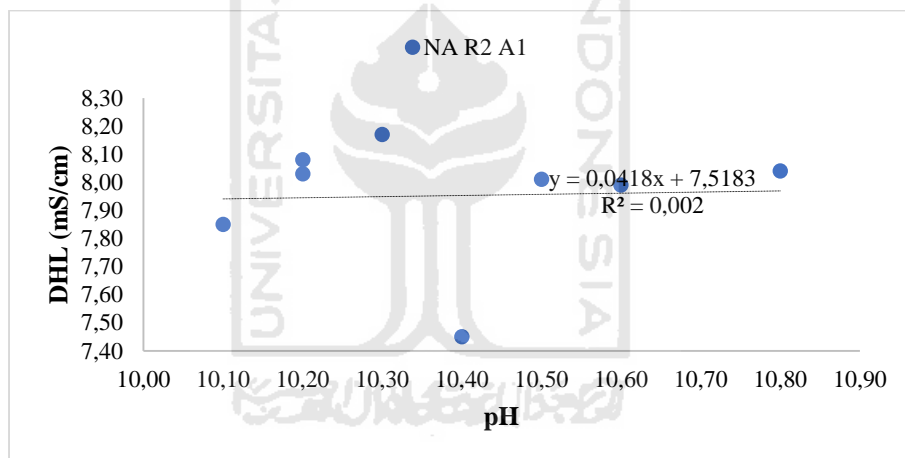


**Gambar 4.37** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>

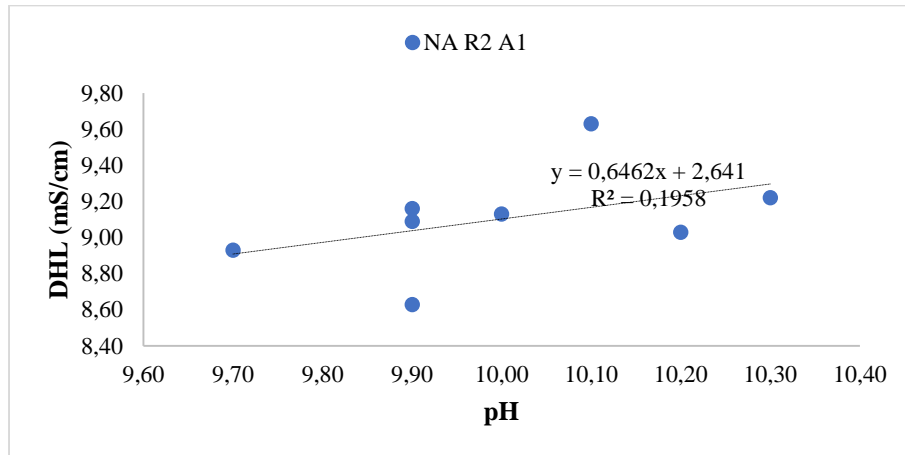




**Gambar 4.38** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>



**Gambar 4.39** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>

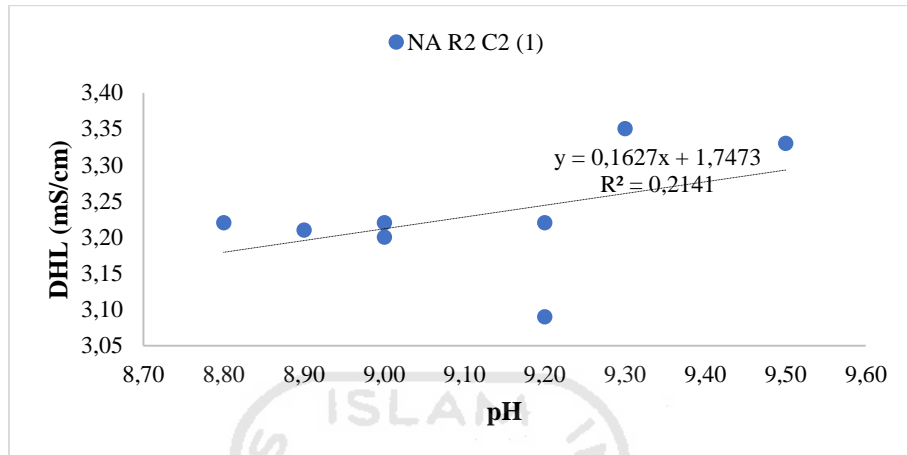


**Gambar 4.40** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub>

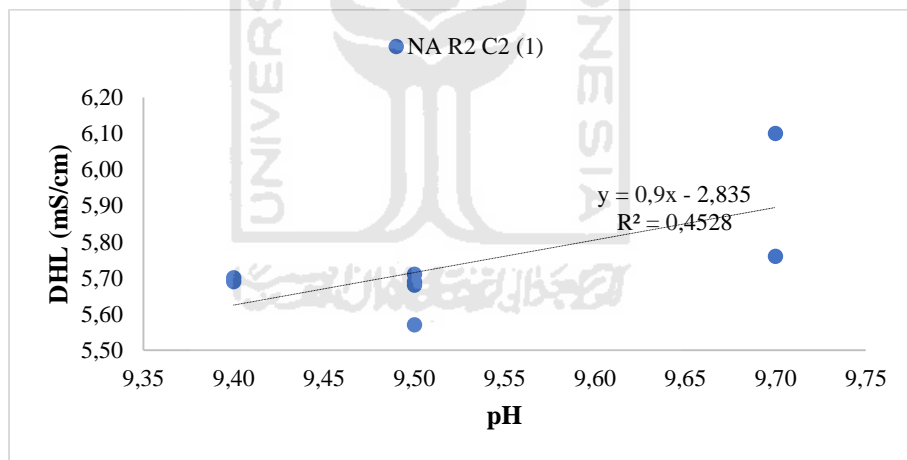
Hubungan antara DHL dengan pH pada pengolahan air limbah tenun dapat dilihat pada Gambar 4.37 sampai Gambar 4.40. Pada masing-masing gambar tersebut dapat terlihat koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara nilai pH dan DHL pada air limbah 25%, 50%, 75%, 100% secara urut sebesar 0,026 (2,6%); 0,165 (16,5%); 0,002 (0,2%); 0,196 (19,6%) sehingga diperoleh nilai r atau koefisien korelasi sebesar 0,162; 0,406; 0,045; 0,443. Korelasi nilai pH dan DHL pada keempat air limbah tersebut menunjukkan tingkat korelasi yang sangat rendah pada air limbah konsentrasi 25% dan 75% serta sedang pada kedua air limbah lainnya. Pada air limbah 50%, 75%, dan 100% memiliki korelasi positif. Namun, air limbah 25% memiliki korelasi negatif yang menandakan bahwa ketika nilai pH mengalami peningkatan maka nilai DHL akan menurun. Begitu pula sebaliknya, ketika nilai pH mengalami penurunan, nilai DHL justru meningkat.

Hal tersebut sama seperti yang terjadi pada penelitian Astuti (2014). Hubungan nilai pH dan DHL pada penelitiannya menunjukkan bahwa semakin rendah nilai pH maka nilai DHL akan semakin tinggi. Hal serupa juga dialami oleh Purnomo (2010) yang menyebutkan bahwa penurunan nilai pH akan menyebabkan nilai DHL pada air mengalami peningkatan dan begitu pula sebaliknya. Pada konduktor elektrolit, elektron akan mengalir dengan dibawa oleh ion-ion, sedangkan ion dapat dihasilkan dari asam, basa, dan garam. Asam terdiri dari dua jenis yaitu asam kuat dan asam lemah. Pada asam kuat mampu menghasilkan banyak ion sedangkan asam lemah hanya menghasilkan sedikit ion dimana semakin asam air maka nilai pH air akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya semakin lemah tingkat keasaman air maka nilai pH air akan semakin besar. Oleh karena itu, apabila air memiliki nilai keasaman yang tinggi maka akan semakin banyak ion yang dihasilkan sehingga menyebabkan konduktivitas meningkat.

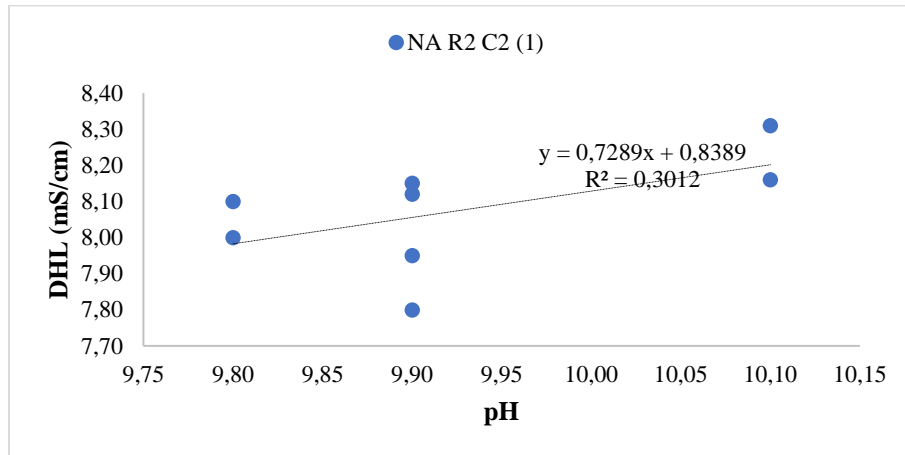
#### 4.4.3 Batch 2 (Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1))



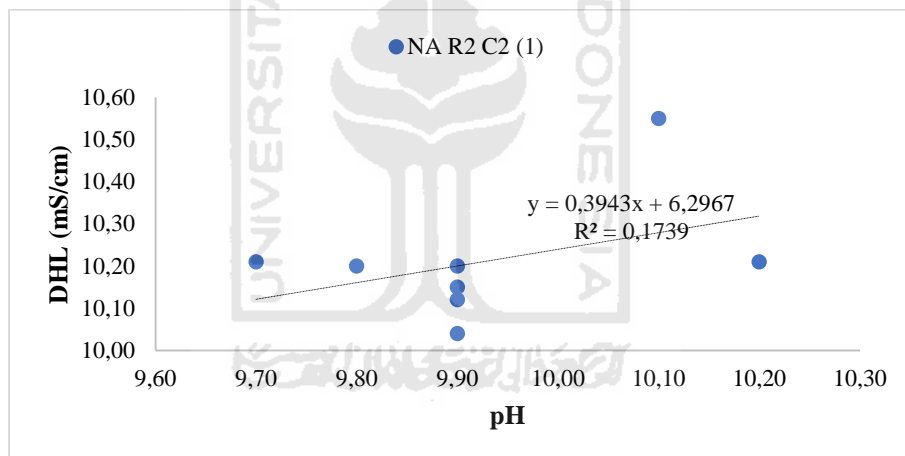
**Gambar 4.41** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)



**Gambar 4.42** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)



**Gambar 4.43** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)



**Gambar 4.44** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)

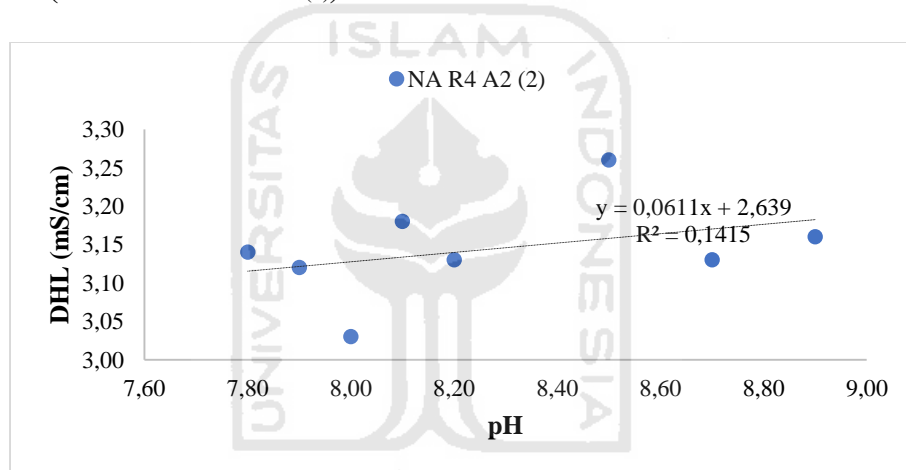
pH dan konduktivitas (DHL) merupakan parameter yang berperan penting dalam penyerapan logam berat pada air limbah oleh tanaman (Siddique *et al.*, 2014). Oleh karena itu perlu diketahui hubungan antara kedua parameter tersebut yaitu pH dan DHL. Gambar 4.41 sampai Gambar 4.44 merupakan gambar yang menunjukkan grafik hubungan antara nilai pH dengan DHL pada pengolahan air limbah tenun dengan bakteri NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub>(1).

Pada masing-masing gambar tersebut dapat dilihat bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada air limbah 25% sebesar 0,214 (21,4%) dengan nilai r atau koefisien korelasi 0,463. Lalu, pada air limbah 50% memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,453 (45,3%) dengan nilai r atau koefisien korelasi 0,673.

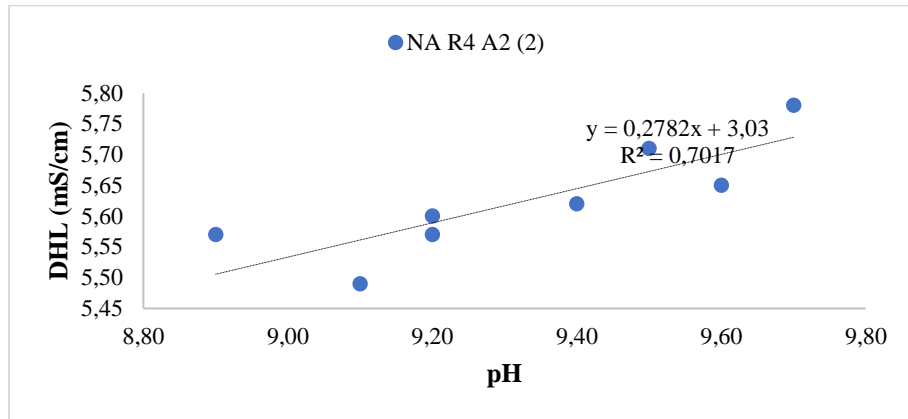
Selanjutnya, air limbah 75% memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,301 (30,1%) dengan nilai r atau koefisien korelasi 0,549. Selanjutnya, pada air limbah 100% memiliki koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,174 (17,4%) dengan nilai r atau koefisien korelasi 0,417. Keempat koefisien korelasi tersebut menunjukkan tingkat korelasi nilai pH dan DHL pada air limbah 25%, 50%, 75%, dan 100% secara urut yaitu sedang, kuat, sedang, dan sedang.

Berdasarkan hasil tersebut, maka ketika nilai pH pada air limbah mengalami peningkatan, nilai DHL akan meningkat pula. Sebaliknya, ada saatnya ketika nilai pH menurun maka nilai DHL akan ikut menurun. Kejadian tersebut sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Ratnayake, *et al.* (2017) dimana nilai pH dan DHL menghasilkan korelasi positif.

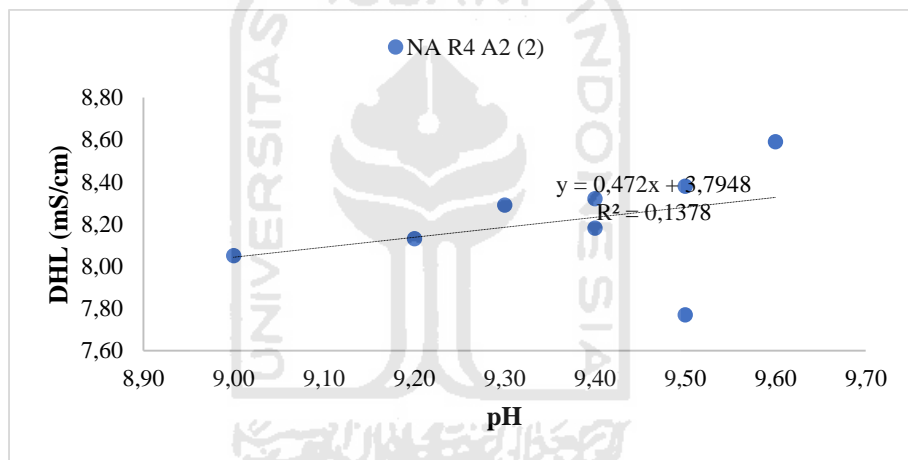
#### 4.4.4 Batch 3 (Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2))



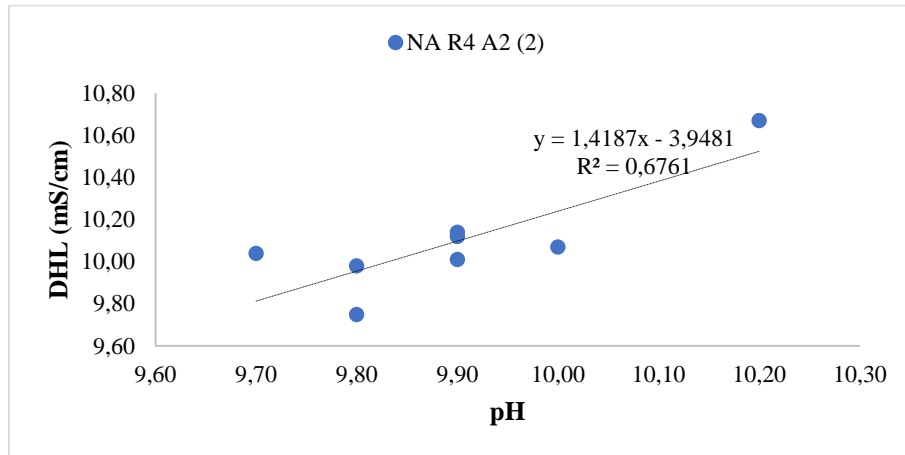
**Gambar 4.45** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 25% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)



**Gambar 4.46** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 50% dengan Bakteri NA R4 A2 (2)



**Gambar 4.47** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 75% dengan Bakteri NA R4 A2 (2)



**Gambar 4.48** Grafik Hubungan pH dengan DHL pada Pengolahan Air Limbah Konsentrasi 100% dengan Bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)

Gambar 4.45 sampai Gambar 4.48 diatas merupakan gambar yang menunjukkan hubungan antara nilai pH dengan DHL. Pada masing-masing gambar dapat dilihat bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada air limbah 25%, 50%, 75%, dan 100% secara berurutan yaitu sebesar 0,142 (14,2%); 0,702 (70,2%); 0,138 (13,8%); dan 0,676 (67,6%) sehingga diperoleh nilai r atau koefisien korelasi sebesar 0,376; 0,838; 0,371; dan 0,822. Pada air limbah 25% dan 75% menunjukkan tingkat korelasi rendah, sedangkan pada air limbah 50% dan 100% menunjukkan tingkat korelasi yang sangat kuat. Korelasi nilai pH dan DHL pada keempat air limbah tersebut bersifat positif. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dhore *et al.* (2017). Korelasi yang positif menandakan bahwa ketika nilai pH mengalami peningkatan, maka nilai DHL akan meningkat pula. Sebaliknya, ketika nilai pH menurun, maka nilai DHL mengalami penurunan pula.

Berdasarkan hasil hubungan antara nilai pH dan DHL yang ditunjukkan dengan grafik pada masing-masing reaktor baik berisi bakteri maupun kontrol, dapat dikatakan bahwa pada air limbah konsentrasi 25% yang memiliki tingkat kepekatan rendah, korelasi yang terjadi cenderung bersifat negatif. Pada air limbah dengan konsentrasi rendah, ketika nilai pH mengalami penurunan atau peningkatan maka nilai DHL akan meningkat atau menurun. Senyawa organik yang tersedia pada air limbah dengan konsentrasi rendah tidak cukup banyak, selain itu ketersediaan oksigen yang dibutuhkan bakteri dalam proses biodegradasi cenderung lebih banyak. Seperti yang dikemukakan oleh Yuliani (2019) bahwa bakteri membutuhkan oksigen yang cukup dalam menguraikan senyawa organik dalam air limbah. Oleh karena itu, pada air limbah dengan konsentrasi rendah, penurunan nilai pH akan mudah berpengaruh terhadap peningkatan nilai DHL. Hal tersebut berbeda pada air limbah dengan konsentrasi tinggi, dimana perubahan nilai DHL tidak selalu dapat dikaitkan dengan perubahan nilai pH karena pada air limbah dengan kepekatan tinggi dipengaruhi oleh alkalinitas yang cukup besar.

#### 4.5 Pengaruh Variasi Beban Limbah terhadap Kinerja Bakteri

Adanya variasi beban limbah memberikan pengaruh terhadap aktivitas bakteri endofit pada masing-masing pengolahan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai  $R^2$  pada masing-masing pengolahan sesuai yang terdapat pada tabel 4.3 di bawah ini.

**Tabel 4.3** Nilai  $R^2$  pada Pengolahan Air Limbah dengan Bakteri Endofit

Bakteri	Nilai $R^2$ *			
	Konsentrasi Air Limbah			
	25%	50%	75%	100%
<b>Kontrol</b>	0,124	0,0002	0,267	0,004
<b>NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub></b>	0,026	0,165	0,002	0,196
<b>NA R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> (1)</b>	0,214	0,453	0,301	0,174
<b>NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub> (2)</b>	0,142	0,702	0,138	0,676

\* Nilai  $R^2$  adalah koefisien determinasi

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa aktivitas masing-masing bakteri akan berbeda pada konsentrasi air limbah 25%, 50%, 75%, dan 100% sehingga menghasilkan nilai  $R^2$  yang fluktuatif. Selain itu, pada konsentrasi 50% nilai  $R^2$  pada setiap bakteri mengalami peningkatan. Retnosari dan Shovitri (2013) mengatakan bahwa bakteri berperan dalam mengurangi atau menghilangkan pengaruh volume, konsentrasi, dan toksisitas air limbah dengan mengkonsumsi bahan pencemar yang berupa zat organik. Karakteristik bakteri sangat beragam dan dapat bertahan hidup pada lingkungan air limbah (Metcalf *and* Eddy, 2003).

Nilai  $R^2$  pada reaktor kontrol cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan setiap reaktor yang berisi bakteri. Hal ini dapat diindikasikan bahwa kemungkinan reaktor kontrol mengalami kontaminasi bakteri lain adalah kecil. Pada penelitian ini, nilai  $R^2$  tertinggi reaktor berisi bakteri terdapat pada konsentrasi 50% dengan bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub>(2) yaitu sebesar 0,702 atau 70,2%. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 50% aktivitas bakteri tersebut cukup baik dalam mendegradasi bahan pencemar. Menurut Effendi (2003), secara umum bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral. Oleh karena itu, proses degradasi bahan organik akan berlangsung lebih cepat pada pH netral. Pada air limbah konsentrasi 50%, pH yang ada lebih mendekati kondisi netral, selain itu bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2</sub>(2) cenderung menyukai kondisi asam (lebih mendekati kondisi pH netral) dibandingkan bakteri lainnya sehingga proses biodegradasi berlangsung lebih cepat.

Selain itu, air limbah konsentrasi 50% mendapatkan kandungan oksigen yang cukup melalui pengenceran. Warlina (2004) mengatakan bahwa bakteri



membutuhkan oksigen dan air untuk proses oksidasi sel, sintesis sel berguna dalam mempercepat proses biodegradasi. Pada konsentrasi 50%, air limbah memiliki kondisi yang tidak terlalu pekat sehingga proses oksidasi terjadi lebih cepat. Tingginya nilai  $R^2$  tidak selalu mengindikasikan kondisi degradasi yang baik karena terdapat faktor lain yang mempengaruhi proses biodegradasi, misalnya aktivitas enzim dan konsentrasi awal substrat (Pirbazari *et al.*, 1996).

Nilai  $R^2$  terendah pada reaktor berisi bakteri terdapat pada air limbah konsentrasi 75% dengan bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub> yaitu sebesar 0,002 atau 0,2%. Bakteri NA R<sub>2</sub> A<sub>1</sub> memiliki kecenderungan menyukai kondisi basa yang cukup jauh dari kondisi pH netral sehingga proses biodegradasi berjalan lebih lambat. Selain itu, pada air limbah dengan konsentrasi pekat minim adanya oksigen terlarut. Aktivitas bakteri yang berlangsung secara terus menerus pada air limbah tersebut akan menyebabkan kadar oksigen yang minim tadi menjadi berkurang hingga mencapai kadar paling rendah sehingga proses biodegradasi mengalami penurunan (Romayanto *et al.*, 2006).

Beberapa kondisi diatas memiliki keterkaitan dengan proses removal zat warna dengan menggunakan bakteri. Konsentrasi air limbah yang tinggi akan membuat kinerja bakteri menurun dalam mendegradasi zat warna. Pada air limbah konsentrasi tinggi, bakteri akan berkompetisi dalam mengkonsumsi nutrisi yang ada (Jost *et al.*, 1973). Seiring berjalannya waktu, sifat kompetitif tersebut akan meniadakan ketersediaan nutrisi sehingga menimbulkan timbunan racun yang dihasilkan dari proses metabolisme bakteri. Timbunan racun tersebut akan menghambat aktivitas enzim pada bakteri bahkan dapat menghilangkan aktivitas enzim tersebut (Purwoko, 2007). Kondisi tersebut lambat laun akan menyebabkan kematian bakteri. Rahayu (2017) juga menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi air limbah mempengaruhi proses metabolisme bakteri sehingga beberapa bakteri ada yang tidak mampu bertahan hidup.

#### **4.6 Bakteri Dominan terhadap Perubahan Parameter Fisika**

Berdasarkan tren grafik perubahan parameter fisika pada pengolahan air limbah tenun dan aktivitas bakteri yang dinyatakan dengan nilai  $R^2$ , masing-masing bakteri memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam memberikan pengaruh terhadap parameter fisika pada air limbah tenun. Dari aktivitas ketiga bakteri yang ada, bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> merupakan bakteri yang paling mampu dalam memberikan pengaruh terhadap pengurangan nilai atau konsentrasi parameter fisika seperti pH, DHL, dan TDS. Nilai  $R^2$  bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> pada air limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% secara berurutan yaitu 0,142 (14,2%), 0,702 (70,2%), 0,138 (13,8%), dan 0,676 (67,6%). Aktivitas paling baik dari bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> berada pada pengolahan air limbah konsentrasi 50% yang ditunjukkan dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,702 (70,2%). Pada penelitian yang sama, bakteri NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> juga

memiliki kemampuan dalam mereduksi zat warna dan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah tenun.

Bakteri endofit akan bekerja lebih baik dalam pengolahan air limbah jika dikombinasikan dengan tanaman. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Apriadi (2008). Pada penelitiannya, kombinasi *Lemna-Bacillus* mampu menurunkan kandungan bahan organik dari air limbah serta menurunkan nilai kekeruhan dan meningkatkan nilai DO. Selain itu, kombinasi antara bakteri endofit dengan tanaman *Vetiveria zizanoides* pada penelitian Sa'adah (2020) juga memiliki kemampuan yang baik dalam menurunkan kandungan zat warna, COD, dan TSS pada air limbah dengan efisiensi removal masing-masing parameter tersebut sebesar 65%, 94%, dan 78%.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, hal-hal yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Penambahan bakteri endofit pada air limbah tenun Troso tidak memberikan banyak perubahan pada kondisi parameter fisika suhu, DHL, dan TDS. Tren pengolahan pada ketiga parameter tersebut cenderung konstan atau datar. Parameter fisika yang mengalami penurunan adalah pH. Namun penurunan tersebut tidak terlalu signifikan sehingga tidak banyak memberikan perubahan.
2. Konsentrasi TDS dan nilai DHL memiliki hubungan dengan tingkatan yang kuat/sangat kuat dan bersifat positif. Sedangkan, nilai pH dan DHL memiliki hubungan dengan tingkatan sedang.
3. Bakteri endofit yang efektif digunakan pada proses biodegradasi air limbah tenun Troso adalah bakteri dengan kode NA R<sub>4</sub> A<sub>2(2)</sub> yang berasal dari akar tanaman *Alternanthera philoxeroides*.

#### 5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkombinasikan bakteri endofit dengan tanaman agar diperoleh hasil biodegradasi air limbah yang lebih baik.
2. Pada penelitian sejenis, perlu dilakukan pengukuran *Total Plate Count* (TPC) untuk mengetahui pertumbuhan bakteri pada air limbah.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Health Association (APHA). 1976. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Public. 4th edition. American Public Health.*
- Aniyikaiye, T.E., Oluseyi, T., Odiyo, J.O., and Edokpayi, J.N. 2019. *Physico-Chemical Analysis of Wastewater Discharge from Selected Paint Industries in Lagos, Nigeria. International Journal of Environmental Research and Public Health. Page 1-17.*
- Apriadi, T. 2006. *Kombinasi Bakteri dan Tumbuhan Air sebagai Bioremediator dalam Mereduksi Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin. Skripsi. Bogor: Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.*
- Astuti, A.D. 2014. *Kualitas Air Irigasi Ditinjau dari Parameter DHL, TDS, pH pada Lahan Sawah Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyoso. Jurnal Litbang Vol. X, No. 1 Juni 2014: 35-42.*
- Badu, R.R. 2018. *Performance of Floating Treatment Wetland Using Vetiveria Zizanioides Combined with Bacteria to Treat High Density of Oil Waste from PT. KAI Yogyakarta. Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.*
- Bayoumi, M. N., Al-Wasify, R. S. and Hamed, S. R. 2014. *Bioremediation of Textile Wastewater Dyes Using Local Bacterial Isolates. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 3: 962-970.*
- Boyd, C. E. 1998. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Fourth Printing. USA: Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama. 359 p.*
- BPS. 2019. *Kabupaten Jepara dalam Angka 2018. Jepara: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jepara.*
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments, and Water in Environment Monitoring. Cambridge: Unesco*
- Chotimah, S.N. 2010. *Pembuatan Biogas dari Limbah Makanan dengan Variasi dan Suhu Substrat dalam Biodigester Anaerob. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.*

- Das, Rajib, Nihan Ranjan Samal, Pankaj Kumar Roy, dan Debojyoti Mitra. 2006. "Role of Electrical Conductivity as an Indicator of Pollution in Shallow Lakes." *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 3 (1): 143-146
- Dhore, A., Ishaan S., & Angelina C. 2017. *Paper: Is There a Correlation between pH and Conductivity?*
- Dias, M.O.S., Maciel and Rossell, C.E.V. 2007. *Eficient Colling of Fermentationin Ethanol Production*. Journal vol (70) hal: 11.
- Dobereiner, J. and J. M. Day. 1974. *Associative Symbioses in Tropical Grasses: Characterization of Microorganisms and Dinitrogen Fixation Sites. Proceedings of the International Symposium on N<sub>2</sub>-fixation; Interdisciplinary Discussions, Washington State University*. Pullman. In press.
- Dobereiner, J., J. M. Day, and P. J. Dart. 1972. *Nitrogenase Activity and Oxygen Sensitivity of the Paspalum notatum-Azotobacter paspali Association*. J. Gen. Microbiol. 71: 103-116.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air – Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: PT Kanisius.
- Fajri, M.A., Agustien, A., dan Periadnadi. 2015. *Isolasi, Karakterisasi dan Potensi Bakteri Endofitik dari Tanaman Zodia (Evodia suaveolens Scheff) sebagai Penghasil Antibiotika*. Padang: Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
- Fatimah, F. 2006. *Pengaruh pengolahan limbah tekstil PT. apac inti corpora (aic) terhadap kualitas air sungai bade bawen*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ghozali, Imam. 2012. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F., Kloepper, J.W., 1997. *Bacterial Endophytes in Agricultural Crops*. Can. J. Microbiol.
- Haryati, M. 2012. *Kemampuan Tanaman Genjer (Limnocharis Flava) Menyerap logam berat timbal limbah cair kertas pada biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda*. Jurnal Lentera Bio 1(3): 131-138.

- Hidayat, M.F. 2014. *Penurunan Kandungan Zat Warna Pada Limbah Songket Menggunakan Membran Komposit Berbasis Kitosan-PVA Secara Ultrafiltrasi*. Palembang: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hung, Pham Quang and Annapurna K. 2004. *Isolation and Characterization Of Endophytic Bacteria in Soybean (Glycine Sp.) Omonrice*. Vol.12. Hal 92 -101.
- Husain, D.R., Gonhy, Bezaec. 1997. *Morphological Adaption of Pseudomonas nautica Strain 617 to Growth on Eicosane and Mode of Eicosane Uptake*.
- Ishartanto, W. A. 2009. *Pengaruh Aerasi dan Penambahan Bakteri Bacillus sp. dalam Mereduksi Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik*. Skripsi. Bogor: Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Institut Pertanian Bogor.
- Iswanto, B., Astono, W., & Sunaryati. 2007. *Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Perubahan Senyawa Organik Dan Nitrogen Dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium*. Volume 4 No. 1.
- Jackie, Reynold. 2011. *Bacterial Colony Morphology*. Texas: Richland College.
- Ji, S.H., Gururani, M. A., Chun, Se-Chul. 2014. *Isolation and Characterization of Plant Growth Promoting Endophytic Diazotrophic Bacteria from Korean Rice Cultivars*. *Microbiological Research*, 169, 83-98.
- Jolly, S.N., N. A. Shanta, Z. U. M. Khan. 2010. *Quantification of Heterotrophic Bacteria and Azospirillum from The Rhizosphere of Taro (Colocasia esculenta L. Schott) and The Nitrogen Fixing Potential of isolated Azospirillum*. *International Journal of Botany*. Department of Botany, Jahangirnagar University. Bangladesh.
- Jost, J. L., Drake, J. F., Fredrickson, A. G., & Tsuchiya, H. M. 1973. *Interactions of Tetrahymena pyriformis, Escherichia coli, Azotobacter vinelandii, and Glucose in a Minimal Medium*. *Journal of Bacteriology*, 113 (2), hal 834-840.
- Knob, A & Carmona, E.C. 2008. *Xylanase production by Penicillium sclerotiorum and its characterization*. *World Applied Sciences Journal* 4(2): 277-283.
- Liu, P., S. Xue, R. He, J. Hu, X. Wang, B. Jia, L. Gallipoli, A. Mazzaglia, G. M. Balestra, L. Zhu. 2016. *Pseudomonas syringae pv. Actinidiae Isolated from Non-Kiwifruit Plant Species in China*.
- Mackereth, Heron, dan Talling. 1989. *Water Analysis*. Cumbria. UK: Freshwater Biological Association.

- Mano, H. and Mirosaki, H. 2008. *Endophytic Bacteria in the Rice Plant. Microbes Environ.*, 23, 109-117.
- Manurung, R., R. Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob.* Jurnal pp, hal. 1-19.
- Meilasari, F. dan E. S. Pandabesie. 2013. *Penentuan Sebaran Lindi Berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL).* Surabaya: Program Studi MMT-ITS.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition,* McGraw-Hill, New York.
- Milasari, N. I. dan S. B. Ariyani. 2010. *Pengolahan Limbah Cair Kadar Cod Dan Fenol Tinggi dengan Proses Anaerob Dan Pengaruh Mikronutrient Cu: Kasus Limbah Industri Jamu Tradisional.* Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Moenir, Misbachul. 2010. *Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat.* Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri, 1(2), 115-123.
- Muchtaridi & Justiana, S. 2007. *Kimia 2 untuk SMA/MA Kelas XI.* Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Mukarromah, Rosyida. 2016. *Analisis Sifat Fisis dalam Studi Kualitas Air di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo.* FMIPA. Semarang: UNNES.
- Muljadi. 2005. *Penurunan Kadar BOD Limbah Cair Secara Proses Biologi dengan Tipe Rotating Biological Contractors (RBCs).* Surakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Mustafa, Mardhiyah Nadir, Muh. Irwan, dan Rahma Agung Satria Bekti. 2019. *Penggunaan Metode Fitoremediasi Eceng Gondok Guna Mereduksi Nilai COD, TSS, dan pH pada Pengolahan Air Limbah Sarung Tenun Samarinda.* Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (pp. 44-49).
- Nalini, M. S., Mahesh, B., Tejesvi, M. V., Prakash, H. S., Subbaiah, V., Kini, K. R., and Shetty, H. S. 2005. *Fungal endophytes from the three-leaved caper, Crataeva magna (Lour.) DC. (Capparidaceae).* Mycopathologia, 159, 245-249.

- Noviyanti, Femi. 2019. *Sungai Troso Tercemar Limbah Pewarna Tekstil dan Sampah Warga*. Radar Kudus. Retrieved from <https://radarkudus.jawapos.com>
- Nugroho dan Ikbal. 2005. *Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil dengan Proses AOPs*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Oktaviansyah, A.R. 2018. *Studi Pemodelan Constructed Wetland Menggunakan Vegetasi Sagittaria Montevidensis dengan Kombinasi Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Polutan pada Air Limbah Deterjen*. Malang: Universitas Mulawarman.
- Oram, Brian. 2010. *Total Dissolved Solids*. <http://www.water-eseach.net /total dissolved solids.htm>, diakses tanggal 29 April 2020.
- Paramita, P., Shovitri, M. dan N. D. Kuswytasari. 2012. *Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganism Alami Tangki Septik*. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 1(1): 23.
- Pelczar, Michael J., dan Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI-Press. 190-191
- Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2019 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pirbazari, M., Varadarajan, R., Badri, N., dan Kim, S.H. 1996. "Hybrid Membrane-Filtration Process for Leachate Treatment". *Water Resource*. Vol 11. 2691–2706.
- Prasetya, Yoga Kharisma. 2019 Unjuk Kerja Reaktor *Continuous Wetland* Menggunakan Tanaman *Vetiveria Zizanoides* dan Bakteri terhadap Konsentrasi TPC dari Limbah Minyak Industri X Yogyakarta. Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Purnomo, H. 2010. *Pengaruh Keasaman Buah Jeruk terhadap Konduktivitas Listrik*. *Jurnal Orbith* 6(2): 276-281.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara.



- Rahayu, N.M. 2017. *Uji Kemampuan Bakteri Azotobacter dalam Proses Penyisihan Logam Kromium pada Tanah Tercemar Kromium*. Skripsi. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rao, C.S. 1992. *Environmental Pollution Control Engineering*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Ratnawati, Emmy. 2011. *Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu pada Proses Ozonasi terhadap Penurunan Warna, COD, dan BOD Air Limbah Industri Tekstil*. Jakarta: Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian.
- Ratnayake, A.S., N. Dushyantha, N. De Silva, H.P. Somasiri, N.N. Jayasekara, S.M. Weththasinghe, G.V.I. Samaradivakara, A.V.P. Vijitha, & N.P. Ratnayake. 2017. *Sediment and Physicochemical Characteristics in Madu-Ganga Estuary, Southwest Srilanka*. *Journal of Geological Society of Sri Lanka* Vol. 18-Issue 2, 43-52.
- Retnosari dan Shovitri. 2013. *Kemampuan Isolat Bacillus sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik*. Surabaya: Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Romayanto, M.E.W., Wiryanto, & Sajidan. 2006. *Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri Pseudomonas putida*. *Jurnal Bioteknologi* 3 (2): 42-49.
- Rusydi, Anna F. 2018. *Correlation between Conductivity and Total Dissolved Solid in Various Type of Water: A Review*. Bandung: Research Center for Geotechnology, LIPI.
- Sa'adah, N. N. 2020. *Pengolahan Limbah Cair Tenun dengan Sistem Floating Treatment Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit*. Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Sari, Nasmi Herlina. 2018. *Material Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sary. 2006. *Bahan Kuliah Manajemen Kualitas Air*. Cianjur: Politehnik vedca.

- Sasongko, L.A. (2006). *Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya (Studi Kasus Kelurahan Sampangan Dan Bendan Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang)* Tesis Magister pada Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Septia, E.D. dan Parlindo, F. 2019. *Keanekaragaman dan Sebaran Mikroba Endofit Indigenous pada Tanaman Kedelai (Glycine max (L.) Merril)*. *Journal of Applied Agricultural Sciences*. Vol. 3, No.1, Hal. 2.
- Setiari, N.M., Mahendra M.S., Suyasa W.B. 2012. *Identifikasi Sumber Pencemar dan Analisis Kualitas Air Tukad Sungai di Kabupaten Tabanan dengan Metode Indeks Pencemaran*. *Jurnal Ecotrophic*, Vol. 7(1): 40-46
- Setiawan, Wikha. 2019. *Pencemaran yang terjadi di sungai Desa Troso telah melebihi baku mutu yang ditetapkan*. *Detik News*. Retrieved from <https://news.detik.com>
- Shah, M. P., Patel, K. A., Nair, S. S. and Darji, A. M. 2013. *Isolation, Identification and Screening of Dye Decolorizing Bacteria*. *American Journal of Microbiological Research* 1: 62-70.
- Siddique, K., Shafaqat Ali, Mujahid Farid, Samia Sajid, Afifa Aslam, Rehan Ahmad, Lubna Taj, dan Muhammad Mudassir Nazir. 2014. *Different Heavy Metal Concentrations in Plants and Soil Irrigated with Industrial/Sewage Waste Water*. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis Vol* 2(3): 151-157.
- Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*. Medan: FMIPA-UNIMED.
- Stuart, G.W., and Laraia, M.T. 2005. *Principles and Practice of Psychiatry Nursing 7 Edition St. Louis*. Missouri: Mosby Year Book.
- Subana, M dan Sudrajat. 2005. *Dasar-Dasar Penelitian Ilmiah*. Bandung: Pustaka Setia.
- Sugiyono. 2012. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabetha.
- Sumarsono, T. 2011. *Biodegradasi Campuran Benzen, Toluene, dan Xilen (Btx) dalam Adsorben Clay oleh Konsorsium Mikroba dengan Penambahan Biosurfaktan Pseudomonas Putida T1(8)*. Surabaya: Departemen Biologi. Universitas Airlangga.

- Suriani, S., Soemarno, dan Suharjo. 2013. *Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus Pseudomonas yang diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di sekitar Kampus Universitas Brawijaya*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Susana, T. 2009. *Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane*. JTL Vol. 5 No. 2.
- Suwono et al. 2014. *Degradasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Penambahan Bakteri Rizosfir Actinomycetes dan Tanaman Typha angustifolia dengan Model Constructed Treatment Wetland (CTW)*. Pekanbaru: Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau.
- Tanaka M, Sukiman H, Takebayashi M, Saito K, Suto M, Prana MS, dan Tomita F., 1999. *Isolation, Screening and Phylogenetic Identification of Endophytes from Plants in Hokaido Japan and Java Indonesia*. *Microbes and Environment*. Vol 14 (4). Hal 237–241.
- Tebbutt, T.H.Y. 1992. *Organic Geochemistry of Natural Waters*. Mrtinus Nijhoff/Dr.W.Junk. Publ, Dordrecht, The Netherlands.
- Tooley, Mike. 2002. *Rangkaian Elektronik, Prinsip dan Aplikasinya*. Jakarta: Erlangga
- Tumimomor, F., S. Palilingan., dan M. Pungus. 2020. *Pengaruh Filtrasi terhadap Nilai pH, TDS, Konduktansi, dan Suhu Air Limbah Laundry*. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Negeri Manado Volume 1, Nomor 1*.
- Vitner, Yon. (1999). *Kandungan Bahan Organik dan Indeks Kualitas Air di Waduk Ir. H. Juanda, Purwakarta, Jawa Barat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Cetakan Keempat. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Warlina, L. 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wignyanto, S., Wijana, N., Hidayat, Sukardi, dan Suharjo. 1997. *Teknik Baru Cara Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Kemampuan Biodegradasi Surfaktan Detergen Alkylbenzene Sulfonate*. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik* 9 (2): 35-45.

- Yuliani, E. 2019. *Fitoremediasi Limbah Pelumas Bekas Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) dengan Variasi Penambahan Pupuk*. Skripsi. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Zahar, W., Said, Y.M., Achnopa, Y., & Wibowo, Y.G. 2019. *Karakteristik Fisika dan Kimia Air Gambut Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi*. Jambi: Universitas Jambi.
- Zille, A., 2005. *Laccase Reaction for Textile Application*. Disertasi. Textile Departement Universidade do Minho.
- Zinniel, D.K., P. Lambrech., N.B. Harris., Z. Feng., D. Kuczmarci., P. Higley., C.A. Ishimaru., A. Arunakumari., R. G. Barletta and A. K. Vidaver. 2002. *Isolation and Characterization of Endophytic Colonizing Bacteri from Agronoric Cropss and Primitive Plants*. Applied and Environmental Microbiology. Vol 68 (5). Hal 2198-2208.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Pengukuran Suhu Air Limbah Tenun *Batch 1***

SUHU (°C)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	27,00	26,30	26,00	26,00	25,90	26,10	26,40	26,10
2	NA R4 A1	27,00	26,30	26,00	26,10	26,00	26,20	26,50	26,50
3	NA R1 B2	27,00	26,30	26,00	26,10	26,00	26,20	26,50	26,30
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	27,00	26,20	26,00	25,90	25,90	26,00	26,30	26,20
2	NA R4 A1	27,00	26,30	26,00	26,00	26,00	26,10	26,40	26,50
3	NA R1 B2	27,00	26,20	26,00	26,10	26,00	26,20	26,40	26,30
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	27,00	26,20	26,00	25,90	25,90	26,00	26,20	26,20
2	NA R4 A1	27,00	26,30	26,00	26,00	26,00	26,10	26,30	26,40
3	NA R1 B2	27,00	26,20	26,00	26,00	26,00	26,10	26,40	26,30
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	27,00	26,20	26,00	26,00	25,90	26,00	26,20	26,20
2	NA R4 A1	27,00	26,20	26,00	26,00	26,00	26,10	26,30	26,40
3	NA R1 B2	27,00	26,2	26	26	26	26,1	26,3	26,3

SUHU (°C)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	27	26	26	26,1	25,9	25,9	26,2	26,5
		Kontrol 2 (50%)	27	26	26	26,1	25,9	25,9	26,2	26,5
		Kontrol 3 (75%)	27	26	26	26,1	25,9	26	26,2	26,5
		Kontrol inti (100%)	27	26	26	26,1	25,9	26	26	26,4

**Lampiran 2. Data Pengukuran Suhu Air Limbah Tenun *Batch 2***

SUHU (°C)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	27,40	26,30	26,50	26,80	27,00	27,10	27,20	26,80
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	27,40	26,20	26,50	26,80	27,00	27,00	27,20	26,80
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	27,40	26,20	26,00	25,90	25,90	26,00	26,20	26,20
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	27,40	26,20	26,00	26,00	25,90	26,00	26,20	26,20

SUHU (°C)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	27,4	26,3	26,7	27,1	27	27,6	27,7	27
		Kontrol 2 (50%)	27,4	26,2	26,7	26,9	27	27,4	27,6	27
		Kontrol 3 (75%)	27,4	26,1	26,6	26,9	27,2	27,2	27,5	26,9
		Kontrol inti (100%)	27,4	26,1	26,6	26,8	27,1	27,1	27,3	26,9

**Lampiran 3. Data Pengukuran Suhu Air Limbah Tenun *Batch 3***

SUHU (°C)										
Konsentrasi 25%										
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	NA R4 A2 (2)	27,60	27,20	27,30	27,20	26,30	26,80	26,70	26,60	
2	NA R2 C2 (2)	27,60	27,10	27,20	27,20	26,20	26,80	26,70	27,00	
Konsentrasi 50%										
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	NA R4 A2 (2)	27,50	27,20	27,20	27,10	26,20	26,80	26,70	26,60	
2	NA R2 C2 (2)	27,50	27,10	27,20	27,10	26,10	26,80	26,60	27,00	
Konsentrasi 75%										
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	NA R4 A2 (2)	27,10	26,70	26,60	27,20	26,20	26,10	26,10	26,30	
2	NA R2 C2 (2)	27,10	26,70	27,00	27,20	26,10	26,20	26,10	26,20	
Konsentrasi 100%										
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	NA R4 A2 (2)	28,50	27,20	27,20	27,10	26,20	26,80	26,70	26,60	
2	NA R2 C2 (2)	28,50	27,10	27,10	27,10	26,20	26,80	26,60	27,00	

SUHU (°C)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	27,6	27,7	27,5	27,5	26,4	26,9	27,2	26,5
		Kontrol 2 (50%)	27,5	27,4	27,5	27,4	26,4	26,8	27,1	26,5
		Kontrol 3 (75%)	27,1	27,1	26,6	27	26,5	26,1	26,3	26,2
		Kontrol inti (100%)	28,5	27,4	27,3	27,3	26,3	26,8	26,9	26,6

#### Lampiran 4. Data Pengukuran pH Air Limbah Tenun *Batch 1*

pH									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	9,20	9,20	9,10	8,90	9,00	9,40	9,00	8,20
2	NA R4 A1	9,20	9,10	9,10	9,10	9,00	9,30	9,00	8,30
3	NA R1 B2	9,20	9,00	9,10	8,90	9,00	9,30	9,00	8,40
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	9,60	9,70	9,50	9,40	9,30	9,30	9,20	8,90
2	NA R4 A1	9,60	9,60	9,50	9,30	9,30	9,40	9,30	9,00
3	NA R1 B2	9,60	9,60	9,50	9,30	9,30	9,40	9,30	8,90
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	10,20	10,80	10,60	10,20	10,50	10,30	10,40	10,10
2	NA R4 A1	10,20	10,00	10,00	9,80	9,80	9,80	9,80	9,60
3	NA R1 B2	10,20	10,10	10,00	9,80	9,90	9,80	9,80	9,70



pH									
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	10,30	10,20	10,10	10,00	9,90	9,90	9,90	9,70
2	NA R4 A1	10,30	10,10	10,00	9,90	9,90	9,80	9,80	9,60
3	NA R1 B2	10,30	10,1	10,1	10	10	9,9	9,9	9,8

pH											
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	9,2	9,2	9,2	9,2	9	8,8	8,8	8,7	
		Kontrol 2 (50%)	9,6	9,5	9,4	9,4	9,3	9,3	9,2	9	
		Kontrol 3 (75%)	10,2	9,9	9,7	9,7	9,5	9,5	9,4	9,4	
		Kontrol inti (100%)	10,3	9,9	9,9	10	9,6	9,6	9,5	9,4	

**Lampiran 5. Data Pengukuran pH Air Limbah Tenun *Batch 2***

pH									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	9,30	9,50	9,20	9,20	9,00	9,00	8,90	8,80
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	9,70	9,70	9,50	9,50	9,40	9,50	9,50	9,40

pH									
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	10,10	10,10	9,90	9,90	9,80	9,80	9,90	9,90
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	10,10	10,20	9,90	9,90	9,90	9,80	9,90	9,70

pH											
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	9,3	9,5	9,3	9,3	9	9	9,1	9	
		Kontrol 2 (50%)	9,7	9,7	9,5	9,5	9,4	9,5	9,7	9,6	
		Kontrol 3 (75%)	10,1	10	9,8	9,9	9,8	9,9	10,1	10	
		Kontrol inti (100%)	10,1	10,1	10	10	9,9	9,9	10	10	

**Lampiran 6. Data Pengukuran pH Air Limbah Tenun *Batch 3***

pH									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	8,90	8,70	8,50	8,20	8,10	7,90	8,00	7,80
2	NA R2 C2 (2)	8,90	8,80	8,70	8,50	8,40	8,10	8,10	8,10

pH									
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	9,70	9,60	9,50	9,40	9,20	9,20	9,10	8,90
2	NA R2 C2 (2)	9,70	9,50	9,50	9,40	9,20	9,10	9,00	8,90
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	9,60	9,50	9,40	9,50	9,40	9,30	9,20	9,00
2	NA R2 C2 (2)	9,60	9,50	9,40	9,50	9,40	9,30	9,30	9,00
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	10,20	10,00	9,90	9,90	9,90	9,80	9,80	9,70
2	NA R2 C2 (2)	10,20	10,10	10,00	10,00	9,90	9,90	9,90	9,80

pH										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	8,9	8,9	8,5	8,4	8,2	8	8	8,2
		Kontrol 2 (50%)	9,7	9,6	9,4	9,2	9,2	9,2	8,9	9
		Kontrol 3 (75%)	9,6	9,4	9,5	9,4	9,5	9,4	9,3	9,4
		Kontrol inti (100%)	10,2	10,1	10	9,9	10	9,9	9,8	9,9

**Lampiran 7. Data Pengukuran DHL Air Limbah Tenun *Batch 1***

<b>DHL (mS/cm)</b>									
<b>Konsentrasi 25%</b>									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	3,23	3,21	3,35	3,26	3,30	3,28	3,17	3,29
2	NA R4 A1	3,23	3,19	3,31	3,28	3,36	3,30	3,14	3,33
3	NA R1 B2	3,23	3,22	3,24	3,23	3,24	3,28	3,23	3,26
<b>Konsentrasi 50%</b>									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	4,91	4,86	4,88	4,90	4,86	4,91	4,59	4,82
2	NA R4 A1	4,91	4,87	4,85	4,90	4,85	4,90	4,63	4,90
3	NA R1 B2	4,91	4,81	4,87	4,91	4,86	4,91	4,73	4,92
<b>Konsentrasi 75%</b>									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	8,03	8,04	7,99	8,08	8,01	8,17	7,45	7,85
2	NA R4 A1	8,03	7,83	7,96	8,05	7,94	8,06	7,47	7,88
3	NA R1 B2	8,03	7,86	7,94	8,05	7,98	8,09	7,67	7,94
<b>Konsentrasi 100%</b>									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	9,22	9,03	9,63	9,13	9,09	9,16	8,63	8,93
2	NA R4 A1	9,22	9,60	9,58	9,73	9,64	9,72	8,90	9,64
3	NA R1 B2	9,22	9,15	9,29	9,43	9,38	9,43	8,99	9,32

DHL (mS/cm)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	3,23	3,35	3,37	3,39	3,38	3,38	3,38	3,35
		Kontrol 2 (50%)	4,91	5,06	5,15	5,07	5,13	5,15	5,1	5,68
		Kontrol 3 (75%)	8,03	8,14	8,2	8,21	8,31	8,47	8,13	7,91
		Kontrol inti (100%)	9,22	9,59	9,53	9,44	9,66	9,69	9,51	9,67

**Lampiran 8. Data Pengukuran DHL Air Limbah Tenun *Batch 2***

DHL (mS/cm)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	3,35	3,33	3,09	3,22	3,20	3,22	3,21	3,22
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	6,10	5,76	5,57	5,69	5,69	5,68	5,71	5,70
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	8,31	8,16	7,95	8,15	8,10	8,00	7,80	8,12
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	10,55	10,21	10,12	10,20	10,04	10,20	10,15	10,21

DHL (mS/cm)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	3,35	3,33	3,19	3,24	3,28	3,27	3,23	3,32
		Kontrol 2 (50%)	6,1	5,8	5,7	5,8	5,72	4,72	5,62	5,85
		Kontrol 3 (75%)	8,31	8,4	8,14	8,3	8,29	7,67	8,25	8,41
		Kontrol inti (100%)	10,55	10,55	10,35	10,47	10,4	10,51	10,37	10,53

**Lampiran 9. Data Pengukuran DHL Air Limbah Tenun *Batch 3***

DHL (mS/cm)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	3,16	3,13	3,26	3,13	3,18	3,12	3,03	3,14
2	NA R2 C2 (2)	3,16	3,02	3,14	3,33	3,28	3,33	3,14	3,32
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	5,78	5,65	5,71	5,62	5,57	5,60	5,49	5,57
2	NA R2 C2 (2)	5,78	5,41	5,63	5,56	5,61	5,53	5,61	5,56
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	8,59	7,77	8,32	8,38	8,18	8,29	8,13	8,05
2	NA R2 C2 (2)	8,59	8,11	8,22	8,45	8,28	8,54	8,25	8,13
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	10,67	10,07	10,14	10,01	10,12	9,98	9,75	10,04
2	NA R2 C2 (2)	10,67	10,08	9,37	9,95	10,00	9,91	10,09	10,04

DHL (mS/cm)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	3,16	3,22	3,25	3,25	3,19	3,17	3,35	3,21
		Kontrol 2 (50%)	5,78	5,87	5,86	5,85	5,75	5,72	5,8	5,81
		Kontrol 3 (75%)	8,59	8,41	8,7	8,77	7,85	8,23	8,11	7,93
		Kontrol inti (100%)	10,67	10,42	10,4	10,25	10,32	10,11	10,34	10,46

#### Lampiran 10. Data Pengukuran TDS Air Limbah Tenun *Batch 1*

TDS (mg/L)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	2180	2200	2150	2160	2260	2190	2000	2140
2	NA R4 A1	2180	2130	2170	2180	2200	2200	2150	2180
3	NA R1 B2	2180	2140	2190	2160	2170	2190	2120	2170
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	3310	3230	3320	3250	3250	3270	3160	3250
2	NA R4 A1	3310	3200	3250	3260	3240	3270	3040	3240
3	NA R1 B2	3310	3220	3260	3260	3210	3290	3060	3010
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	5370	5310	5290	5410	5230	5420	4390	5300
2	NA R4 A1	5370	4940	5330	5380	4710	5350	4930	5250
3	NA R1 B2	5370	5220	5270	5390	5300	5380	5260	5320

TDS (mg/L)									
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 A1	6150	5930	5990	6070	6040	6110	5990	6020
2	NA R4 A1	6150	5990	6390	6470	6420	6500	6210	6450
3	NA R1 B2	6150	6130	6180	6270	6220	6290	5570	6210

TDS (mg/L)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	2180	2270	2260	2260	2230	2250	2250	2250
		Kontrol 2 (50%)	3310	3390	3410	3310	3400	3440	3380	2600
		Kontrol 3 (75%)	5370	5470	5380	5400	5520	5620	5290	5470
		Kontrol inti (100%)	6150	6370	6320	6300	6410	6470	6410	6430

**Lampiran 11. Data Pengukuran TDS Air Limbah Tenun *Batch 2***

TDS (mg/L)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	2220	2130	2040	2190	2140	2130	2000	2170
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	4080	3810	3730	3820	3780	3480	3830	3830
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	5580	5470	5260	5420	5360	5340	5430	5430



TDS (mg/L)									
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R2 C2 (1)	7110	6860	6640	6800	6760	6650	6830	6770

TDS (mg/L)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	2220	2000	2190	2240	2220	2220	2210	2240
		Kontrol 2 (50%)	4080	3800	3840	3900	3820	3940	3850	3930
		Kontrol 3 (75%)	5580	5380	5470	5560	5510	5510	5540	5600
		Kontrol inti (100%)	7110	7030	6850	6960	6810	7050	7010	7040

**Lampiran 12. Data Pengukuran TDS Air Limbah Tenun *Batch 3***

TDS (mg/L)									
Konsentrasi 25%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	2120	2070	2070	2150	2100	2090	2080	2020
2	NA R2 C2 (2)	2120	2080	2180	2080	2090	2080	2130	2070
Konsentrasi 50%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	3880	3680	3730	3710	3720	3710	3700	3720
2	NA R2 C2 (2)	3880	3790	3670	3760	3740	3730	3740	3720

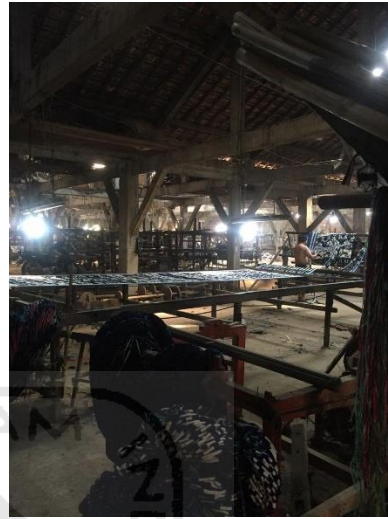
TDS (mg/L)									
Konsentrasi 75%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	5780	5440	5500	5660	5560	5610	5390	5280
2	NA R2 C2 (2)	5780	5040	5540	5590	5550	5540	5370	5360
Konsentrasi 100%									
No	Bakteri	0	1	2	3	4	5	6	7
1	NA R4 A2 (2)	6160	6490	6680	6500	6510	6630	6650	6700
2	NA R2 C2 (2)	6160	6740	6670	6740	6610	6590	6700	6710

TDS (mg/L)										
No	Keterangan	Kode	0	1	2	3	4	5	6	7
1	Kontrol	Kontrol 1 (25%)	2120	2150	2150	2150	2140	2140	2090	2150
		Kontrol 2 (50%)	3880	3890	3880	3870	3850	3830	3750	3780
		Kontrol 3 (75%)	5780	5710	5700	5860	5800	5840	5710	5630
		Kontrol inti (100%)	6160	6910	6910	6880	6900	6850	6910	6880

### Lampiran 13. Dokumentasi



(a)



(b)

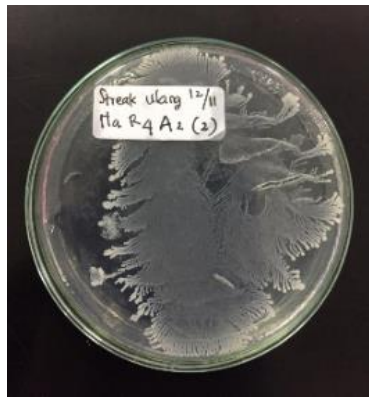


(c)



(d)

- Keterangan:
- (a) Penampungan air limbah tenun
  - (b) Kondisi industri tenun Troso
  - (c) Hasil pewarnaan kain tenun
  - (d) Sungai Troso yang tercemar air limbah tenun



(e)



(f)

Keterangan: (e) Kulturasasi bakteri  
(f) Pembuatan reaktor



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Balikpapan, pada tanggal 15 November 1997. Penulis merupakan putra kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan ayahanda Sukardi dan ibunda Endang Liswati. Pendidikan formal ditempuh di SD Latihan YBBSU Balikpapan (2004-2010), SMP Negeri 1 Balikpapan (2010-2013), dan SMA Negeri 1 Balikpapan (2013-2016). Pada tahun 2016 penulis diterima di Universitas Islam Indonesia (Kota Yogyakarta) melalui jalur CBT (*Computer Based Test*) di Program Studi Teknik Lingkungan.

Selama masa kuliah, penulis pernah menjadi Koordinator Mahasiswa KKN UII Angkatan 60 (2020) di Desa Karangbolong, Kecamatan Buayan, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. Selain itu, penulis juga pernah diberikan amanah menjadi pengurus organisasi mahasiswa sebagai *staff* Departemen Kewirausahaan HMTL UII (2018-2019). Penulis pernah mengikuti Program Pelatihan Fotografi bersama Focus Nusantara (2019). Tidak hanya itu, penulis juga pernah mengikuti beberapa kepanitiaan dan berbagai seminar selama masa kuliah.

Pada bulan Maret hingga Mei 2019, penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan dengan topik Pengelolaan Limbah Padat & B3 di Industri. Sedangkan, untuk menyelesaikan masa studi pendidikan strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Lingkungan, penulis melakukan penelitian dengan judul “Perubahan Parameter Fisika pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun oleh Bakteri Endofit”.