



**LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
RISET UNGGULAN DAERAH**

**PENGOLAHAN LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN BAKTERI  
INDEGENOUS SEBAGAI UPAYA PEMULIHAN  
INDEKS KUALITAS AIR DI KOTA PEKALONGAN**

**Tim Peneliti:  
Heri Ariadi, S.Pi, M.P  
Linayati, S.Pi, M.Sc  
Tri Yusufi Mardiana, S.Pi, M.Si**

**PEMERINTAH KOTA PEKALONGAN  
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN,  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH  
TAHUN 2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

1. Kegiatan Penelitian : Riset Unggulan Daerah  
- Judul Penelitian : Pengolahan Limbah Batik Menggunakan Bakteri Indegenous sebagai Upaya Pemulihan Indeks Kualitas Air di Kota Pekalongan
2. Lembaga Pelaksana  
- Nama : Universitas Pekalongan  
- Alamat : Jl. Sriwijaya No. 3 Kota Pekalongan  
- Telp/Fax/Email : (0285) 421096
3. Nomor SPK : 070/1652 dan 205/C.06.01/LPPM/VI/2022
4. Waktu Pelaksanaan : 2 Juni 2022 s.d. 2 November 2022
5. Lokasi Penelitian : Kota Pekalongan
6. Peneliti  
- Ketua Tim : Heri Ariadi, S.Pi, M.P  
- Anggota : 1. Linayati, S.Pi, M.Sc  
2. Tri Yusufi Mardiana, S.Pi, M.Si
7. Sumber Anggaran : APBD Kota Pekalongan
8. Besar Anggaran : Rp. 22.275.000,-  
(*Dua Puluh Dua Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah*)

Pekalongan, November 2022

Ketua LPPM Universitas Pekalongan

Ketua Tim Peneliti

**Dwi Agustina, S.Pd, M.Pd. B.I, PhD**  
NPP. 110411222

**Heri Ariadi, S.Pi, M.P**  
NPP. 110421377

Mengetahui,  
Kepala Bappeda Kota Pekalongan

**Cayekti Widigdo, AP., M.Si**  
Pembina Utama Muda  
NIP. 19750729 199412 1 001

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian Riset Unggulan Daerah (RUD) ini. Besar harapan dari penulis bahwasanya draft laporan ini bisa bermanfaat nyata bagi kepentingan pengembangan riset dan penyelesaian permasalahan terkait prioritas pembangunan Kota Pekalongan.

Penyusunan laporan Riset Unggulan Daerah (RUD) ini ditujukan sebagai salah satu luaran solusi untuk penanganan limbah dan peningkatan pembangunan layanan air bersih, persampahan dan transportasi perkotaan. Laporan Riset Unggulan Daerah (RUD) dengan judul “**Pengolahan Limbah Batik Menggunakan Bakteri Indegenous Sebagai Upaya Pemulihan Indeks Kualitas Air di Kota Pekalongan**” dilatar belakangi bahwa kegiatan industri batik yang sudah merakyat di Kota Pekalongan memicu terjadinya pencemaran lingkungan perairan sekitar dengan adanya limbah buangan yang dihasilkan dari kegiatan industri ini.

Penulis menyadari bahwa item dari laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran, kritik dan masukan dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Pekalongan, November 2022

Heri Ariadi, S.Pi., M.P

## BIODATA TIM PELAKSANA

### A. Ketua Tim Peneliti

1. Nama Lengkap : Heri Ariadi, S.Pi., M.P
2. Tempat/tgl lahir : Blitar, 2 April 1993
3. Jenis Kelamin : Laki-laki
4. Institusi : Universitas Pekalongan
5. Pangkat/Gol/NIDN/NPP : NPP. 110421377
6. Bidang Keahlian : Budidaya Perairan
7. Alamat Kantor : Jl Sriwijaya No. 3 Kota Pekalongan
8. Telepon : (0285) 421096
9. Alamat Rumah : Ds. Ngembul, Kec. Binangun, Kab. Blitar
10. Telepon/HP : 081288720758
11. Pendidikan : S1 Univ. Brawijaya, Agrobisnis Perikanan  
S2 Univ. Brawijaya, Budidaya Perairan
12. Pengalaman Penelitian :

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	<i>Oxygen Consumption of Litopenaeus vannamei in Intensive Ponds Based on the Dynamic Modeling System</i>	2021
2.	Keterkaitan Hubungan Parameter Kualitas Air Pada Budidaya Intensif Udang Putih ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	2021
3.	Tingkat Difusi Oksigen Selama Periode Blind Feeding Budidaya Intensif Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	2021
4.	Tingkat Transfer Oksigen Kincir Air Selama Periode Blind Feeding Budidaya Intensif Udang Putih ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	2020
5.	<i>Water Quality Relationship with FCR Value in Intensive Shrimp Culture of Vannamei (Litopenaeus vannamei)</i>	2020
6.	Model Simulasi Panen Parsial Pada Pengelolaan Budidaya Intensif Udang Vannamei ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	2020
7.	<i>Correlation between density of vibrio bacteria with Oscillatoria sp. abundance on intensive Litopenaeus vannamei shrimp ponds</i>	2019
8.	<i>Financial feasibility analysis of shrimp vannamei (Litopenaeus vannamei) culture in intensive aquaculture system with low salinity</i>	2019
9.	<i>The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (Litopenaeus vannamei) in intensive ponds</i>	2019

## B. Anggota Peneliti 1

1. Nama Lengkap : Linayati, S.Pi., M.Sc
2. Tempat/tgl lahir : Cilacap, 21 Juni 1976
3. Jenis Kelamin : Perempuan
4. Institusi : Universitas Pekalongan
5. Pangkat/Gol/NIDN/NPP : NPP. 110414330
6. Bidang Keahlian : Budidaya Perairan
7. Alamat Kantor : Jl Sriwijaya No. 3 Kota Pekalongan
8. Telepon : (0285) 421096
9. Alamat Rumah : Jl. Mutiara No. 38 Kota Pekalongan
10. Telepon/HP : 082134788194
11. Pendidikan : S1 Univ. Diponegoro, Budidaya Perairan  
S2 Ghent University, Aquaculture
12. Pengalaman Penelitian :

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	Pengaruh Pemberian Immunostimulan dengan Dosis Berbeda terhadap Pertumbuhan Ikan Kakap Putih ( <i>Lates calcarifer</i> )	2019
2.	Identifikasi Bakteri <i>Vibrio</i> sp dalam Hepatopankreas Udang Vannamei ( <i>Litopenaeus Vannamei</i> ) pada Tambak yang Diberi Probiotik di Tambak Sampang Tigo Kelurahan Degayu Kota Pekalongan	2019
3.	Pengaruh Ekstrak Biji Buah Keben dalam Proses Imotilisasi dalam Sistem Transportasi Tertutup Ikan Kakap Putih	2019
4.	Pengaruh Pemberian Akar Tuba ( <i>Derris elliptica</i> ) dan Saponin dengan Kombinasi Dosis yang Berbeda terhadap Mortalitas Ikan Kakap Putih ( <i>Lates calcarifer</i> )	2020

### C. Anggota Peneliti 2

1. Nama Lengkap : Tri Yusufi Mardiana, S.Pi., M.Si
2. Tempat/tgl lahir : Blitar, 29 Maret 1975
3. Jenis Kelamin : Perempuan
4. Institusi : Universitas Pekalongan
5. Pangkat/Gol/NIDN/NPP : IIIId/Penata Tingkat I/0629037501/111000135
6. Bidang Keahlian : Perikanan
7. Alamat Kantor : Jl Sriwijaya No. 3 Kota Pekalongan 51111
8. Telepon : (0285) 421096
9. Alamat Rumah : Ds. Api-api, Kec. Wonokerto, Pekalongan
10. Telepon/HP : 085326941011
11. Pendidikan : S1 Univ. Diponegoro, Perikanan  
S2 Institut Pertanian Bogor, Budidaya Perairan
12. Pengalaman Penelitian :

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	<i>The Effect of Adding Kaempferia galanga on Different Dosages Of Artificial Feed on The Growth of Milk Fish Seed (Chanos chanos)</i>	2022
2.	<i>The Addition of Honey Bee to The Feed for Increase The Growth of White Snapper Seeds (Lates calcalifer)</i>	2021
3.	Identifikasi Endoparasit pada Ikan Cupang ( <i>Betta splendens</i> R) di Kota Pekalongan	2021
4.	Performa Laju Pertumbuhan Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ) yang Diberikan Pakan dengan Pengkayaan Probiotik	2021
5.	Substitusi Cacing Tanah ( <i>Lumbricus rubellus</i> ) pada Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan Ikan Gabus ( <i>Channa striata</i> ) pada Salinitas 3 ppt	2020
6.	Penambahan Vitamin C pada Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Gabus ( <i>Channa Striata</i> )	2020
7.	Pengaruh Perbedaan Persentase Pakan Buatan dan Fermentasi Bungkil Kedelai terhadap Pertumbuhan Udang Vaname ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	2019
8.	Pengaruh Pemberian Saponin dengan Dosis Berbeda Terhadap Mortalitas Ikan Kakap Putih ( <i>Lates calcalifer</i> )	2019
9.	Pengaruh Perbedaan Salinitas terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Larva Udang Vannamei ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) PL-13	2018

## ABSTRAK

Kegiatan industri batik yang merakyat di Kota Pekalongan disisi yang lain telah memberikan ancaman serius bagi pencemaran lingkungan perairan sekitar akibat limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan kain warna batik. Salah satu upaya untuk memperbaiki indeks kualitas air akibat pencemaran limbah adalah dengan menggunakan rekayasa mikrobiologis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan teknik rekayasa pengolahan limbah batik menggunakan bakteri indegenous yang murah dan ramah lingkungan. Metode penelitian yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode experimental design skala laboratorium dan partisipasi aktif dengan pelibatan kelompok usaha batik sebagai mitra pendamping. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan isolat bakteri idnegenous terbukti berhasil menurunkan konsentrasi limbah fisika dan kimia seperti pH, suhu, BOD, COD, TSS, dan bahan organik pada limbah cair batik dan textil. Kemudian bakteri indegenous juga berperan dalam menurunkan senyawa logam berat Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, Mn, dan Zn, dengan parameter logam Zn dengan tingkat reduksi terbesar pada limbah batik serta parameter logam Fe dan Mn yang tereduksi paling efektif pada limbah textil. Pembuatan IPAL dengan basis obyek pengelolaan menggunakan bakteri indegenous ditaksir membutuhkan biaya Rp. 8.787.500,-/UKM. Kesimpulan yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah dampak perlakuan pemberian isolat bakteri indegenous, secara data telah memberikan progres yang positif terhadap penurunan limbah logam berat hasil kegiatan usaha batik di Kota Pekalongan.

**Kata Kunci :** Batik, bakteri indegenous, pencemaran, limbah, Pekalongan

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
BIODATA TIM PELAKSANA.....	iii
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Permasalahan.....	2
C. Tujuan.....	2
D. Manfaat.....	3
E. Ruang Lingkup.....	3
F. Kerangka Pikir / Alur Pikir.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Limbah Batik.....	4
B. Bakteri Indegenous.....	5
C. Kualitas Air Sungai.....	6
D. Perhitungan Indeks Kualitas Air.....	7
BAB III METODOLOGI.....	9
A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	9
B. Metode Pengumpulan Data.....	9
C. Metode Analisis Data.....	10
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	11
A. Pengaruh Perlakuan Bakteri <i>Indegenous</i> .....	11
1. Parameter Fisika.....	11
2. Parameter Kimia.....	12
3. Parameter Fisika dan Kimia Limbah Tekstil.....	14
B. Pengaruh Perlakuan Bakteri <i>Indegenous</i> Terhadap Parameter Logam Berat ..	17
1. Limbah Cair Batik Cap.....	17
2. Limbah Cair Batik Tulis.....	18
3. Limbah Cair Batik Printing.....	20
4. Limbah Air Sungai.....	21
5. Limbah Tekstil.....	22
C. Teknis Perlakuan Bakteri <i>Indegenous</i> .....	24
D. Pengembangan IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah).....	24
E. Estimasi Pembiayaan.....	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
A. Kesimpulan.....	28
B. Saran dan Rekomendasi.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	35



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Estimasi Biaya Pembuatan Model IPAL dengan Bakteri Indegenous .....	26
--	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Fikir Penelitian .....	3
Gambar 2. 1 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Fisika Limbah Batik .....	11
Gambar 2. 2 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Kimia Limbah Batik .....	13
Gambar 2. 3 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Fisika Limbah Tekstil .....	15
Gambar 2. 4 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Kimia Limbah Tekstil .....	16
Gambar 2. 5 Pengaruh Bakteri Indegenous pada Perameter Logam Berat Limbah Batik Cap .....	18
Gambar 2. 6 Pengaruh Bakteri Indegenous pada Perameter Logam Berat Limbah Batik Tulis .....	19
Gambar 2. 7 Pengaruh Bakteri Indegenous pada Perameter Logam Berat Limbah Batik Printing .....	20
Gambar 2. 8 Pengaruh Bakteri Indegenous pada Perameter Logam Berat Limbah Air Sungai .....	22
Gambar 2. 9 Pengaruh Bakteri Indegenous pada Perameter Logam Berat Limbah Tekstil .....	23
Gambar 2. 10 Maket IPAL Limbah Batik Menggunakan Bakteri Indegenous .....	25
Gambar 2. 11 Gambar 3D Rencana Bak IPAL Bakteri Indegenous .....	26

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Rancangan Anggaran Biaya.....	35
--	----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Batik merupakan ikon budaya bangsa Indonesia yang telah diakui UNESCO sebagai warisan budaya dunia (Steelyana, 2012). Batik di Kota Pekalongan merupakan suatu kebudayaan lokal yang telah ada sejak zaman dahulu. Identitas batik di Kota Pekalongan telah mengakar kuat dalam kehidupan sosial ekonomi penduduk di Kota Pekalongan. Sehingga, kondisi ini secara langsung mempengaruhi perkembangan industri kerajinan batik di kota ini yang bejalan begitu cepat (Negara, 2017). Perkembangan industri batik yang cepat memberikan pengaruh terhadap perkembangan ekonomi daerah di Kota Pekalongan yang berlangsung progresif (Surya et al, 2019). Berdasarkan data statistik, jumlah industri batik skala kecil di Kota Pekalongan mencapai 6.311 usaha, industri skala besar berjumlah 5 usaha, dan industri batik skala menengah mencapai 160 unit usaha (DPMPTSP Pekalongan, 2022).

Jumlah industri batik yang luar biasa banyak memberikan anugrah tersendiri bagi warga Kota Pekalongan. Pada perkembangannya, usaha industri batik yang bergerak begitu cepat memberikan dampak terhadap tingkat intensitas pencemaran limbah batik yang semakin merajalela di Kota Pekalongan. Hasil penelitian Paramnesi dan Riza, (2020), menunjukkan bahwa dalam satu bulan rata-rata dihasilkan sebanyak 73.878 m<sup>3</sup> limbah produksi batik yang dibuang ke perairan. Hasil penelitian juga diperkuat bahwa telah ditemukan sebanyak 13 titik lokasi pencemaran di sepanjang bantaran sungai perairan Kota Pekalongan (Meiyanti et al, 2014).

Dampak dari keberadaan limbah batik yang semakin merajalela di antaranya adalah terjadinya pencemaran air bersih, pencemaran lingkungan produktif, iritasi, dan pencemaran tanah (Budiyanto et al, 2018). Media lingkungan yang mudah tercemar oleh limbah batik adalah air, karena mayoritas limbah buangan batik berbentuk cairan. Air sebagai media cair bersifat sebagai zat pelarut dan zat terlarut yang mudah terkontaminasi oleh zat lain yang bersifat mudah tercampur, sehingga kondisi tersebut akan sangat riskan bahwa lingkungan perairan menjadi media yang mudah sekali tercemar (Surya et al, 2019). Beberapa kandungan senyawa logam berat dan zat toksik yang ada pada limbah batik di

antaranya adalah Cr, Pb, NH<sub>3</sub>, Zn, Fe, Mn, Cu, Ni dan beberapa senyawa kontaminan lainnya (Jannah dan Muhimmatin, 2019) (Pratiwi et al, 2020).

Air yang tercemar akan memberikan dampak yang luas kepada masyarakat sebagai pengguna. Air merupakan media hajat kehidupan yang dimana semua orang menggunakannya untuk kehidupan sehari-hari (Pfister et al, 2011). Kegunaan air yang bersifat common use di antaranya sebagai media untuk mandi, memasak, mencuci, dan meminum (Budiyanto et al, 2018). Berdasarkan pernyataan tersebut, maka keberadaan air yang memiliki indeks baku mutu yang baik sangatlah dibutuhkan oleh masyarakat di Kota Pekalongan guna mendukung kehidupan mereka sehari-hari.

Upaya pemulihan atau perbaikan indeks kualitas air sebagai cara untuk mengontrol kondisi lingkungan telah dilakukan dengan berbagai cara (Ramos et al, 2022). Beberapa cara yang dinilai efektif dan murah adalah dengan pemanfaatan bakteri indigenous (Jannah dan Muhimmatin, 2019). Bakteri indigenous adalah bakteri isolat alami yang diisolasi dari media yang jenisnya sama dengan media yang akan diuraikan (Yazid, 2014). Cara kerja bakteri indigenous adalah dengan menghasilkan enzim yang dapat mengikat unsur-unsur ada pada media yang diuraikan. Sehingga, bakteri indigenous ini sangat efektif digunakan sebagai media untuk menguraikan jumlah beban limbah zat cair yang berasal dari limbah batik. Konsep pengelolaan limbah menggunakan bakteri indigenous sebagai agen bioremediasi saat ini sudah banyak dikembangkan di beberapa perusahaan tekstil dan industri terkait (Li et al, 2021).

## **B. Permasalahan**

Pentingnya upaya perbaikan mutu indeks kualitas air di wilayah Kota Pekalongan sebagai dampak adanya pencemaran limbah batik yang telah terjadi selama bertahun-tahun.

## **C. Tujuan**

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk menciptakan teknik rekayasa pengolahan limbah batik menggunakan bakteri indigenous yang murah dan ramah lingkungan.

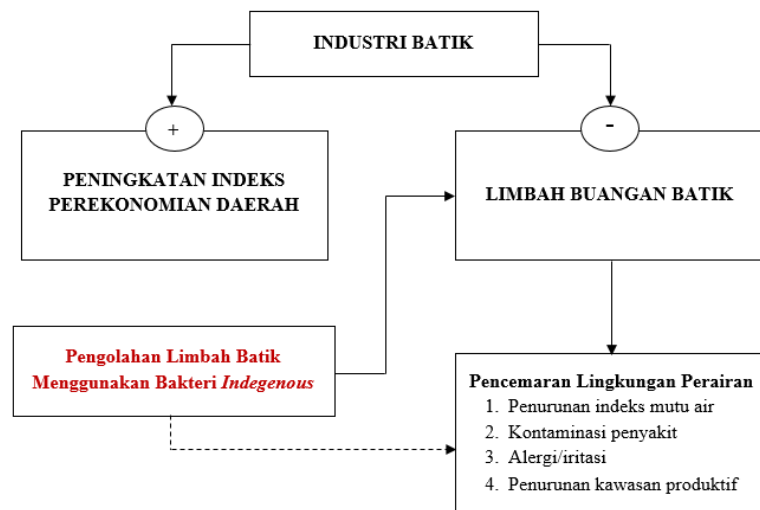
#### D. Manfaat

Manfaat dari kegiatan ini diharapkan bisa menciptakan metode pengolahan air limbah dari hasil kegiatan industri batik, sehingga secara luas dapat meminimalisir dampak penurunan indeks kualitas air di perairan Kota Pekalongan.

#### E. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah para pengrajin UKM batik di Kota Pekalongan dengan diberikan model percontohan sistem rekayasa pengolahan limbah batik untuk meminimalisir dampak pencemaran lingkungan akibat buangan limbah cair batik.

#### F. Kerangka Pikir / Alur Pikir



Gambar 1. 1 Kerangka Fikir Penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Limbah Batik**

Limbah batik adalah material disposal yang berasal dari kegiatan industri batik dan bersifat sebagai polutan lingkungan. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia pada zat pewarna batik yang di antaranya mengandung senyawa NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sulfit, dan nitrit (Muljadi dan Muniarti 2013). Sementara, zat pewarna lain yang digunakan dalam pembuatan batik di antaranya adalah zat warna asam, zat warna basa, zat warna direk, zat warna reaktif, zat warna naftol, dan zat warna bejana. Selain itu, juga ada senyawa-senyawa kimia lainnya seperti tawas (KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>), tunjung (Fe(SO<sub>4</sub>)), pijer/boraks, air kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>), kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>), kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>), asam sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), tembaga(II) sulfat (Cu<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>4</sub>), besi sulfat (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), dan kalium dikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) (Indrayani, 2018). Sehingga, apabila limbah hasil proses pembuatan batik langsung dibuang ke lingkungan tanpa ada sistem pengolahan terlebih dahulu maka akan sangat berpotensi terjadi pencemaran lingkungan.

Industri batik yang berjalan masif membuat dampak pencemaran lingkungan akibat limbah batik menjadi semakin meningkat. Hal ini dapat dirasakan dari meningkatnya unsur logam berat pada beberapa media yang ada di lingkungan sekitar seperti air, tanah, dan tanaman yang pernah terjadi kontak langsung dengan sumber limbah (Indrayani, 2018). Limbah batik yang langsung dibuang ke perairan terbuka adalah penyumbang terbesar dari bahan pencemaran di sungai-sungai sepanjang Kota Pekalongan (Paramnesi dan Riza, 2020). Kondisi seperti ini dirasa akan sangat mengganggu dan berdampak buruk bagi tingkat kesehatan lingkungan di daerah sekitar industri kerajinan batik.

Keberadaan akumulasi limbah batik di lingkungan perairan juga akan berpengaruh buruk terhadap keseimbangan ekosistem perairan itu sendiri (Zammi et al, 2018). Biota perairan akan mudah mengalami kematian dan anomali kehidupan akibat perubahan kondisi lingkungan yang terjadi di habitatnya. Isu lingkungan merupakan obyek utama yang saat ini banyak dikaji dan dibicarakan oleh kalangan masyarakat, peneliti, dan akademisi untuk mencapai sebuah solusi inovatif terkait penanganan limbah batik di wilayah yang mayoritas penduduknya

bermata pencaharian sebagai pengrajin batik (Khasna, 2021). Banyak indikator yang bisa digunakan sebagai parameter untuk melihat seberapa parah limbah batik dari kegiatan industri mencemari lingkungan secara nyata, seperti dari pengambilan sampel limbah di tanaman, hewan, substrat, air, dan media-media terkait lainnya (Zammi et al, 2018).

Limbah batik akan sangat berbahaya apabila tingkat akumulasi senyawa logam dan polutan yang terkandung sudah melampaui ambang batas baku mutu yang dikehendaki. Karena, kondisi seperti itu akan berdampak secara luas bagi semua media yang terpapar secara langsung. Limbah batik yang terakumulasi di perairan umum disebabkan oleh mayoritas usaha kerajinan batik di Kota Pekalongan dan sekitarnya yang masih belum memiliki IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah), sehingga limbah hasil kegiatan industri langsung dibuang ke perairan umum (Andriani dan Hartini, 2017). Tingkat sebaran polutan di media air cenderung leboh cepat dan aktif dibandingkan media lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat air sebagai zat pelarut dan terlarut (Khasna, 2021).

## **B. Bakteri Indegenous**

Penanggulangan limbah salah satunya dapat dilakukan dengan teknik bioremediasi menggunakan bakteri atau mikroba indegenous (Yazid, 2014). Bakteri indegenous adalah bakteri alami yang hidup di lingkungan secara bebas. Bakteri ini dapat hidup pada lingkungan dengan kondisi paparan logam berat yang tinggi serta bersifat sebagai dekomposer dari keberadaan limbah-limbah beracun yang ada di lingkungan (Lutfi et al, 2018). Tetapi, untuk mendapatkan isolat bakteri indegenous perlu dilakukan proses isolasi, seleksi, dan dilanjutkan dengan proses karakterisasi dan identifikasi untuk menghasilkan kandidat isolat bakteri indegenous yang bagus.

Beberapa pemanfaatan bakteri indegenous di antaranya sebagai agen bioremediasi, pengendali ekosistem hayati, antibiotik, pelarut fosfat, penghasil enzim yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan industri lainnya (Batubara et al, 2015). Bakteri indegenous secara umum hidup di lingkungan bebas dan dapat dimanfaatkan secara langsung oleh manusia. Bakteri indegenous secara spesifik juga berperan dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Bakteri memiliki berbagai mekanisme untuk proses detoksifikasi limbah, mulai dari proses reduksi oksidasi, kompleksasi, biosurfatan, dan siderofor yang berjalan dinamis (Yazid,



2014). Sebagai agen biodegradasi limbah peran bakteri indigenous sangatlah vital dan potensial sekali untuk dapat dikembangkan pada kegiatan dunia industri (Fidiastuti dan Suarsini, 2017).

Penggunaan bakteri indogenous sebagai agen biodegradasi merupakan suatu langkah untuk rekayasa bioteknologi pemanfaatan mikroorganisme untuk kegiatan positif (Salaki, 2011). Bakteri indigenous cenderung dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrem tetapi sesuai dengan habitat hidup mereka. Proses biodegradasi material organik akan dapat berjalan secara optimum apabila kondisi lingkungan sesuai dan komunitas bakteri indigenous tersedia dalam jumlah koloni yang seimbang (Fidiastuti dan Suarsini, 2017). Kondisi lingkungan akan sangat mempengaruhi bagaimana organisme dapat bertahan hidup dan menjalankan fungsi kerja alamiah masing-masing. Efektifitas kinerja bakteri indigenous di lingkungan sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter penting, seperti suhu, kelembapan, tekanan osmotik, pH, kelarutan oksigen dan sumber-sumber energi lainnya (Batubara et al, 2015). berkelanjutan.

### **C. Kualitas Air Sungai**

Kualitas air merupakan implikasi kondisi air berdasarkan kondisi parameter kimia, fisika, dan biologi yang ada pada kandungan air tersebut (Ariadi et al, 2021). Air pada ekosistem alam bersifat dinamis, sehingga nilai dari setiap parameter sepanjang waktu akan terus berubah-ubah secara fluktuatif (Ariadi, 2020). Kondisi air pada ekosistem sungai akan terus berfluktuasi secara dinamis sepanjang waktu dan akan terus berubah seiring dengan adanya perubahan kondisi lingkungan atau musim yang sedang berlangsung. Penurunan kualitas air pada sungai biasanya ditandai dengan adanya bau dan kekeruhan yang terlewat parah pada bagian badan air sungai tersebut (Pohan et al, 2016).

Kualitas air sungai akan sangat riskan terjadi pencemaran dan dinamika fluktuasi nilai baku mutu airnya, karena sungai merupakan media yang bersifat common use bagi peruntukan kegiatan manusia. Peningkatan jumlah penduduk serta semakin berkembangnya tingkat pembangunan wilayah dari tahun ketahun memberikan ancaman tersendiri bagi kondisi lingkungan sekitar, terutama sungai di sekitar (Mahyudin et al, 2015). Kualitas air sunagi yang baik mencerminkan kondisi di lingkungan sekitar sungai tersebut sangat bagus dan sehat. Pencemaran

kualitas air sungai mayoritas disebabkan oleh keberadaan buangan limbah rumah tangga dan kegiatan industri yang tidak bertanggung jawab.

Berbagai aktifitas masyarakat di sekitar DAS (Daerah Aliran Sungai) seperti kegiatan pertanian, perikanan, pemukiman dan industri diyakini dapat mempengaruhi tingkat kualitas air sungai (Agustiningsih et al, 2012). Dampak dari adanya penurunan kualitas air sungai di antaranya adalah merebaknya sebaran bibit penyakit dan peruntukan dari air sungai tersebut yang sudah tidak lagi layak untuk digunakan. Tingkat pencemaran lingkungan yang tinggi semakin membuat keberadaan kualitas air sungai yang bagus menjadi sulit untuk dapat ditemui, karena air sungai sebagai media terlarut dan pelarut universal di lingkungan akan sangat mudah terkontaminasi dari adanya bahan pencemar di lingkungan sekitarnya (Mahyudin et al, 2015).

Air pada ekosistem sungai digunakan untuk beberapa peruntukan sesuai dengan nilai baku mutunya. Air dengan golongan A dapat digunakan sebagai air minum dan keperluan manusia lainnya tanpa harus ada pengolahan. Air dengan kategori golongan B dapat digunakan sebagai air baku mutu untuk keperluan rumah tangga dan air minum dengan cara dioleh terlebih dahulu. Sedangkan air golongan C diperuntukan bagi kegiatan perikanan dan peternakan. Kemudian air golongan C dapat digunakan sebagai media irigasi dan kegiatan pertanian atau industri terkait.

#### **D. Perhitungan Indeks Kualitas Air**

Indeks baku mutu kualitas air dapat diukur dan dianalisa dengan menggunakan berbagai metode. Untuk kepentingan kesehatan publik dan penggunaan air sebagai media umum sangat diperlukan sekali analisa ataupun pengukuran indeks kualitas air di setiap media air yang ada di lingkungan sekitar (Aker et al, 2016). Indeks kualitas air yang bagus akan sangat baik untuk mendukung program kesehatan lingkungan yang akhir-akhir ini banyak digaungkan di berbagai media. Peruntukan penggunaan air juga secara dasar mengacu pada keberadaan status indeks kualitas air dari suatu perairan (Agustiningsih et al, 2012).

Beberapa metode yang dapat digunakan sebagai cara untuk menentukan tingkat indeks kualitas air suatu perairan di antaranya adalah metode water quality index (WQI), STORET, water polution index (WPI) dan beberapa metode lainnya

(Uddin et al, 2021). Penilaian status kualitas air merupakan suatu cara yang paling efektif untuk kita dapat mengetahui apakah air yang kita gunakan sudah baik dan sesuai dengan nilai baku mutu peruntukannya (Effendi et al, 2015). Sedangkan parameter air yang dapat digunakan sebagai indikator penilaian di antaranya adalah parameter fisika, kimia, dan biologi air (Ariadi, 2020). Begitu pentingnya indeks kualitas air menyadarkan kita untuk selalu menjaga kondisi air di lingkungan sekitar dari adanya polutan asing yang bersifat mencemari.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan jumlah populasi penduduk yang sangat banyak, tingkat pencemaran air adalah salah satu ancaman yang nyata dapat terjadi di beberapa daerah (Kamal et al, 2015). Tingkat sanitasi yang rendah serta kesadaran masyarakat akan menjaga kebersihan lingkungan yang masih minim merupakan faktor utama adanya pencemaran lingkungan termasuk pencemaran di lingkungan perairan (Budiyanto et al, 2018). Sehingga, sangat diperlukan adanya peraturan yang mengikat supaya kondisi indeks kualitas air di lingkungan sekitar tetap dapat terjaga kualitasnya di tengah arus perkembangan sektor pembangunan. Kontrol terhadap lingkungan merupakan upaya nyata untuk dapat mencegah terjadinya penyebaran penyakit yang tidak kita inginkan di sekitar kita (Akter et al, 2016).

## **BAB III METODOLOGI**

### **A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada unit usaha industri batik di Kelurahan Kradenan, Kecamatan Pekalongan Selatan, Kota Pekalongan, dan bantaran sungai di DAS perairan Pekalongan selama bulan Juni-Agustus 2022.

### **B. Metode Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah experimental design skala laboratorium dan partisipasi aktif dengan melibatkan kelompok usaha batik sebagai mitra pendamping. Pendampingan pengolahan limbah cair batik ini mengambil tempat pada rumah produksi batik di Kelurahan Buaran Kradenan, Kecamatan Pekalongan selatan serta pengambilan sampel air sungai sebagai indikator air permukaan yang diduga terkena dampak pencemaran limbah batik. Kegiatan riset ini dilakukan selama 3 bulan masa penelitian atau mulai bulan Juni-Agustus 2022. Metode penelitian yang digunakan dalam kegiatan ini adalah dengan mempraktikkan cara pengolahan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan industri batik menggunakan bakteri indigenous dengan metode lumpur aktif. Bakteri indigenous yang digunakan adalah jenis bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. yang didapatkan dari hasil karakterisasi biologis di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Perikanan Universitas Pekalongan dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang.

Pihak yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini adalah pemilik usaha kerajinan batik di Kelurahan Kradenan dengan jumlah 10 pengusaha batik yang berperan sebagai mitra pelaksana kegiatan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah:

- a. Melaksanakan karakterisasi biologis untuk mendapatkan starter bakteri indigenous yang akan digunakan sebagai agen *decomposer* limbah batik.
- b. Melakukan uji biokimia untuk mengetahui struktur biologis bakteri.
- c. Memberikan edukasi kepada pemilik usaha/mitra industri batik tentang bahaya-bahaya yang dapat ditimbulkan dari limbah cair batik yang tidak dikelola dengan baik dan benar.

- d. Mengedukasi pemilik usaha/mitra industri terkait pemahaman tentang baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan oleh pemerintah terkait dengan limpasan limbah cair tekstil,
- e. Mengedukasi pemilik usaha/mitra tentang tata cara pengolahan limbah cair batik menggunakan metode lumpur aktif dengan bantuan insersi bakteri indigenous,
- f. Melakukan uji coba terkait penggunaan metode lumpur aktif dengan bantuan insersi bakteri *indigenous* untuk pengolahan limbah cair batik secara langsung,
- g. Melakukan evaluasi secara berkala untuk menilai sejauh mana program dari kegiatan ini dapat dijalankan sesuai dengan rencana.
- h. Pelaksanaan analisis data dan diseminasi hasil.

### C. Metode Analisis Data

Data yang dianalisis dari kegiatan penelitian ini adalah data parameter kualitas air yang meliputi pH, suhu, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solids), warna air, oksigen terlarut, dan kelarutan bahan organik. Kemudian, untuk parameter lain yang diamati adalah kelarutan parameter logam berat yang meliputi Pb, Cd, Hg, Cu, As, Fe, Mn, dan Zn. Dari parameter-parameter kualitas air tersebut dilakukan proses pengambilan data sampel setiap 1 bulan sekali selama 3 bulan masa penelitian. Sampel penelitian diambil dari 3 jenis limbah batik, yaitu batik tulis, batik cap, dan batik printing yang kemudian dilakukan uji analisa laboratorium.

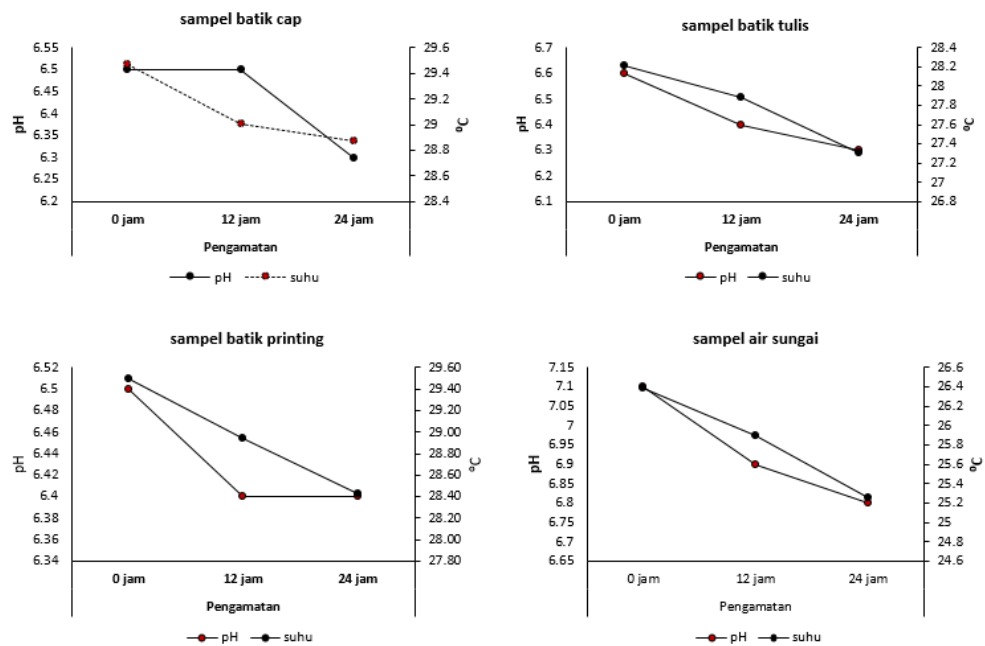
Selanjutnya, data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif menggunakan bantuan software SPSS ver.16 untuk menjawab tujuan dari kegiatan penelitian ini.

## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### A. Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indegenous*

#### 1. Parameter Fisika

Pengaruh perlakuan penggunaan bakteri *indegenous* terhadap parameter fisika limbah batik dapat dilihat dari pengaruh pemberian isolat bakteri tersebut kedalam air limbah batik yang diberi perlakuan. Adapun pengaruh perlakuan bakteri *indegenous* terhadap parameter fisika limbah batik dapat dilihat pada Gambar 2.1. Berdasarkan ilustrasi grafik pada Gambar 2.1. Sekilas dapat dilihat bahwa perlakuan bakteri *indegenous* memberikan dampak terhadap penurunan nilai parameter pH dan suhu pada air limbah batik.



Gambar 2. 1 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indegenous* terhadap Parameter Fisika Limbah Batik

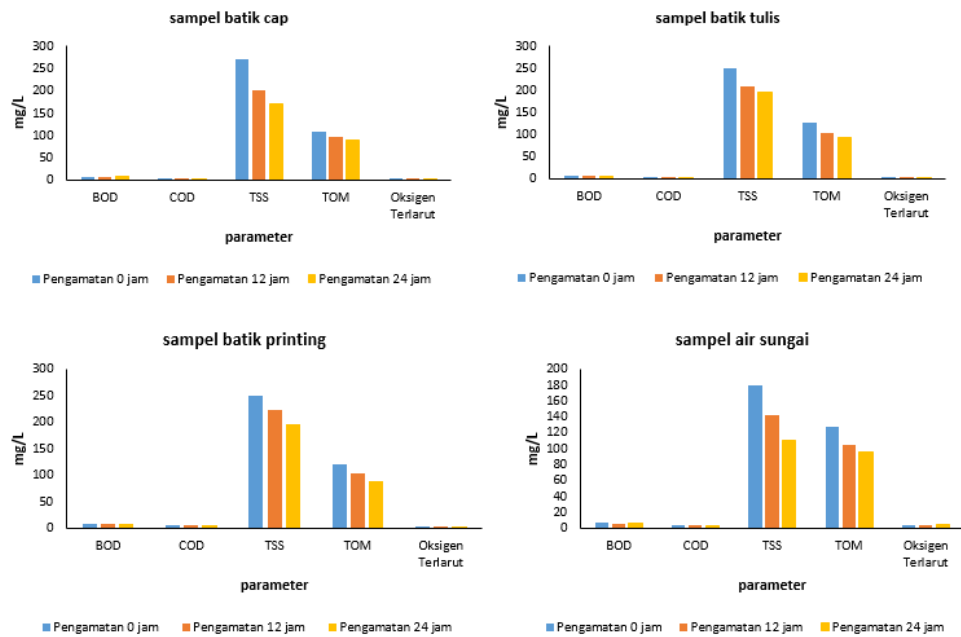
Penurunan suhu air karena pada proses perlakuan dilakukan aerasi secara penuh dan konsisten. Perlakuan aerasi pada air secara konsisten akan membuat kondisi perairan menjadi aerobik dan kadar suhu cenderung turun serta stabil (Ma et al, 2021). Proses aerasi yang dilakukan secara konsisten memberikan dampak terhadap peningkatan nilai kelarutan oksigen di media air (Setoaji dan Hermana, 2013). Proses aerasi akan membuat pergolakan

pada media air yang memungkinkan terjadinya transfer gas oksigen dari atmosfer ke kolom air dan begitu juga sebaliknya (Salmasi et al, 2021).

Penurunan nilai pH disebabkan adanya perubahan kondisi air yang semula anaerob menjadi aerob karena proses aerasi. Perubahan suhu air juga berpengaruh nyata terhadap dinamika perubahan nilai pH air secara dinamis (Yanti, 2017). Nilai suhu perairan yang semakin turun maka akan membuat perairan menjadi semakin asam yang ditandai dengan penurunan nilai pH air. Penurunan suhu air selain disebabkan oleh adanya proses aerasi juga dimungkinkan karena adanya perubahan volume serta debit air di kolom air (Rahman, 2016).

## **2. Parameter Kimia**

Pengaruh perlakuan penggunaan bakteri *indegenous* terhadap parameter kimia limbah batik dapat dilihat dari pengaruh pemberian isolat bakteri *indegenous* kedalam air limbah batik tersebut. Adapun pengaruh perlakuan bakteri *indegenous* terhadap parameter kimia limbah batik dapat dilihat pada Gambar 2.2. Berdasarkan ilustrasi grafik pada Gambar 2.2, dapat dilihat bahwa perlakuan penggunaan bakteri *indegenous* memberikan dampak yang cukup stabil terhadap penurunan nilai parameter kimia air pada limbah cair batik. Penurunan konsentrasi parameter kimia air limbah dapat disebabkan oleh berbagai hal terkait siklus biokimia yang ada di limbah cair batik tersebut.



**Gambar 2. 2 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Kimia Limbah Batik**

Penurunan konsentrasi parameter kimia limbah cair batik yang meliputi parameter BOD, COD, TSS, dan bahan organik dikarenakan adanya proses oksidasi limbah. Proses oksidasi limbah ditandai dengan adanya penurunan nilai oksigen pada perairan karena untuk proses dekomposisi (Ariadi et al, 2019). Pada perlakuan ini nilai oksigen cenderung meningkat stabil karena adanya penggunaan aerasi secara konsisten sepanjang perlakuan. Konsentrasi kelarutan oksigen akan meningkat seiring adanya proses pengadukan dan difusi oksigen akibat penggunaan aerator di kolom air (Tiyasha et al, 2021).

Nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) air limbah cenderung menurun secara perlahan, artinya penggunaan perlakuan bakteri *indegenous* ini tidak begitu optimal untuk menurunkan nilai BOD dan COD air limbah batik. Penurunan nilai BOD dan COD di air dipengaruhi oleh adanya proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dekomposer (Fitri et al, 2016). Air limbah batik yang begitu pekat dan terbuat dari berbagai komposisi bahan kimia membuat estimasi nilai BOD dan COD cenderung tinggi. Penggunaan senyawa kimia yang beranekacam serta dalam dosis yang tinggi membuat akumulasi konsentrasi BOD dan COD sangat tinggi (Widayawati et al, 2015).

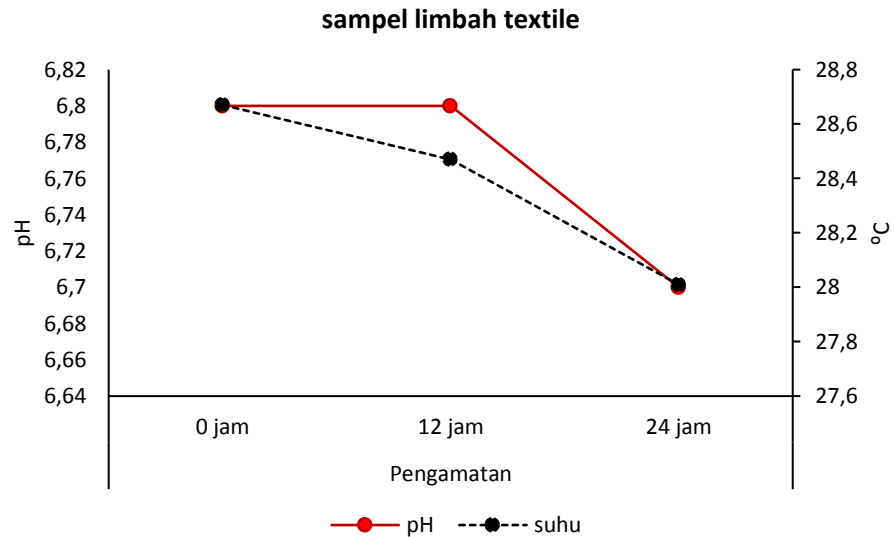


Konsentrasi TSS (*Total Suspended Solids*) dan TOM (*Total Organic Matter*) atau bahan organik membentuk grafik menurun secara bertahap, artinya perlakuan bakteri *indegenous* memberikan dampak terhadap tingkat penurunan konsentrasi TSS dan TOM yang cukup optimal. Penurunan konsentrasi TSS dan TOM dimungkinkan karena adanya proses reduksi oksidasi serta penurunan nilai pH air, sehingga efektifitas bakteri dekomposer dalam melakukan mekanisme penguraian berjalan lebih efektif (Rahmawati et al, 2017). Nilai TSS (*Total Suspended Solids*) yang terlalu tinggi di air akan menghalangi terjadinya proses fotosintesis akibat pekatnya suspensi air yang ada di kolom perairan (Oliveira et al, 2020).

Secara keseluruhan, perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* pada limbah cair batik memberikan dampak terhadap penurunan konsentrasi limbah kimia batik serta memberikan pengaruh yang cukup baik terhadap tingkat penurunan suhu dan pH air limbah. Suhu dan pH air yang rendah dan cenderung stabil adalah yang diinginkan dalam proses peningkatan efektifitas laju dekomposisi cairan limbah (Jannah dan Muhimmatin, 2019). Karakter limbah cair batik yang memiliki suhu tinggi dan pH yang basa akan membuat senyawa TSS, BOD, dan COD cenderung meningkat yang ditandai dengan adanya bau busuk di air limbah tersebut (Indrayani, 2018).

### **3. Parameter Fisika dan Kimia Limbah Tekstil**

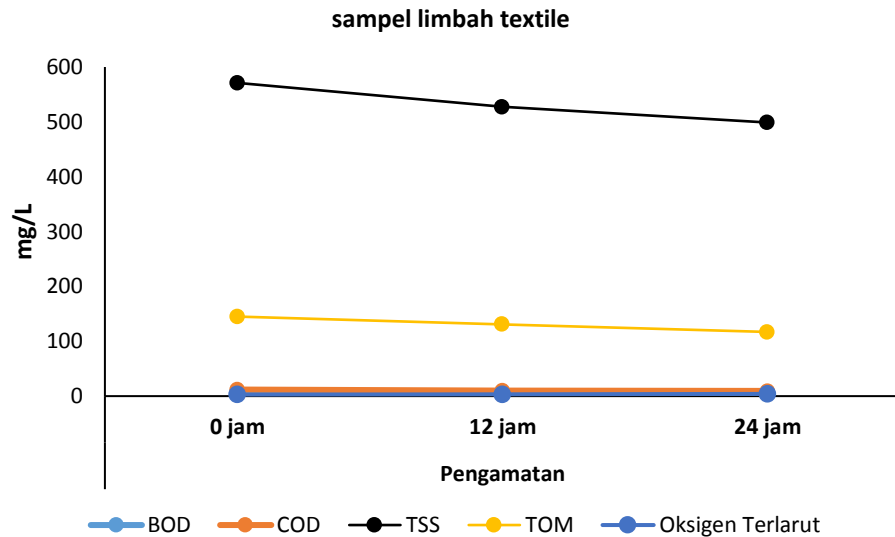
Parameter fisika dan kimia limbah tekstil yang dimatai di antaranya adalah parameter pH, suhu, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), TOM (*Total Organic Matter*), dan oksigen terlarut. Adapun pengaruh perlakuan bakteri *indegenous* terhadap limbah tekstil jika dilihat pada fluktuasi parameter fisika air maka dapat dilihat pada Gambar 2.3. Pengaruh pemberian isolat bakteri *indegenous* pada limbah tekstil berdasarkan data parameter fisika yang diamati terlihat memberikan dampak terhadap penurunan nilai suhu dan pH air limbah.



**Gambar 2. 3 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Fisika Limbah Tekstil**

Penurunan parameter suhu dikarenakan oleh adanya perlakuan aerasi yang dilakukan secara penuh dan konsisten, kemudian penurunan pH air disebabkan oleh adanya kinerja bakteri *indegenous* pada media limbah yang membuat kondisi perairan menjadi masam (pH rendah). Proses perlakuan aerasi secara konsisten akan membuat kondisi perairan menjadi aerob serta aktifitas bakteri yang berlangsung secara intens pada kondisi aerob akan membuat kondisi perairan menjadi masam (Ma et al, 2021). Pada kondisi aerob aktifitas dekomposisi bahan organik oleh bakteri juga akan berjalan lebih optimal karena adanya suplai oksigen untuk proses oksidasi limbah yang lebih banyak (Yanti, 2017). Berdasarkan hasil tersebut, maka sangat wajar apabila kondisi parameter pH dan suhu di media air limbah tekstil mengalami penurunan konsentrasi secara bertahap.

Efek pemberian perlakuan isolat bakteri *indegenous* terhadap parameter kimia juga mengalami trend yang hampir sama dengan perlakuan pada sampel limbah batik. Adapun pengaruh dampak pemberian isolat bakteri *indegenous* pada limbah tekstil hasilnya dapat dipresentasikan pada Gambar 2.4. Pada grafik tersebut terlihat bahwa perlakuan bakteri *indegenous* memberikan dampak penurunan bagi parameter BOD, COD, TSS, dan TOM, serta peningkatan konsentrasi parameter oksigen terlarut.



**Gambar 2. 4 Pengaruh Perlakuan Bakteri Indegenous terhadap Parameter Kimia Limbah Tekstil**

Penurunan kadar konsentrasi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), dan TOM (*Total Organic Matter*) dikarenakan adanya proses degradasi limbah oleh bakteri pada kondisi aerob (Ariadi et al, 2019). Kondisi tersebut berkorelasi erat dengan konsentrasi oksigen terlarut yang cenderung meningkat selama 24 jam masa perlakuan, artinya suplai oksigen dari proses aerasi dapat dimanfaatkan oleh bakteri untuk proses degradasi limbah. Bakteri pengurai sebagai agen *decomposer* akan bekerja dengan intens apabila kondisi lingkungan sekitar mendukung untuk proses penguraian (Fitri et al, 2016). Beberapa senyawa gas dan limbah organik akan sangat mudah terurai oleh komunitas bakteri *decomposer* apabila kondisi pH, suhu, dan ketersediaan oksigen terlarut di lingkungan dalam jumlah yang mencukupi (Yun et al, 2021).

Secara keseluruhan, pemberian perlakuan isolat bakteri *indegenous* pada limbah tekstil memberikan dampak yang sama dengan pemberian isolat bakteri tersebut pada limbah batik. Artinya bakteri *indegenous* ini cukup efektif dijadikan sebagai agen dekomposisi limbah bahan organik dan senyawa gas yang ada pada limbah buangan hasil kerajinan batik dan tekstil. Senyawa gas dan akumulasi bahan organik yang dihasilkan oleh limbah inilah yang nanti apabila dibuang ke perairan akan menimbulkan bau busuk dan

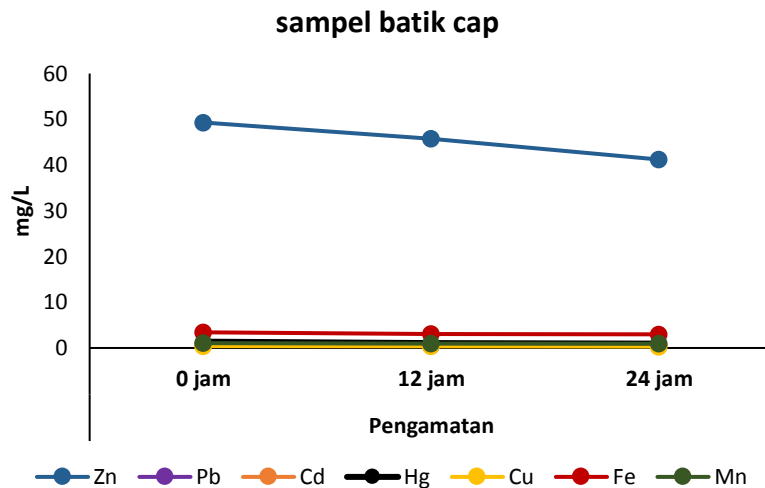
pencemaran lingkungan. Efektifitas degradasi bahan organik pada senyawa limbah ini dapat ditandai dari adanya penurunan nilai pH dan suhu air limbah serta peningkatan konsentrasi parameter oksigen terlarut yang berlangsung secara parsial. pH, suhu, dan oksigen terlarut merupakan parameter penting yang menentukan sistem kerja bakteri pada habitat lingkungan yang tercemar (Yun et al, 2021). Selain itu, ketersediaan unsur hara sebagai nutrisi bagi bakteri juga berdampak besar terhadap efektifitas proses dekomposisi limbah (Li et al, 2013).

## **B. Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indegenous* Terhadap Parameter Logam Berat**

Pemberian perlakuan bakteri *indegenous* terhadap parameter logam berat dilakukan pada 4 jenis air limbah sampel, yaitu : sampel limbah batik cap, sampel limbah batik tulis, sampel limbah batik printing dan sampel limbah air sungai. Pengambilan jenis sampel yang berbeda ditujukan untuk mengetahui seberapa efektifkah bakteri *indegenous* dalam melakukan proses degradasi limbah logam berat di masing-masing jenis sampel.

### **1. Limbah Cair Batik Cap**

Limbah cair batik cap diambil dari hasil limbah buangan pertama pengrajin batik yang kemudian dilakukan inkubasi sampel. Hasil perlakuan bakteri *indegenous* terhadap limbah cair batik cap dapat dilihat pada Gambar 2.5. Secara rata-rata perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* telah memberikan dampak penurunan konsentrasi logam berat pada limbah cair batik cap.



**Gambar 2. 5 Pengaruh Bakteri *Indegenous* pada Parameter Logam Berat Limbah Batik Cap**

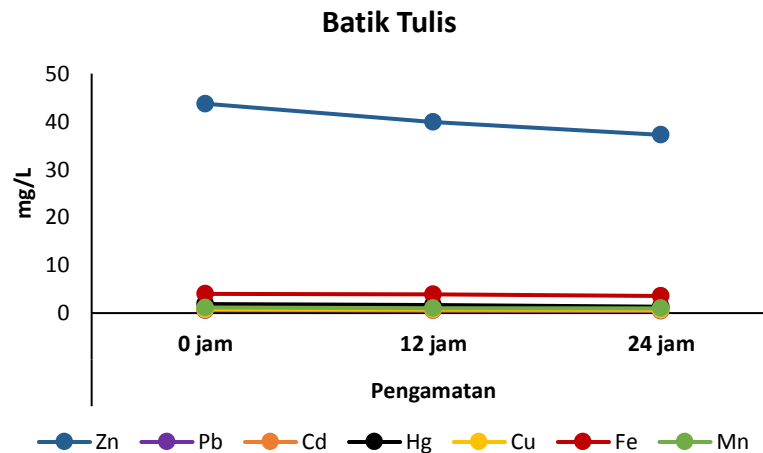
Tingkat reduksi konsentrasi logam berat tertinggi terjadi pada parameter logam Zn. Tingkat reduksi parameter logam Zn dari yang semula sebesar 49.29 mg/L selama perlakuan 12 jam mengalami reduksi menjadi 45.77 mg/L, dan konsentrasi logam berat Zn menurun menjadi 41.20 mg/L setelah perlakuan selama 24 jam. Parameter Zn merupakan parameter logam yang mudah menyebar pada media air tanah (He et al, 2020). Dampak pencemaran limbah Zn bagi manusia di antaranya adalah mual-mual, pusing, sakit perut, penurunan senyawa elektrolit tubuh, dan dehidrasi (Priadi et al, 2014). Penurunan konsentrasi Zn diharapkan bisa meminimalisir dampak buruk dari kontaminasi senyawa Zn di lingkungan.

Untuk parameter lain tingkat penurunan kadar logam beratnya cenderung relatif stabil. Perbedaan laju penurunan setiap parameter dapat dimungkinkan karena adanya karakter tertentu di setiap parameter logam berat sehingga dapat menentukan tingkat degradasi oleh bakteri indegenous. Proses biodegradasi limbah oleh bakteri indegenous dipengaruhi oleh tingkat stabilitas kondisi lingkungan yang meliputi parameter fisika dan kimia air (Ken et al, 2019).

## 2. Limbah Cair Batik Tulis

Pemberian perlakuan bakteri *indegenous* pada limbah cair batik tulis secara prosedur dilakukan mirip dengan perlakuan terhadap limbah cair batik cap. Dampak perlakuan bakteri *indegenous* terhadap limbah cair batik tulis secara umum memiliki trend dengan perlakuan terhadap limbah cair batik

cap. Data dampak perlakuan bakteri *indegenuous* terhadap limbah cair batik tulis dapat dilihat pada Gambar 2.6. Limbah cari batik tulis banyak mengandung jenis bahan-bahan sintetik yang sulit terlarut dan teruraikan sehingga memiliki kecenderungan warna yang sangat pekat (Suharto et al, 2016).



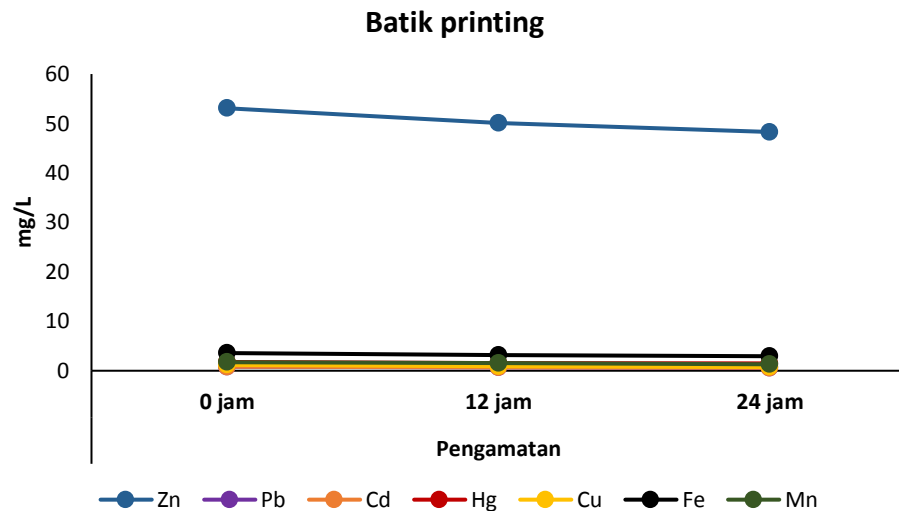
**Gambar 2. 6 Pengaruh Bakteri *Indegenous* pada Parameter Logam Berat Limbah Batik Tulis**

Pada limbah cair batik tulis terdapat dampak yang cukup signifikan pada penurunan konsentrasi limbah logam Zn. Limbah logam Zn yang semula memiliki konsentrasi 43.71 mg/L mengalami penurunan konsentrasi menjadi 39.92 mg/L setelah perlakuan 12 jam dan menjadi 37.21 mg/L saat dilakukan perlakuan pemberian bakteri *indegenuous* selama 24 jam. Logam Zn dan Cu memiliki tingkat reaksi yang cepat pada kondisi temperatur media yang relatif rendah (Ma et al, 2020). Nilai dan stabilitas pH juga sangat mempengaruhi tingkat koagulasi serta penurunan konsentrasi logam Zn pada limbah cair (Nasution et al, 2015).

Parameter logam berat lain yang meliputi logam Pb, Cd, Hg, Cu, Fe, dan Mn terjadi penurunan dengan tingkat yang tidak begitu signifikan. Logam berat adalah senyawa esensial yang keberadaannya dibutuhkan oleh lingkungan, tetapi apabila keberadaannya melebihi nilai ambang batas maka akan bersifat toksik dan membahayakan (Supriyantini et al, 2016). Keberadaan logam berat yang jenuh di lingkungan bersifat sebagai kontaminan yang menimbulkan berbagai jenis penyakit.

### 3. Limbah Cair Batik Printing

Data perlakuan bakteri *indegenous* terhadap sampel limbah cair batik printing dapat dilihat pada Gambar 2.7. Tingkat degradasi limbah cair batik printing memiliki dampak cukup baik selama proses perlakuan berlangsung. Tingkat penurunan senyawa logam berat pada limbah batik printing mengindikasikan bahwa proses biodegradasi logam oleh bakteri *indegenous* berlangsung baik walaupun hasilnya tidak begitu sangat signifikan.



**Gambar 2. 7 Pengaruh Bakteri *Indegenous* pada Parameter Logam Berat Limbah Batik Printing**

Tingkat degradasi logam berat tertinggi terjadi pada logam Zn dibandingkan jenis senyawa logam lainnya. Senyawa logam berat yang terakumulasi dalam jumlah berlebih pada limbah industri akan sulit untuk dapat diuraikan secara langsung oleh mikroorganisme *decomposer* (Permanawati et al, 2013). Logam berat Zn merupakan sejenis unsur esensial yang mudah sekali ditemui pada berbagai media dengan tingkat konsentrasi yang cenderung tinggi (Rahmadani et al, 2015).

Bahan material untuk pembuatan batik printing secara umum memiliki kesamaan dengan batik cap, sehingga secara karakter limbah yang dihasilkan juga sedikit cukup mirip. Secara garis besar material yang ada di dalam bahan baku batik di antaranya adalah kanji yang kemudian dilakukan proses penggelantangan, pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan penyempurnaan batik (Wildan et al, 2017). Proses pembuatan batik dan bahan material pewarnaan batik yang memiliki karakter kuat menyebabkan tingkat

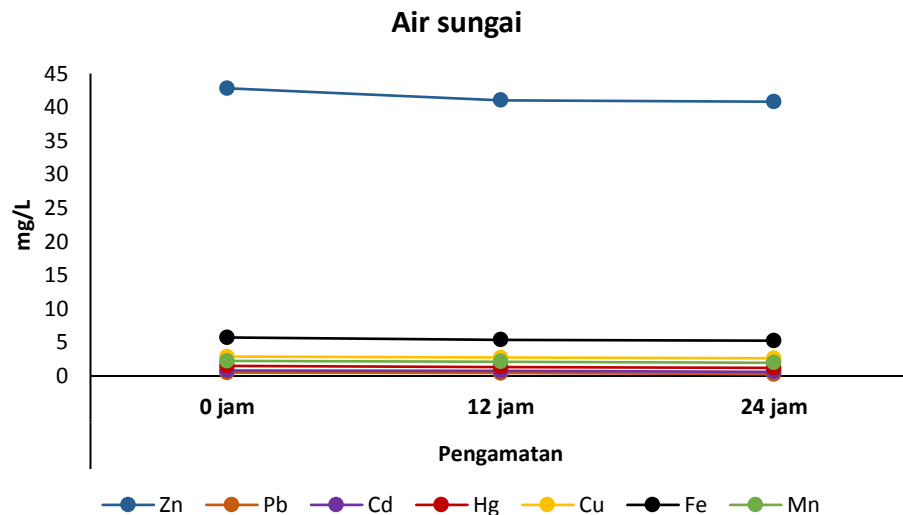
kelarutan senyawa logam berat dari hasil pematangan ini cukup tinggi dan sukar untuk diluruhkan.

#### **4. Limbah Air Sungai**

Perlakuan analisa pada limbah air sungai yang diberi isolat bakteri *indegenous* dilakukan dengan mengambil air sungai yang terkontaminasi limbah buangan batik yang kemudian dilakukan perlakuan. Data perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* limbah air sungai dapat dilihat pada Gambar 2.8. Limbah pencemaran sungai mayoritas berasal dari polutan limbah rumah tangga dan kegiatan industri yang berlangsung setiap waktu (Farjoudi et al, 2020). Limbah cair industri seperti batik, jeans, dan pewarna lainnya cenderung langsung dibuang di sungai tanpa ada sistem pengelolaan yang memadai, sehingga akan berdampak terhadap tingkat pencemaran lingkungan yang semakin buruk (Pratiwi, 2021).

Pada hasil penelitian ini ditunjukkan bahwa perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* telah memberikan reaksi penurunan terhadap akumulasi konsentrasi logam berat yang ada di perairan sungai Pekalongan. Perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* ini telah memberikan dampak terhadap penurunan konsentrasi logam berat di perairan sungai secara keseluruhan dengan tingkat reduksi logam berat terbesar terjadi pada jenis logam berat Zn. Pada perairan sungai, tingkat kadar logam berat Zn cenderung lebih dominan dibandingkan jenis logam berat lainnya. Senyawa Zn dalam jumlah sedikit sangat dibutuhkan oleh organisme akuatik sebagai senyawa co-enzim (Susanti et al, 2014). Kemudian, faktor cuaca seperti hujan akan sangat mempengaruhi tingkat kelarutan Zn di perairan.





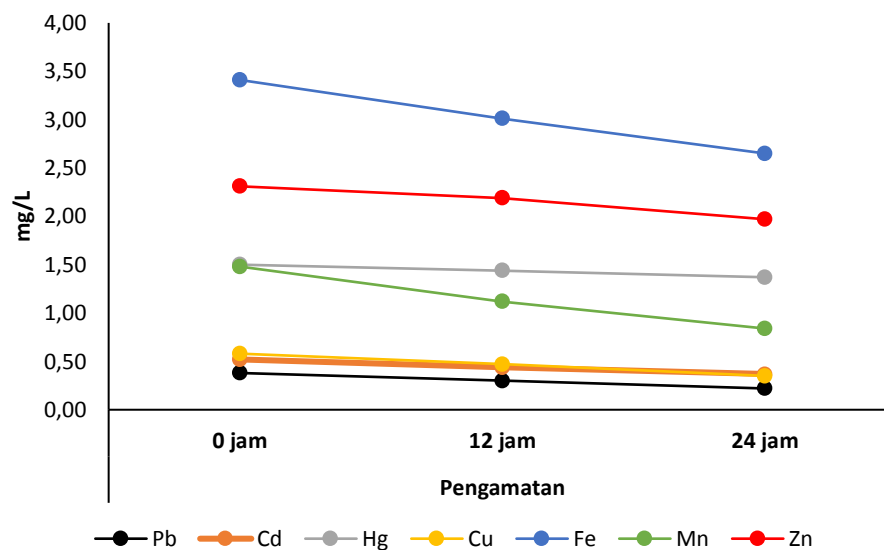
**Gambar 2. 8 Pengaruh Bakteri *Indegenous* pada Parameter Logam Berat Limbah Air Sungai**

Secara keseluruhan, dampak perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* telah memberikan progres yang positif terhadap model pengelolaan limbah cair batik. Harapannya dengan adanya konsep pengelolaan limbah batik yang berbasis pada pemanfaatan mikroorganisme aktif ini dapat dikembangkan dalam skala yang lebih besar. Dari beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa bakteri *indegenous* sangat efektif media (Yazid, 2014). Jenis isolat bakteri *indegenous* bisa didapatkan dari media asal limbah yang kemudian dilakukan proses karakterisasi bakteri sebelum kemudian digunakan sbagai isolat starter.

## 5. Limbah Tekstil

Pengambilan sampel limbah tekstil dilakukan ditujukan sebagai data pembandingan dari aplikasi penggunaan bakteri *indegenous* pada media limbah. Aplikasi penggunaan perlakuan bakteri *ndegenous* pada limbah tekstil ini dilakukan sama dengan penggunaan di sampel limbah batik. Hasil perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* pada limbah tekstil hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.9. Jika dilihat grafik Gambar 2.9 senyawa logam berat yang dapat direduksi paling efektif adalag Fe, dari yang sebelum perlakuan memiliki konsentrasi 3.41 mg/L, kemudian setelah perlakuan 12 jam turun menjadi 3.01 mg/L dan turun lagi menjadi 2.65 mg/L pada perlakuan 24 jam. Artinya pada sampel limbah tekstil, isolat bakteri *indegenous* ini cukup

efektif untuk menurunkan senyawa logam berat yang terkandung didalam media limbah.



**Gambar 2. 9 Pengaruh Bakteri Indegenous pada Parameter Logam Berat Limbah Tekstil**

Karakter senyawa limbah tekstil yang mungkin cukup berbeda dengan limbah batik memberikan tingkat degradasi limbah logam berat yang berbeda pula pada proses penguraian limbah oleh bakteri *indegenuous*. Bakteri *indegenuous* yang merupakan bakteri alami dari lingkungan limbah memiliki kemampuan spesifik dalam melakukan degradasi senyawa hidrokarbon maupun logam berat tertentu (Koolivand et al, 2022). Berdasarkan cara kerjanya, bakteri *indegenuous* yang didapatkan dari lingkungan alami dinilai mampu mendegradasi jumlah senyawa logam berat Cu, Cd, Hg, Zn, Pb, dan senyawa turunan Fe secara efektif (Irawati et al, 2017; Yani et al, 2020; Irawati et al, 2021). Efektifitas kinerja bakteri tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar beserta karakter dari senyawa limbah yang diuraikan. Proses biodegradasi limbah oleh bakteri sangat dipengaruhi oleh cara kinerja enzim bakteri beserta ketepatan jenis teknologi yang digunakan (Ru et al, 2020).

Secara garis besar, perbedaan dampak perlakuan bakteri *indegenuous* pada limbah batik, air sungai, dan limbah tekstil adalah apabila di cairan limbah batik senyawa logam berat yang paling optimal tereduksi adalah Zn, dan pada limbah air sungai juga sama. Pada limbah tekstil, senyawa yang paling optimal tereduksi adalah logam Mn. Perbedaan dan karakter limbah

sangat mempengaruhi potensi biodegradasi oleh bakteri *indegenous* (Irawati et al, 2017).

### C. Teknis Perlakuan Bakteri *Indegenous*

Teknis perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenous* pada limbah batik dilakukan secara langsung ke media limbah. Limbah batik hasil proses pewarnaan banyak mengandung senyawa kimia dan bahan organik yang sangat berbahaya bagi perairan (Wildan et al, 2017). Limbah batik mayoritas yang dibuang ke perairan berbentuk material cair yang mudah terlarut dan tercampur dengan berbagai zat cair lainnya yang ada di lingkungan. Kondisi zat cair yang bersifat sebagai pelarut sangat memungkinkan adanya kontaminasi limbah logam berat yang terjadi secara masif (Patadungan et al, 2020).

Limbah batik dari kegiatan pematikan ini dilakukan proses aerasi penuh untuk mendapatkan bibit (*seeding*) bakteri *indegenous* yang kemudian diaklimatisasi selama 24 jam. Dari hasil proses aklimatisasi ini kemudian didapatkan starter bakteri *indegenous* yang akan digunakan sebagai agen bioremediasi limbah logam berat di zat cair batik. Metode ini sementara cukup efektif dilakukan pada skala laboratorium terkontrol.

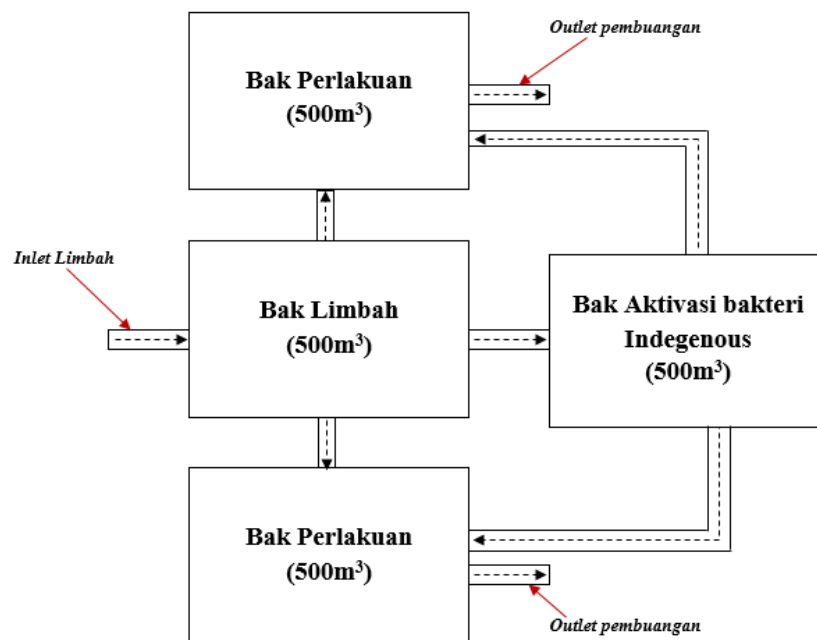
Penggunaan bakteri *indegenous* tergolong cukup baik digunakan pada limbah senyawa radioaktif maupun logam berat dengan tingkat konsnetrasi yang tinggi (Yazid, 2014). Peran bakteri *indegenous* dalam melakukan proses purifikasi limbah memberikan keuntungan apabila dapat dimanfaatkan dengan baik. Faktor abiotik lingkungan juga sangat mempengaruhi efektifitas bakteri *indegenous* dalam melakukan proses degradasi limbah pada ekosistem perairan (Wardani et al, 2015).

### D. Pengembangan IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah)

Instalasi Pengelolaan Air Limbah ditujukan sebagai sarana untuk mengurangi dampak polutan limbah yang berasal dari aktifitas penggunaan bahan kimia selama proses pembuatan batik. Penggunaan sarana IPAL ditujukan utamanya untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari adanya aktifitas sosial yang terjadi di lingkungan masyarakat (Irawati dan Andrian, 2018). Pengolahan IPAL secara konstruksi telah disesuaikan dengan jenis limbah dan juga alur buangan limbah terkait dampak yang diberikan kepada lingkungan sekitar. Penggunaan IPAL merupakan salah satu upaya program perbaikan untuk

melindungi lingkungan dari adanya dampak pencemaran yang dihasilkan oleh limbah industri maupun rumah tangga (Yekti dan Mirwan, 2021).

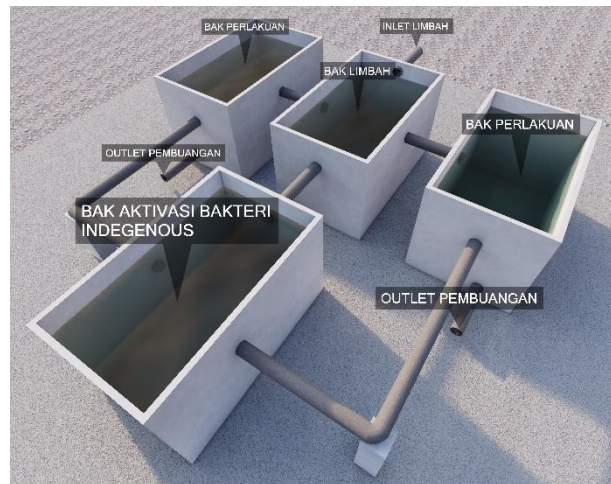
Pada penelitian penembangan isolat bakteri *indegenuous* sebagai media untuk mendegradasi limbah logam berat batik ini juga dibuatkan suatu model rancangan IPAL mini yang harapannya dapat diimplementasikan oleh para pengrajin batik di kawasan Kota Pekalongan. Pembuatan maket IPAL mini ini juga bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh buangan limbah batik di perairan Kota Pekalongan. desain maket pembuatan IPAL dari penggunaan isolat bakteri *indegenuous* sebagai agen bioremediasi limbah cair batik ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2. 10 Maket IPAL Limbah Batik Menggunakan Bakteri *Indegenous***

Penggunaan sarana IPAL yang terpadu dan dilakukan secara konsisten maka secara nalar dapat mengurangi jumlah distribusi limbah pencemar di lingkungan perairan. Aktifitas tekanan manusia yang semakin padat serta perkembangan dunia industri yang berjalan secara masif membuat dampak pencemaran begitu sangat terasa bagi lingkungan sekitar (Salim, 2018). Tidak terkecuali di kawasan perkotaan seperti di Kota Pekalongan yang ramai dengan perkembangan industri batik, dampak perkembangan industri batik tersebut memberikan beban yang tinggi terhadap indeks pencemaran lingkungan sekitar (Permatasari et al, 2021).

Kota Pekalongan yang berada di kawasan pesisir dengan topografi dataran rendah akan sangat berpotensi terjadi limpasan limbah dari daerah hulu. Kawasan dataran rendah apabila terjadi hujan lebat akan sangat mudah terdampak banjir limpasan dan sangat rentan terjadi erosi tanah (Ngabekti et al, 2007). Kondisi tersebut diperparah oleh adanya bencana banjir rob yang sering terjadi di wilayah pesisir Pekalongan akibat kenaikan level permukaan air laut. Kenaikan permukaan air laut dan pencairan es di kutub akibat dampak pemanasan global adalah pemicu utama terjadinya banjir rob di beberapa wilayah pesisir (Marfai et al, 2018). Karakter lokasi wilayah yang mudah terjadi banjir inilah yang turut memperparah terjadinya kontaminasi silang limbah batik pada lingkungan perairan sekitar Kota Pekalongan.



Gambar 2. 11 Gambar 3D Rencana Bak IPAL Bakteri *Indegenous*

## E. Estimasi Pembiayaan

Estimasi pembiayaan mengenai pembangunan IPAL bakteri *Indegenous* sebagai agen bioremediasi dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berdasarkan estimasi kalkulasi pembuatan IPAL dengan memanfaatkan bakteri ndegenous sebagai agen biodegradasi diperkirakan butuh dana Rp. 8.787.500,- dengan ukuran bak perlakuan sebesar 500 m<sup>3</sup>.

Tabel 2. 1 Estimasi Biaya Pembuatan Model IPAL dengan Bakteri *Indegenous*

Material	Jumlah	Harga	Total
pembangunan bak IPAL	4	300,000	1,200,000
blower	2	2,000,000	4,000,000
Aerator	20	35,000	700,000
ember	5	20,000	100,000
selang aerasi	100	7,500	750,000
molase	100	10,000	1,000,000
kapur kaptan	25	7,500	187,500
tawas	25	10,000	250,000
Biaya operasional bulanan	30	20,000	600,000

<b>JUMLAH TOTAL</b>	<b>Rp. 8,787,500</b>
---------------------	----------------------

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah dampak perlakuan pemberian isolat bakteri *indegenuous*, secara data telah memberikan progres yang positif terhadap penurunan limbah logam berat hasil kegiatan usaha batik di Kota Pekalongan.

#### **B. Saran dan Rekomendasi**

Perlunya pembuatan IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) bagi kegiatan usaha batik yang menggunakan bakteri *indegenuous* sebagai obyek didalam prosesnya serta dituangkan dalam suatu peraturan terkait yang relevan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningih D., Sasongko S.B., dan Sudarno. (2012). Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan* 9(2), 64-71.
- Akter T., Jhohura F.T., Akter F., Chowdhury T.R., Mistry S.K., Dey D., Barua M.K., Islam M.A., Rahman M. (2016). Water Quality Index for measuring drinking water quality in rural Bangladesh: a crosssectional study-sectional study. *Journal of Health, Population and Nutrition* 35(4), 1-12.
- Alaerts dan Santika. (1987). *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Andriani R., dan Hartini. (2017). Toksisitas Limbah Cair Industri Batik Terhadap Morfologi Sisik Ikan Nila Gift (*Oreochomis nilotocus*) . *Jurnal Sains Health* 1(2), 32-40.
- Ariadi H. (2020). Oksigen Terlarut dan Siklus Ilmiah Pada Tambak Intensif. Bogor: Guepedia.
- Ariadi H., Mahmudi M., Fadjar M. (2019). Correlation between density of vibrio bacteria with *Oscillatoria* sp. abundance on intensive *Litopenaeus vannamei* shrimp ponds. *Research Journal of Life Science* 6(2), 114-129.
- Ariadi H., Wafi A., Madusari B.D. (2021). Dinamika Oksigen Terlarut (Studi Kasus Pada Budidaya Udang). Indramayu: Penerbit ADAB.
- Asdak C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bai L., Liu X.L., Hu J., Li J., Wang Z.L., Han G., Li S.L., Liu C.Q. (2018). Heavy Metal Accumulation in Common Aquatic Plants in Rivers and Lakes in the Taihu Basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, 1-12.
- Batubara U.M., Susilawati I.O., Riany H. (2015). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Tanah Di Kawasan Kampus Universitas Jambi. *Prosiding Semirata 2015*, 243-250.
- Budiyanto S., Anies., Purnaweni H., Sunoko H.R. (2018). Environmental Analysis of The Impacts of Batik Waste Water Polution on The Quality of Dug Well Water in The Batik Industrial Center of Jenggot Pekalongan City. *E3S Web of Conferences* 31, 1-7.
- Effendi H., Romanto., Wardiatno Y. (2015). Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences* 24 , 228 – 237.
- Farjoudi S.Z., Moridi A., Sarang A. (2020). Multi-objective waste load allocation in river system under inflow uncertainty. *International Journal of Environmental Science and Technology* 18, 1549–1560.
- Fidiastuti H.R., dan Suarsini E. (2017). Potensi Bakteri Indigen Dalam Mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kulit Secara In Vitro. *Bioeksperimen* 3(1), 1-10.



- Fitri H.M., Hadiwidodo M., Kholiq M.A. (2016). Penurunan Kadar COD, BOD, Dan TSS Pada Limbah Cair Industri Mgs (Monosodium Glutamat) Dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5(1), 1-10.
- Hayati C. (2012). Pekalongan Sebagai Kota Batik 1950-2007. *Jurnal UNIMUS*, 1-19.
- He C., Zhao Y., Wang F., Oh K., Zhao Z., Wu C., Zhang X., Chen X., Liu X. (2020). Phytoremediation of soil heavy metals (Cd and Zn) by castor seedlings: Tolerance, accumulation and subcellular distribution. *Chemosphere* 252, 126471.
- Indrayani L. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik Di Yogyakarta. *ECOTROPIC* 12(2) , 173 – 184.
- Irawati D.Y., dan Andrian D. (2018). Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA). *Jurnal Teknik Industri* 19(2), 166-177.
- Irawati, W., Riak, S., Sopiha N., Sulistia S. (2017). Heavy metal tolerance in indigenous bacteria isolated from the industrial sewage in Kemisan River, Tangerang, Banten, Indonesia. *Biodiversitas* 18(4), 1481-1486 .
- Irawati, W., Winoto S.E., Kusumawati L., Pinontoan R. (2021). Indigenous multiresistant bacteria of *Cupriavidus pauculus* Ir C4 isolated from Indonesia as a heavy metal bioremediation agent. *Biodiversitas* 22(6), 3349-3355.
- Jannah I.N., dan Muhimmatin I. (2019). Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. *Warta Pengabdian* 13(3), 106-115.
- Kamal M.M., Effendi H., Nugroho S.P. (2015). Fisheries survey in Mentawai Waters Bengkulu Province. *Procedia Environmental Sciences* 24 , 238-244.
- Ken R.R., Jati A.W.N., Yulianti L.I.M. (2019). Peranan Bakteri Indigenous dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Biota* 4(1) , 8-15.
- Khasna S. (2021). Evaluasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Batik di Kota Pekalongan. *Transparansi : Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi* 4(1), 28 - 36.
- Kodoatie R.J. (2002). *Hidrolika Terapan*. Yogyakarta: Andi.
- Koolivand A., Abtahi H., Parhamfar M., Saeedi R., Coulon F., Kumar V., Villasenor J., Sartaj M., Najarian N., Shahsavari M., Seyedmoradi P., Rahimi L., Bagheri F. (2022). The effect of petroleum hydrocarbons concentration on competition between oil-degrading bacteria and indigenous compost microorganisms in petroleum sludge bioremediation. *Environmental Technology & Innovation* 26, 102319.
- Li H., Liu L., Li M., Zhang X. (2013). Effects of pH, Temperature, Dissolved Oxygen, and Flow Rate on Phosphorus Release Processes at the Sediment and Water Interface in Storm Sewer. *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 7, 1-8.
- Li R., Qi L., Ibeanusi V., Badista V., Brooks S., Chen G. (2021). Reduction and bacterial adsorption of dissolved mercuric ion by indigenous bacteria at the Oak Ridge Reservation site. *Chemosphere* 280, 130629.
- Lutfi S.R., Wignyanto., Kurniati E. (2018). Bioremediasi Merkuri Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Limbah Penambangan Emas Di Tumpang Pitu, Banyuwangi. *Jurnal Teknologi Pertanian* 19(1), 15-24.

- Ma W., Meng F., qiu D., Tang Y. (2020). Co-stabilization of Pb/Cu/Zn by beneficial utilization of sewage sludge incineration ash: Effects of heavy metal type and content. *Resources, Conservation and Recycling* 156, 104671.
- Ma J., Liu L., Xue Q., Yang Y., Zhang Y., Fei X. (2021). A systematic assessment of aeration rate effect on aerobic degradation of municipal solid waste based on leachate chemical oxygen demand removal. *Chemosphere* 263, 128218.
- Mahyudin., Soemarno., Prayogo T.B. (2015). Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari* 6(2), 105-114.
- Marfai M.A., Cahyadi A., Kasbullah A.A., Hudaya L.A., Tarigan D.R. (2018). Dampak Bencana Banjir Pesisir Dan Adaptasi Masyarakat Terhadapnya Di Kabupaten Pekalongan. *Makalah dalam Pekan Ilmiah Tahunan Ikatan Geograf Indonesia (PIT IGI) 2014*, 1-10.
- Meiyanti Y., Nugraha A.L., Kahar S. (2014). Kajian Area Tercemar Pada Jaringan Pembuangan Limbah Batik Kota Pekalongan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi* 3(1), 77-85.
- Mokoagouw D. (2008). Indeks Keanekaragaman Biota Perairan Sebagai Indikator Biologis Pencemaran Logam Berat Di Perairan Pantai Bitung, Sulawesi Utara. *Ekoton* 8(2), 31-40.
- Nasution A.C., Aritonang S.P., Hrahap M.R. (2015). Optimalisasi Metode Electroplating Koagulasi Terhadap Penurunan Kadar Logam Zinkum (Zn) Pada Air Buangan Limbah Industri Pengolahan Karet. *Jurnal Ilmiah CIRCUIT* 1(1), 74-84.
- Negara T.D.W. (2017). Introducing Values of Local Cultural Through Batik Motifs as The Identity of Surabaya City . *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 173, 332-334.
- Ngabekti S., Setyowati D.L., Sugiyanto R. (2007). Tingkat Kerusakan Lingkungan Di Dataran Tinggi Dieng Sebagai Database Guna Upaya Konservasi . *Jurnal Manusia Lingkungan* 14(2), 93-102.
- Oliveira E.P., de Moura R.B., Cavalieri C.P., Tiezzi R.O. (2020). Evaluation of silt curtain in the reduction of suspended solids. *Geotekstiles and Geomembranes* 48(6), 983-988.
- Pagoray dan Ghitarina. (2016). Karakteristik Air Kolam Pasca Tambang Batubara Yang Dimanfaatkan Untuk Budidaya Perairan . *Ziraa'ah* 41(2) , 276-284 .
- Paramnesi P.A., dan Riza A.I. (2020). Dampak Pencemaran Limbah Batik Berdasarkan Nilai Kompensasi Ekonomi Di Hulu Dan Hilir Sungai Asem Binatur. *Kajen* 4(1), 58-72.
- Patadungan T.M., Manurung M., Sibarani J. (2020). Recoverylogam Paladium (II) Dari Limbah Industri Pertambangan Dengan Teknik Ekstraksi Pelarut Transportaktif. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)* 8(2), 92-98.
- Permanawati Y., Zuraida R., Ibrahim A. (2013). Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr) Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta . *Jurnal Geologi Kelautan* 11(1), 9-16.

- Permatasari M.N., Ariadi H., Madusari B.D., Soeprpto H. (2021). Kajian Kualitas Air Sungai Meduri Pekalongan Akibat Pembuangan Limbah Cair Batik Berdasarkan Indikator Biologi . *Journal of Aquaculture* 6 (2), 130-136.
- Pfister S., Bayer P., Koehler A., Hellweg S. (2011). Environmental Impacts of Water Use in Global Crop Production: Hotspots and Trade-Offs with Land Use. *Environmental Science & Technology* 45, 5761-5768.
- Pohan D.A.S., Budiyono., Syafrudin. (2016). Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 14(2), 63-71.
- Pratiwi S.S.D. (2021). Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal of Reasearch and Education Chemistry* 3(2), 122-142.
- Pratiwi N.I., Sari S.R., Arifan F., Wulandari A.T., Alkian I., Mustasjar B., Aji M.B.F.B. (2020). Batik Pemalang Organic Wastewater Composition and Simple Electrocoagulation-Filtration Treatment. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 448, 1-9.
- Priadi C.R., Sari P.N., Moersidik S.S. (2014). Adsorpsi Logam Seng Dan Timbal Pada Limbah Cair Industri Keramik Oleh Limbah Tanah Liat . *Reaktor* 15(1), 10-19.
- Priyono T.S.C., Yuliani E., Sayekti R.W. (2013). Studi Penentuan Status Mutu Air Di Sungai Surabaya Studi Penentuan Status Mutu Air Di Sungai Surabaya. *Jurnal Teknik Pengairan* 4(1) , 53–60.
- Rahmadani T., Sabang S.M., Said I. (2015). Analisis Kandungan Logam Zink (Zn) Dan Timbal (Pb) Dalam Air Laut Pesisir Pantai Mamboro Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademika Kimia* 4(4), 197-203.
- Rahman M. (2016). Dinamika Kualitas Air Dan Kecenderungan Perubahannya Untuk Pengelolaan Budidaya Perikanan Karamba Berbasis Daya Dukung Perairan Di Sub-Das Riam Kanan. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah Tahun 2016 Jilid 3*, 1028-1037 .
- Rahmawati T, Sukandar D., Karmini M., Roni T. (2017). Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Permukiman* 12(1), 25-32.
- Ramos N.D.F.S., Borges A.C., Coimbra E.C.L., Goncalves G.C., Colares A.P.F., de Matos A.T (2022). Swine Wastewater Treatment in Constructed Wetland Systems: Hydraulic and Kinetic Modeling. *Water* 681, 1-14.
- Ru J., Huo Y., Yang Y. (2020). Microbial Degradation and Valorization of Plastic Wastes. *Frontier Microbiology* 11, 1-20.
- Salaki C.L. (2011). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Indigenous (*Bacillus cereus* FRANK.) Sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama Kubis . *Eugenia* 17(1), 10-15.
- Salim J. (2018). Potensi Pencemaran Limbah Industri Terhadap Kesehatan Masyarakat Dan Biota Air Di Wilayah Pesisir Cilegon . *Jurnal Air Indonesia* 10(1), 34 – 41.

- Salim dan Siswanto. (2018). Penanganan Banjir Dan Rob Di Wilayah Pekalongan. *Jurnal Universitas 17 Agustus 1945 Semarang*, 1-9.
- Salmasi F., Abraham J., Salmasi A. (2021). Effect of stepped spillways on increasing dissolved oxygen in water, an experimental study. *Journal of Environmental Management* 299, 113600.
- Sauda R.H., Nugraha A.L., Hani'ah H. (2019). Kajian Pemetaan Kerentanan Banjir Rob Dikabupaten Pekalongan. *Jurnal Geodesi* 8(1), 466-474.
- Setoaji L., dan Hermana J. (2013). Pengaruh Aerasi dan Sumber Nutrien terhadap Kemampuan Alga Filum Chlorophyta dalam Menyerap Karbon (Carbon Sink) untuk Mengurangi Emisi CO<sub>2</sub> di Kawasan Perkotaan. *JURNAL TEKNIK POMITS* 2(2), 69-73.
- Sheftiana et al. (2017). Penentuan Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode Indeks Pencemaran Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus : Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik Lingkungan* 6(1), 1-10.
- Steelyana E. (2012). "Batik, A Beautiful Cultural Heritage That Preserve Culture And Support Economic Development In Indonesia" . *BINUS BUSINESS REVIEW* 3(1), 116-130.
- Sucipto. (2008). Kajian Sedimentasi di Sungai Kali Garang dalam Upaya Pengelolaan DAS Kaligarang Semarang. Semarang: Tesis MAgister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Suharto B., Wirosoedarmo R., Sulanda R.H. (2016). Pengolahan Limbah Batik Tulis Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 3(1), 14-19.
- Sukmasakti dan Hayati. (2012). Strategi Pengembangan Obyek Wisata Batik Kota Pekalongan. *Diponegoro Journal Of Economic* 1(1), 1-10.
- Supriyantini E., Sedjati S., Nurfadhli Z. (2016). Akumulasi Logam Berat Zn (seng) pada Lamun Enhalus acoroides dan Thalassia hemprichii di Perairan Pantai Kartini Jepara. *Buletin Oseanografi Marina* 5(1) , 14 – 20.
- Suripin. (2002). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Andi.
- Surya R.A., Fadlil A., Yudhana A. (2019). Identification of Pekalongan Batik Images Using Backpropagation Method. *Journal of Physics: Conference Series* 1373 , 1-8.
- Susanti. (2018). Strategi City Branding Pekalongan. *Jurnal Seni Budaya* 16(1), 96-110.
- Susanti R.A., Mustikaningtyas D., Sasi F.A. (2014). Analisis Kadar Logam Berat Pada Sungai Di Jawa Tengah. *Saintekno* 12(1), 35-40.
- Tiyasha T., Tung T.M., Bhagat S.K., Tan M.L., Jaward A.H., Mohtar W.H.M.W., Yaseen Z.H. (2021). Functionalization of remote sensing and on-site data for simulating surface water dissolved oxygen: Development of hybrid tree-based artificial intelligence models. *Marine Pollution Bulletin* 170, 112639.
- Uddin M.G., Nash S., Olbert A.I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators* 122, 107218.

- Umar S.N.H., Akhtar M.N., Bakar E.A., Kamruddin N.M., Othman A.R. (2020). Development of Heavy Metal Potentiostat for Batik Industry. *Applied Sciences* 10, 1-12.
- Walukow A.F. (2010). Penentuan Status Mutu Air Dengan Metode Storet Di Danau Sentani Jayapura Propinsi Papua. *Berita Biologi* 10(3), 277-281.
- Wardani A., Syauqi A., Santoso H. (2015). Keragaman Koloni Bakteri Indigenous Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit. *e-Jurnal Ilmiah BIOSAIN TROPIS (BIOSCIENCE-TROPIC)* 1(1), 19-25.
- Widayawati Y.R., Manuaba I.B.P., Suastuti N.G.A.M.D.A. (2015). Efektivitas Lumpur Aktif Dalam Menurunkan Nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) Dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) Pada Limbah Cair UPT Lab. Analitik Universitas Udayana. *JURNAL KIMIA* 9 (1), 1-6.
- Wildan A., Setyopuspito A., Anggraeny E.N. (2017). Pengolahan Limbah Batik Dengan Metode Fotokatalitik Di Desa Gemawang Kabupaten Semarang. *Abdimas Unwahas* 2(2), 45-49.
- Yani A., Amin M., Rohman F., Suarsini E., Putra W.E. (2020). Profiling indigenous lead-reducing bacteria from Tempe Lake, South Sulawesi, Indonesia as bioremediation agents. *Biodiversitas* 21(10), 4778-4786.
- Yanti E.V. (2017). Dinamika Musiman Kualitas Air Di Daerah Sungai Kahayan Kalimantan Tengah. *Ziraa'ah* 42(2) , 107-118.
- Yazid M. (2014). Peranan Isolat Bakteri Indigenous Sebagai Agen Bioremediasi Perairan Yang Terkontaminasi Uranium. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* 17(1), 35 - 44.
- Yekti H.S., dan Mirwan M. (2021). Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Surabaya . *Jurnal Envirous* 1(2), 120-128.
- Yudo S. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal BPPT* 2(1), 1-15.
- Yun J.G., Lee H.M., Baik G.Y., Kim J.Y., Lee S.J., Jeon M.K., Keel S.I., Hong J.G. (2021). Effect of the Oxygen Concentration and Temperature on Thermal Decomposition of N<sub>2</sub>O in an Inert Gas. *ACS Omega* 6, 30983–30988.
- Zammi M., Rahmawati A., Nirwana R.R. (2018). Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan. *Walisongo Journal of Chemistry* 1(1), 1-5.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Rancangan Anggaran Biaya

No	URAIAN PENGELUARAN	BESAR ANGGARAN (Rp.)
<b>A.</b>	<b>BELANJA PEGAWAI</b>	
1	Honorarium Peneliti (Ketua Peneliti) (1 orang x 16 hari x 5 bulan x 2 jam x Rp. 40.000)	Rp 6,400,000
2	Honorarium Peneliti (Anggota 1) (1 orang x 16 hari x 5 bulan x 2 jam x Rp. 40.000)	Rp 6,400,000
3	Honorarium Peneliti (Anggota 2) (1 orang x 16 hari x 5 bulan x 2 jam x Rp. 40.000)	Rp 6,400,000
<b>B.</b>	<b>BELANJA HONOR PENUNJANG PENELITIAN</b>	
1	Pengolah data (2 orang x Rp. 750.000)	Rp 1,500,000
2	Petugas survey (10 orang x Rp. 7.500)	Rp 75,000
3	Pembantu lapangan (3 orang x 10 hari x Rp. 50.000)	Rp 1,500,000
<b>TOTAL</b>		<b>Rp 22,275,000</b>
<i>Terbilang : Dua Puluh Dua Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Rupiah</i>		

Pekalongan, November 2022

Ketua LPPM Universitas Pekalongan

Ketua Tim Peneliti

**Dwi Agustina, S.Pd, M.Pd. B.I, PhD**  
NPP. 110411222

**Heri Ariadi, S.Pi, M.P**  
NPP. 110421377