



PENGARUH BAKTERI *INDIGENOUS* DALAM DEGRADASI SENYAWA FISIKA KIMIA LIMBAH BATIK DAN TEKSTIL

Heri Ariadi*, Linayati, Tri Yusufi Mardiana

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Pekalongan

Email: ariadi_heri@yahoo.com

Naskah Masuk : 5 Desember 2022

Naskah Revisi : 23 Desember 2022

Naskah Diterima : 29 Desember 2022

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of indigenous bacteria on the degradation process of physicochemical compounds in batik and textile wastewater. Research Methods: The method used in this study is a laboratory-scale experimental design and active participation involving batik business groups as partners. The data analyzed in this study were physical and chemical parameters of wastewater treated with bacterial isolates and aeration of 2-3 mg/L for 24 hours using an aerator blower compare with a capacity of 500 volts. The data were then analyzed descriptively quantitatively and qualitatively. The results showed that native bacteria significantly affected the decrease in pH and temperature parameters in batik waste, namely pH from 6.6 to 6.3, temperature from 29.47°C to 28.20°C. The results also showed a decrease in water chemical parameters which included BOD from 8.49 mg/L to 7.52 mg/L, COD from 5.52 mg/L to 4.40 mg/L, TSS from 272 mg/L to 187 mg/L, organic matter from 110 mg/L to 91 mg/L and increased dissolved oxygen capacity from 2.28 mg/L to 3.40 mg/L. Exactly the same conditions also occurred in textile waste samples, where the treatment of indigenous bacteria affected the decrease in pH parameters (6.8 to 6.7), temperature (28.67°C to 28.01°C), BOD (7.89 mg/L to 6.11 mg/L), COD (12 to 9.5 mg/L), TSS (571.11 to 498.89 mg/L), organic matter (145 mg/L to 117 mg/L) and increased dissolved oxygen capacity of wastewater from 2.83 mg/L to 4.01 mg/L. The conclusion of this study is that the application of native bacteria quantitatively greatly affects the rate of degradation of the physical and chemical parameters of batik and textile wastewater by 10-30% through the process of degradation of waste compounds for 24 hours. So that the treatment of indigenous bacterial isolates is considered quite effective when compared to no treatment.

Keywords: *Organic matter, indigenous bacteria, wastewater, waters, pH*

1. PENDAHULUAN

Batik di Kota Pekalongan merupakan suatu kebudayaan lokal yang telah ada sejak zaman dahulu. Identitas batik telah mengakar kuat dalam kehidupan sosial ekonomi penduduk di Kota Pekalongan. Kondisi ini secara langsung mempengaruhi perkembangan industri kerajinan batik di kota ini yang bejalan begitu cepat (Negara, 2017; Soeprapto et al, 2022). Perkembangan industri batik yang cepat memberikan pengaruh terhadap perkembangan ekonomi daerah di Kota Pekalongan yang berlangsung progresif (Surya et al, 2019). Berdasarkan data statistik, UKM batik di kota Pekalongan saat ini mencapai 6.311 usaha, industri skala besar berjumlah 5 usaha, dan

industri batik skala menengah mencapai 160 unit usaha (DPMPTSP Pekalongan, 2022).

Pada perkembangannya, usaha industri batik yang bergerak begitu cepat memberikan dampak terhadap tingkat intensitas pencemaran limbah batik dan tekstil yang semakin merajalela di Kota Pekalongan. Hasil penelitian Soeprapto dan Ariadi (2022), menunjukkan bahwa dalam satu bulan rata-rata dihasilkan sebanyak 73.878 m³ limbah produksi UKM 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).

Upaya perbaikan mutu kualitas air sangat diperlukan oleh masyarakat Kota Pekalongan

dalam kondisi seperti saat ini. Beberapa cara yang dinilai efektif dan murah adalah dengan pemanfaatan bakteri *indigenus* (Jannah dan Muhimmatin, 2019). Bakteri *indigenus* adalah bakteri isolat alamiah yang didapatkan dari proses isolasi mandiri dari media alami yang akan diuraikan (Yazid, 2014). Cara kerja bakteri *indigenus* adalah dengan menghasilkan enzim yang dapat mengikat unsur-unsur ada pada media yang diuraikan. Sehingga, bakteri *indigenus* ini sangat efektif digunakan sebagai media untuk menguraikan jumlah beban limbah zat cair yang berasal dari limbah batik. Konsep pengelolaan limbah menggunakan bakteri *indigenus* sebagai agen bioremediasi saat ini sudah banyak dikembangkan di beberapa perusahaan tekstil dan industri terkait (Li et al, 2021). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh bakteri *indigenus* dalam proses degradasi senyawa fisika kimia pada limbah cair batik dan tekstil.

2. METODE 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. Metode penelitian dalam riset ini adalah dengan konsep *experimental design* skala laboratorium dan partisipasi aktif dengan melibatkan kelompok usaha batik sebagai mitra pendamping. 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, data dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif berdasarkan pengumpulan data lapang.

Pada perlakuannya, material limbah diberi isolat bakteri *indigenus* yang didapatkan dari hasil ekstraksi limbah batik. Kemudian, diambil sampel dari beberapa limbah batik (cap, tulis, dan *printing*), limbah tekstil dan limbah air sungai. Sampel limbah selanjutnya dilakukan proses degradasi limbah secara aerobik melalui penambahan oksigen terlarut sebesar 2-3 mg/L selama 24 jam dengan menggunakan *aerator*

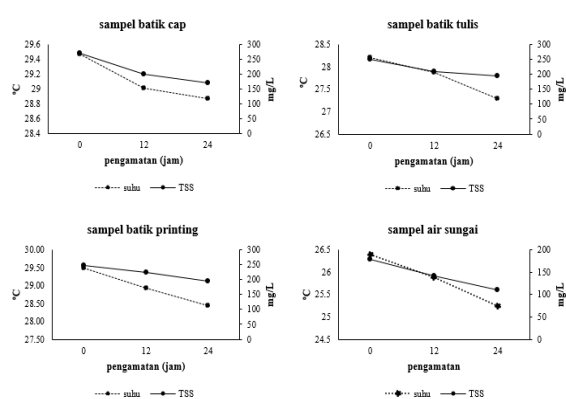
blower compare kapasitas 500 volt. Jumlah sampel yang diambil adalah 1 liter air limbah dengan durasi pengamatan 0, 12, dan 24 jam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* pada Parameter Fisika Limbah Batik

Pengaruh perlakuan penggunaan bakteri *indigenus* terhadap parameter suhu dan TSS limbah batik dapat dilihat dari pengaruh pemberian isolat bakteri tersebut ke dalam air limbah batik yang diberi perlakuan. Adapun pengaruh perlakuan bakteri *indigenus* terhadap parameter suhu dan TSS limbah batik diinterpretasikan pada Gambar 1. Berdasarkan ilustrasi grafik pada Gambar 1, sekilas dapat dideskripsikan bahwa perlakuan bakteri *indigenus* memberikan dampak terhadap penurunan nilai parameter TSS dan suhu pada air limbah batik.

Parameter fisika seperti suhu merupakan indikator yang harus diamati dalam menganalisis kondisi lingkungan (Ariadi dan Puspitasari, 2021). Parameter fisika air seperti suhu, salinitas, dan kecerahan dalam prosesnya akan memiliki hubungan korelasi dengan parameter lainnya (Ariadi et al, 2019). Adanya hubungan korelasi antara parameter membuat stabilitas parameter kualitas air berlangsung dinamis (Madusari et al, 2022).



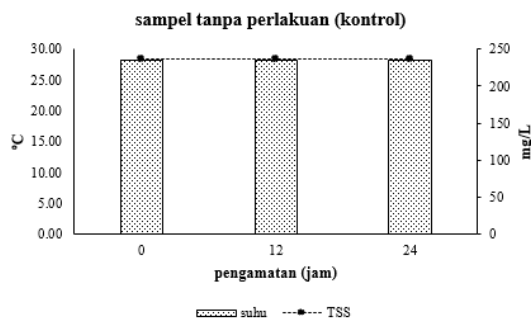
Gambar 1 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* terhadap Parameter Fisika Limbah Batik

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 suhu air selain disebabkan oleh adanya proses aerasi juga dimungkinkan karena adanya perubahan volume serta debit air di kolom air (Rahman, 2016).

Penurunan konsentrasi TSS pada media air limbah dimungkinkan karena adanya proses reduksi oksidasi serta penurunan nilai pH air, sehingga efektivitas 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).

Pada perlakuan kontrol yang tidak diberi penambahan kadar isolat bakteri *indigenus* memperlihatkan bahwa tidak terjadi perubahan pada paramter air limbahnya (Gambar 2.). Adanya stagnasi nilai parameter air dimungkinkan karena proses biokimia pada air tersebut bersifat pragmatis (Ariadi, 2019). Air pada umumnya bersifat dinamis yang selalu mengalami dinamika perubahan setiap waktunya (Wafi et al, 2021).

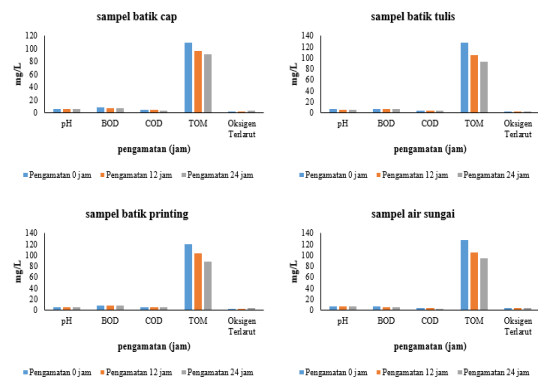


Gambar 2 Sampel Kontrol (Tanpa Perlakuan)

3.2 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* pada Parameter Kimia Limbah Batik

Pengaruh perlakuan penggunaan bakteri *indigenus* terhadap parameter kimia limbah batik dapat dilihat dari pengaruh pemberian isolat bakteri *indigenus* ke dalam air limbah batik tersebut. Adapun pengaruh perlakuan

bakteri *indigenus* terhadap parameter kimia limbah batik dapat diamati pada Gambar 3. Berdasarkan ilustrasi grafik pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa perlakuan penggunaan bakteri *indigenus* 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 3 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* terhadap Parameter Kimia Limbah Batik

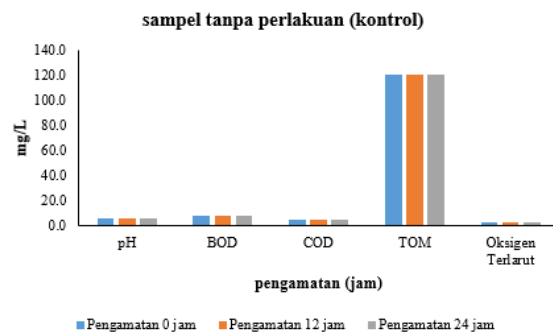
Penurunan konsentrasi parameter kimia limbah cair batik yang meliputi parameter BOD, COD, pH, dan bahan organik dikarenakan adanya proses oksidasi limbah. Proses oksidasi limbah ditandai dengan adanya penurunan nilai oksigen pada perairan karena untuk proses dekomposisi (Ariadi et al, 2019). Pada perlakuan 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 *indigenus* ini tidak begitu optimal untuk menurunkan nilai BOD dan COD limbah cair batik. Penurunan nilai BOD dan COD di air dipengaruhi oleh adanya mekanisme perombakan material organik oleh bakteri 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 beraneka macam serta dalam dosis yang tinggi membuat akumulasi konsentrasi BOD dan COD sangat tinggi (Widayawati et al, 2015).

Konsentrasi TOM (*Total Organic Matter*) atau bahan organik membentuk grafik menurun secara bertahap, artinya perlakuan bakteri *indigenus* memberikan dampak terhadap tingkat penurunan konsentrasi bahan organik yang cukup optimal. Penurunan konsentrasi bahan organik dimungkinkan karena adanya proses reduksi oksidasi serta penurunan nilai pH air, sehingga efektivitas bakteri dekomposer dalam melakukan mekanisme penguraian berjalan lebih efektif (Rahmawati et al, 2017).

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, sehingga ada hubungan korelatif antara tingkat penurunan suhu dengan fluktuasi pH di perairan (Wafi et al, 2021). Kemudian, peningkatan kadar oksigen terlarut dimungkinkan karena adanya perlakuan aerasi yang dilakukan secara intens. Proses perlakuan aerasi penuh akan meningkatkan kadar oksigen air melalui mekanisme difusi udara (Wafi dan Ariadi, 2022). Pada perlakuan kontrol, terlihat bahwa air limbah batik cenderung mengalami stagnasi nilai (Gambar 4). Hal ini mirip dengan perlakuan kontrol pada parameter fisika.

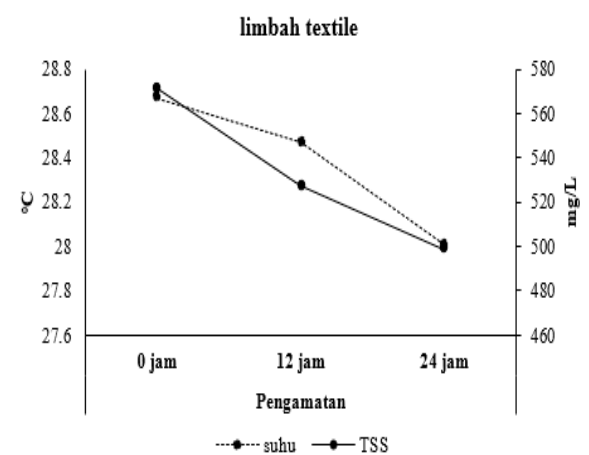


Gambar 4 Sampel kontrol (Tanpa Perlakuan)

Secara keseluruhan, perlakuan pemberian isolat bakteri *indigenus* 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 efektivitas 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).

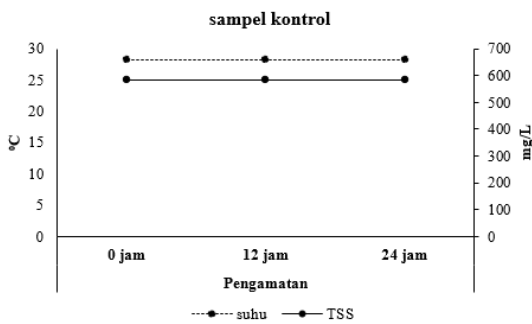
3.3 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* pada Parameter Fisika dan Kimia Limbah Tekstil

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 *indigenus* terhadap limbah tekstil jika dilihat pada fluktuasi parameter fisika air maka dapat dilihat pada Gambar 5. Pengaruh pemberian isolat bakteri *indigenus* pada limbah tekstil berdasarkan data parameter fisika yang diamati terlihat memberikan dampak terhadap penurunan nilai suhu dan TSS air limbah.



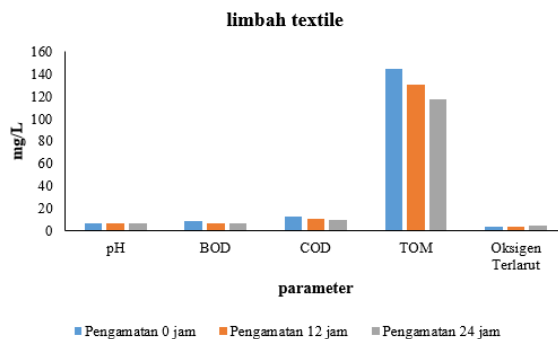
Gambar 5 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* terhadap Parameter Fisika Limbah Tekstil

Penurunan parameter suhu dikarenakan oleh adanya perlakuan aerasi yang dilakukan secara penuh dan konsisten, sedangkan penurunan kadar konsentrasi TSS (*Total Suspended Solids*), disebabkan adanya proses degradasi limbah oleh bakteri pada kondisi aerob (Ariadi et al, 2019). Pada perlakuan kontrol ditunjukkan bahwa parameter fisika limbah tekstil mengalami stagnasi konsentrasi selama 24 jam masa pengamatan (Gambar 6).



Gambar 6 Sampel Kontrol (Tanpa Perlakuan)

Efek pemberian perlakuan isolat bakteri *indigenus* terhadap parameter kimia juga mengalami tren yang hampir sama dengan perlakuan pada sampel limbah batik. Adapun pengaruh dampak pemberian isolat bakteri *indigenus* pada limbah tekstil hasilnya dapat dipresentasikan pada Gambar 7. Pada grafik Gambar 7 diilustrasikan bahwa perlakuan bakteri *indigenus* memberikan dampak penurunan bagi parameter BOD, COD, pH, dan TOM, serta peningkatan konsentrasi parameter oksigen terlarut.



Gambar 7 Pengaruh Perlakuan Bakteri *Indigenus* terhadap Parameter Kimia Limbah Tekstil

Penurunan kadar konsentrasi parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TOM (*Total Organic Matter*) dikarenakan adanya proses penguraian 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).

Penurunan pH air disebabkan oleh adanya kinerja bakteri *indigenus* pada media limbah yang membuat kondisi perairan menjadi masam (pH rendah) (Soeprapto et al, 2022). Proses perlakuan aerasi secara konsisten akan membuat kondisi perairan menjadi aerob serta aktivitas 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.

Secara keseluruhan, pemberian perlakuan isolat bakteri *indigenus* pada limbah tekstil memberikan dampak yang sama dengan pemberian isolat bakteri tersebut pada limbah batik. Artinya bakteri *indigenus* 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 seandainya dibuang ke perairan alam akan menimbulkan kontaminasi dan pencemaran perairan (Wafi dan Ariadi, 2022). Efektivitas

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 (Ariadi dan Mujtahidah, 2022). 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 efektivitas proses dekomposisi limbah (Li et al, 2013). Kemudian, tingkat efektivitas kinerja bakteri *indigenous* juga dapat dilihat dari perlakuan perbandingan (kontrol) pada Gambar 2, 4, dan 6 yang menunjukkan hasil non progres.

4. KESIMPULAN

Pemberian bakteri *indigenous* secara kuantitatif sangat mempengaruhi tingkat penurunan parameter fisika dan kimia limbah cair batik serta tekstil sebesar 10-30% melalui proses degradasi senyawa limbah selama 24 jam, sehingga perlakuan pemberian isolat bakteri *indigenous* ini dirasa cukup efektif jika dibandingkan tanpa ada perlakuan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menhaturkan terima kasih sebesar-besarnya terhadap pihak Bappeda Kota Pekalongan atas fasilitasi program hibah Riset Unggulan Daerah tahun 2022 dengan nomor kontrak penelitian 070/1652.

6. REFERENSI

- 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. (2019). konsep Pengelolaan Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Pola Intensif Berdasarkan Tingkat Konsumsi Oksigen Terlarut. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ariadi H., Fadjar M., Mahmudi M., Supriatna. (2019). The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 12(6), 2103-2116.
- Ariadi H., dan Puspitasari M.N. (2021). Perbandingan Pola Kelayakan Ekologis Dan Finansial Usaha Pada Kegiatan Budidaya Udang Vaname (*L. vannamei*). *Fish Scientiae* 11 (2), 125-138.
- Ariadi H., dan Mujtahidah T. (2022). analisis Permodelan Dinamis Kelimpahan Bakteri *Vibrio* sp. Pada Budidaya Udang Vaname, *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Riset Akuakultur* 16 (4), 255-262.
- Fitri H.M., Hadiwidodo M., Kholiq M.A. (2016). Penurunan Kadar COD, BOD, Dan TSS Pada Limbah Cair Industri Mng (Monosodium Glutamat) Dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5(1), 1-10.
- Indrayani L. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik Di Yogyakarta. *ECOTROPHIC* 12(2), 173 – 184.
- 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.
- 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.
- 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.

- Madusari B.D., Ariadi H., Mardhiyana D. (2022). Effect of the feeding rate practice on the white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultivation activities. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society* 15(1), 473-479.
- 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.
- 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.
- Oliveira E.P., de Moura R.B., Cavalieri C.P., Tiezzi R.O. (2020). Evaluation of silt curtain in the reduction of suspended solids. *Geotextiles and Geomembranes* 48(6), 983-988.
- 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.
- 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.
- Setoaji L., dan Hermana J. (2013). Pengaruh Aerasi dan Sumber Nutrien terhadap Kemampuan Alga Filum Chlorophyta dalam Menyerap Karbon (Carbon Sink) untuk Mengurangi Emisi CO₂ di Kawasan Perkotaan. *Jurnal Teknik Pomits* 2(2), 69-73.
- Soeprapto H., dan Ariadi H. (2022). Pemberdayaan Masyarakat Dan Pengelolaan Potensi Desa Pesisir Melalui Kegiatan Budidaya Ikan. *Jurnal Pengabdian Mandiri* 1 (8), 1351-1356.
- Soeprapto H., Ariadi H., Khasanah K. (2022). Edukasi Pembuatan Probiotik Herbal Untuk Kegiatan Budidaya Ikan. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi* 8 (2), 52-56.
- Soeprapto H., Ariadi H., Khasanah K. (2022). Pelatihan Pembuatan Probiotik Herbal Bagi Kelompok Pembudidaya Ikan. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 1 (8), 1929-1934.
- Surya R.A., Fadlil A., Yudhana A. (2019). Identification of Pekalongan Batik Images Using Backpropagation Method. *Journal of Physics: Conference Series* 1373, 1-8.
- 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.
- Wafi A., Ariadi H., Khumaidi A., Muqsith A. (2021). Pemetaan Kesesuaian Lahan Budidaya Rumput Laut Di Kecamatan Banyuputih, Situbondo Berdasarkan Indikator Kimia Air. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan* 12(2), 160-169
- Wafi A., Ariadi H., Muqsith A., Mahmudi M., Fadjar M. (2021). Oxygen consumption of *Litopenaeus vannamei* in intensive ponds based on the dynamic modeling system. *Journal of Aquaculture and Fish Health* 10 (1), 17-24.
- Wafi A., dan Ariadi H. (2022). Budidaya Rumput Laut Di Wilayah Pesisir. Penerbit ADAB. Indramayu. 102 hlm.
- Wafi A., dan Ariadi H. (2022). estimasi Daya Listrik Untuk Produksi Oksigen Oleh Kincir Air Selama Periode “Blind Feeding” Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology* 18(1), 19-35.
- 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.
- 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.
- 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 N₂O in an Inert Gas. *ACS Omega* 6, 30983–30988.