

**BIODEGRADASI LIMBAH CAIR ORGANIK MENGGUNAKAN KONSORSIUM  
BAKTERI SEBAGAI BAHAN PENYUSUNAN BUKU AJAR MATAKULIAH  
PENCEMARAN LINGKUNGAN**

*Biodegradation of Organic Liquid Waste by Using Consortium Bacteria as Material Preparation of  
Environmental Pollution Course Textbook*

**Dora Dayu Rahma Turista**

STIKes Utama Abdi Husada Tulungagung

Jl. dr. Wahidin Sudiro Husodo No. 1 Tulungagung-Jawa Timur, Telp. (0355) 322738

e-mail korespondensi: doraturistaofficial@gmail.com

**ABSTRAK**

Limbah organik merupakan salah satu jenis limbah yang seringkali mencemari daerah perairan. Biodegradasi dapat digunakan sebagai solusi perbaikan lingkungan yang tercemar bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan konsorsium bakteri dalam mendegradasi limbah cair organik, dan menghasilkan buku ajar matakuliah Pencemaran Lingkungan berdasarkan hasil penelitian biodegradasi limbah organik menggunakan konsorsium bakteri. Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan jenis bakteri dan 3 kali ulangan, sedangkan penelitian tahap kedua merupakan penelitian pengembangan dari hasil penelitian tahap pertama. Hasil penelitian tahap pertama menunjukkan bahwa kombinasi dari 3 isolat bakteri (*Enterobacter gergoviae*, *Vibrio parahaemolyticus*, dan *Pseudomonas stutzeri*) merupakan komposisi konsorsium yang tertinggi potensinya dalam menurunkan kadar BOD (71.75%), COD (74.40%), TSS (58.44%), dan menaikkan DO (84.15%). Penelitian tahap dua mengacu pada model pengembangan bahan ajar Educational Research and Development Borg & Gall, dengan tahapan Research and Information Collecting, Planning, Develop Preliminary Form of Product, Preliminary Field Testing, dan Main Product Revision yang menghasilkan buku ajar untuk matakuliah Pencemaran Lingkungan berjudul Biodegradasi Limbah Organik Menggunakan Konsorsium Bakteri.

**Kata Kunci:** biodegradasi, buku ajar, indigen, isolat, konsorsium

**ABSTRACT**

Organic waste is one waste type which oftenly pollutes the waters. Biodegradation can be used as an environmental remedy solution that is contaminated by organik matter. This research aimed to determine the ability of bacteria consortium in degrading of organic liquid waste, and construct the textbook for Environmental Pollution subject based on research of biodegradation organic waste by using bacteria consortium. This research was done through two stages. The first stage was an experimental research by using Randomized Complete Designe with bacterial type treatment and 3 repetitions, while the second phase of research was a developmental research from the first stage. The results of the first phase showed that the combination of 3 indigenous isolats bacteria (*Enterobacter gergoviae*, *Vibrio parahaemolyticus*, and *Pseudomonas stutzeri*) was the highest potential bacteria in decreasing BOD (71.75%), COD (74.40%), TSS (58.44%), and increasing DO (84.15%). The second phase was Educational Research and Development of teaching materials which refers to the development model of Borg & Gall. The stages of research were: Research and Information Collecting, Planning, Develop Preliminary Form of Product, Preliminary Field Testing and Main Product Revision which was produced as textbook for the Environmental Pollution course entitled Biodegradation Organic Waste by Using Bacteria Consortium.

**Keywords:** biodegradation, bacteria consortium, indigenous, isolat, textbook,

Pencemaran lingkungan adalah masalah publik yang dihadapi saat ini. Pencemaran timbul akibat terlalu banyaknya masukan beban pencemar ke lingkungan, sehingga kemampuan lingkungan untuk mengolah

pencemar secara alami tidak sebanding dengan jumlah yang harus diolah. Sumber pencemar seringkali berasal dari limbah industri, limbah pertanian, dan limbah rumah tangga atau limbah domestik yang

pengolahannya belum sempurna atau secara langsung di buang ke lingkungan. Tidak sedikit industri dan rumah tangga yang secara langsung mengalirkan limbahnya ke badan air, yang mengakibatkan terjadinya pencemaran air. Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya (PPRI, 2001). Pencemaran air juga dialami oleh sungai Badeg yang terletak di kelurahan Ciptomulyo, kecamatan Sukun, kota Malang.

Sungai Badeg mendapat *supply* limbah dari rumah warga, sekolah, dan industri penyamakan kulit, yaitu PT Usaha Loka dan PT Kasin yang berada di sekitar aliran sungai tersebut. Sungai ini mempunyai ciri fisik yang berbau busuk, keruh, berwarna keabu-abuan, putih, dan terkadang berwarna keunguan. Hal ini mengindikasikan bahwa sungai Badeg tercemar bahan organik. Karakteristik utama limbah organik biasanya berbau busuk karena mengalami pembusukan oleh mikroorganisme. Berdasarkan sifat yang dimiliki, karakteristik limbah organik dibagi menjadi tiga, yaitu karakter fisika (meliputi padatan total, kekeruhan, bau, suhu, dan warna), kimia (mengandung karbohidrat, protein, dan lemak), dan biologi (mengandung mikroorganisme) (Doraja *et al.*, 2012).

Pengaruh utama limbah organik yang masuk ke dalam air adalah menurunkan kandungan oksigen terlarut/ *Desolve Oxygen* (DO), dan meningkatkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved*

*Solid* (TDS) yang merupakan parameter utama pencemaran air (Paramita *et al.*, 2012). Berdasarkan uji pendahuluan peneliti dengan mengambil sampel di tiga titik air sungai Badeg diketahui bahwa sungai Badeg mengandung BOD 331.935 mg/L, COD 544.000 mg/L, DO 3.577 mg/L, dan TSS 400.000 mg/L. Nilai tersebut tidak dapat memuhi dan bahkan sangat jauh dari standar baku mutu air kelas II peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001.

Cara paling mendasar untuk menanggulangi dampak negatif pencemaran lingkungan adalah menjaga kualitas lingkungan tetap sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Biodegradasi menawarkan solusi pencemaran lingkungan secara efektif, ekonomis, dan efisien. Biodegradasi merupakan solusi penanganan limbah secara biologi dengan memanfaatkan peran mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan sebagai agen biodegradasi adalah mikroorganisme yang mampu menguraikan limbah organik menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Penguraian ini terjadi karena mikroorganisme mampu memanfaatkan limbah organik untuk mendukung pertumbuhannya.

Bakteri adalah mikroorganisme yang berperan penting sebagai pengurai dalam ekosistem. Bakteri mampu beradaptasi terhadap lingkungan karena mampu mensintesa enzim untuk pertumbuhannya. Eksoenzim yang disekresi bakteri dapat mengurai molekul kompleks menjadi lebih sederhana (Madigan, 1991 dalam Sutanto, 2010). Gabungan dari beberapa jenis mikroba yang bekerjasama atau disebut dengan konsorsium biasanya lebih efektif dalam menurunkan beban kadar pencemar bila dibandingkan dengan

satu jenis mikroba. Umumnya proses degradasi di lingkungan dilakukan oleh konsorsium mikroba bukan satu jenis mikroba saja (Thompson *et al.*, 2005).

Usaha atau langkah perbaikan lingkungan tercemar sebaiknya dilakukan oleh semua kalangan. Hal ini dapat dimulai dari pengenalan teknik perbaikan lingkungan di kalangan mahasiswa, salah satunya dengan menyusun buku ajar terkait dengan biodegradasi. Buku adalah sumber belajar sepanjang masa. Buku ajar disusun menggunakan model penelitian dan pengembangan Borg & Gall (1983) karena memiliki langkah yang lengkap dan terdapat beberapa kali uji coba serta revisi, sehingga produk buku ajar dapat menjadi sumber belajar yang berkualitas bagi mahasiswa. Buku ajar juga disusun berdasarkan hasil penelitian biodegradasi limbah organik menggunakan konsorsium bakteri yang dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep, teknik, dan aplikasi biodegradasi sebagai solusi pencemaran lingkungan.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama merupakan penelitian eksperimen, sedangkan penelitian tahap kedua merupakan penelitian pengembangan dari hasil penelitian tahap pertama.

Alat yang digunakan pada penelitian tahap 1 diantaranya adalah: 1) Alat untuk pengambilan sampel, yaitu *bottle sample* steril, botol steril, termos es; 2) Alat untuk sterilisasi, yaitu otoklaf, oven kering; 3) Alat untuk pengukuran dan pengenceran media: timbangan analitik digital Sartorius, gelas ukur Pyrex (10 ml, 100 ml, 500 ml), labu Erlenmeyer Pyrex (500 ml, 1000 ml), gelas piala Pyrex (2000 ml), tabung kultur

Pyrex (20 ml), *thermolyne homogenizer*, *magnetic stirrer*, pipet berskala; 4) Alat untuk aklimasi, yaitu *shaker*, kaca pengaduk, *magnetic stirrer*; 5) Alat untuk mengisolasi, yaitu mikropipet 0,01; 1; 10  $\mu$ l, jarum inokulasi berkolong, jarum inokulasi ujung lurus, tabung reaksi, cawan petri, lemari es, inkubator, rak tabung; 6) Alat untuk inokulasi dan inkubasi, yaitu cawan Petri (diameter 15 cm, tinggi 6,3 cm, tebal 3 mm), jarum inokulasi lurus, jarum inokulasi berkolong, lampu spiritus, *laminar air flow*, inkubator digital, kaca pengaduk, pengocok; 7) Alat untuk mengamati karakteristik bakteri, yaitu mikroskop, mikrometer okuler, mikrometer objek; 8) Alat untuk pengujian biodegradasi *in vitro*: 4 buah fermentor bervolume 1 liter dilengkapi thermometer, pH meter, aerator dan pengaduk; ditambah 1 fermentor bervolume 2,5 liter. Bahan yang digunakan dalam penelitian tahap 1 adalah sampel air sungai Badeg, medium Luria Bertani (terdiri dari pepton 10 g, yeast ekstrak 5 g, NaCl 10 g, aquades 1000 ml), agar, air pepton 0,1%, alkohol 70% dan 96%, aluminium foil, kertas label, kertas cokelat, lisol, isolat bakteri yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Malang, yaitu *Enterobacter gergoviae*, isolat *Vibrio parahaemolyticus*, isolat *Pseudomonas stutzeri*, dan starter konsorsium bakteri yang diinkubasi 1x24 jam.

Penelitian eksperimen bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri *E. gergoviae*, *V. parahaemolyticus*, *P. stutzeri* dan komposisi konsorsiumnya dalam mendegradasi limbah organik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan jenis bakteri yang dilakukan dengan 3 ulangan. Penelitian ini memiliki beberapa

variabel, diantaranya adalah (a) variabel bebas, yaitu macam isolat bakteri indigen; komposisi konsorsium bakteri dan waktu biodegradasi *in vitro*, yaitu hari ke-0 hingga hari ke-7; (b) variabel terikat, yaitu penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan kenaikan kadar DO; dan (c) variabel kontrol, yaitu suhu inkubasi yang digunakan (37° C), kecepatan *shaker* (100 rpm), dan umur biakan murni bakteri (1x24 jam).

Pengujian kadar BOD, COD, DO, dan TSS dilakukan pada hari ke 0 dan hari ke 7. Data hasil pengamatan selanjutnya dihitung efisiensinya. Menurut Suarsini (2007) rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi penurunan} = \frac{n1 - n2}{n1} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Efisiensi kenaikan} = \frac{n2 - n1}{n2} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

n1 = Kadar awal  
n2 = Kadar akhir

Penelitian tahap 2 adalah menyusun hasil-hasil dari penelitian tahap 1 menjadi buku ajar yang berjudul "Teknik dan Aplikasi Biodegradasi Limbah Organik Menggunakan Konsorsium Bakteri". Model yang digunakan dalam penyusunan buku ajar adalah model penelitian dan pengembangan versi Borg & Gall (1983) yang dilakukan sampai langkah ke lima karena keterbatasan waktu. Adapun langkah yang dilakukan adalah *research and information collecting* (meliputi observasi lapangan dan kajian literatur), *planning* (pada langkah ini dilakukan perumusan kecakapan dan keahlian yang berkaitan dengan permasalahan, menentukan tujuan spesifik yang akan dicapai produk, dan

lama waktu yang dibutuhkan), *develop preliminary form of product* (pada langkah ini sudah mulai mengembangkan bentuk awal dari produk yang akan dihasilkan), *preliminary field testing* (pada langkah ini dilakukan uji coba lapangan awal dalam skala terbatas dengan melibatkan ahli (ahli materi dan ahli media pembelajaran), pengguna (dosen pengampu), dan mahasiswa dalam skala terbatas yaitu sebanyak 10 orang), dan *main product revision* (pada langkah ini dilakukan perbaikan terhadap produk awal yang dihasilkan berdasarkan hasil uji coba awal).

Data kuantitatif berupa skor lembar validasi yang diperoleh diubah ke dalam bentuk persentase dengan menghitung persentase jawaban. Menurut Arikunto (2002) rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\% \quad (3)$$

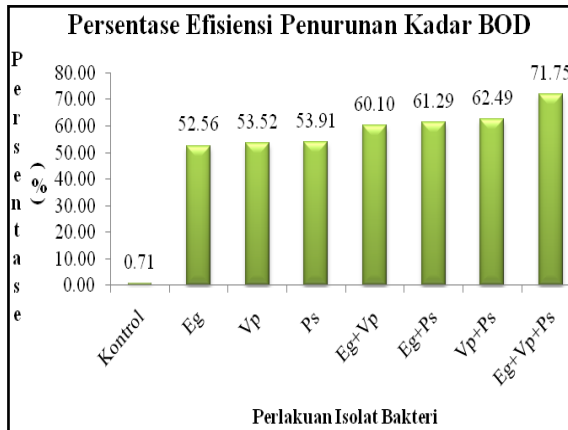
Keterangan:

P = Persentase  
 $\sum x$  = Jumlah jawaban responden dalam 1 item  
 $\sum xi$  = Jumlah skor ideal dalam item  
100% = Konstanta

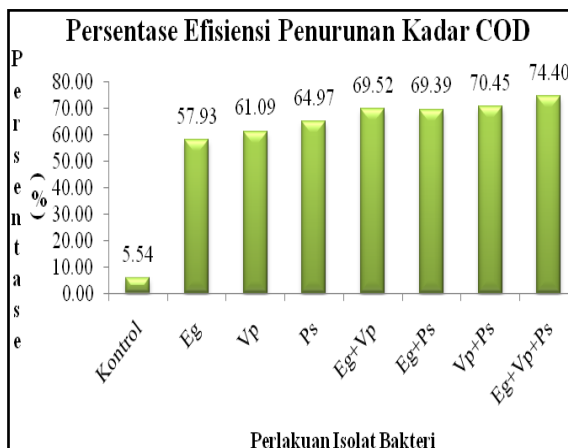
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan biodegradasi secara *invitro*, diketahui bahwa komposisi konsorsium bakteri yang terdiri dari tiga kombinasi bakteri, yaitu *E. gergoviae*, *V. parahaemolyticus*, dan *P. stutzeri* merupakan komposisi konsorsium yang paling efisien dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS serta menaikkan DO bila dibandingkan dengan isolat tunggal ataupun konsorsium yang terdiri dari 2 isolat (ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4). Hal ini dikarenakan 3 isolat bakteri yang

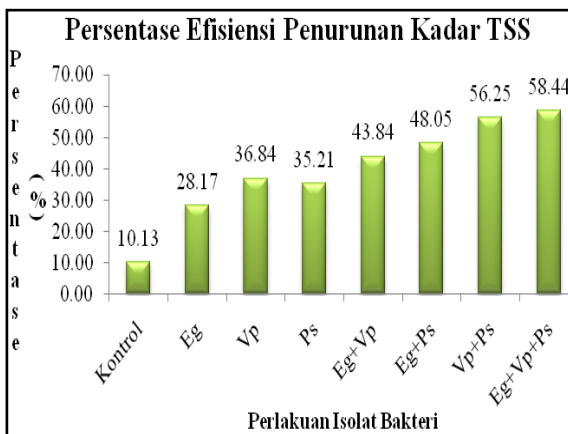
berkonsorsium tersebut bekerjasama secara sinergisme dalam meremediasi limbah, sehingga proses reduksi berjalan lebih efektif bila dibandingkan dengan isolat tunggal ataupun konsorsium ganda (Turista, 2015).



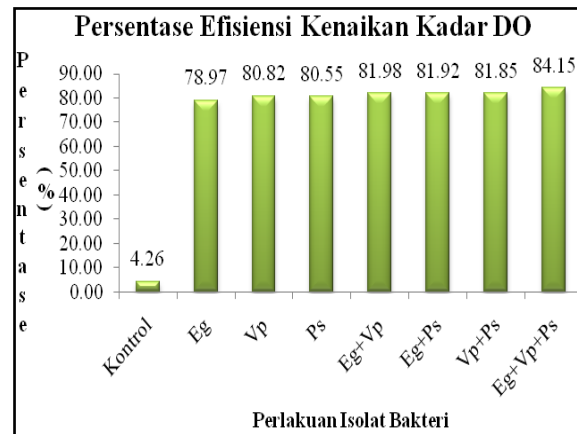
Gambar 1. Persentase Efisiensi Penurunan Kadar BOD



Gambar 2. Persentase Efisiensi Penurunan Kadar COD



Gambar 3. Persentase Efisiensi Penurunan Kadar TSS



Gambar 4. Persentase Efisiensi Kenaikan Kadar DO

BOD atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dalam limbah cair. COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. DO atau oksigen terlarut adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari hasil fotosintesis ataupun adsorpsi dari udara. TSS atau zat padat tersuspensi adalah semua zat padat atau partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen biotik dan abiotik serta organik dan anorganik.

Merujuk pada baku mutu limbah cair serta definisi dari BOD dan COD menunjukkan bahwa tingginya nilai BOD dan COD pada limbah menandakan adanya beban pencemaran bahan organik yang tinggi pada limbah. Menurut Happy *et al* (2012) nilai BOD mengindikasikan keberadaan bahan organik di perairan, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air, namun hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biokimiawi.

Penurunan nilai BOD dan COD menandakan adanya degradasi bahan organik dalam limbah. Penurunan yang signifikan pada nilai BOD dapat dikaitkan dengan konsumsi materi organik oleh mikroba sebagai sumber makanan (Porwal *et al.*, 2015).

Biodegradasi berjalan efisien karena mikroorganisme mendekomposisi bahan yang terdispersi halus, koloid, dan zat terlarut melalui metabolisme (Dhall *et al.*, 2012). Senyawa organik digunakan sebagai sumber nutrisi bagi bakteri heterotrof sehingga menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa organik terurai menjadi senyawa sederhana yang dapat digunakan sebagai sumber nutrisi bagi bakteri nitrifikasi dalam industri air limbah. Menurut Priadie *et al* (2014) bakteri nitrifikasi adalah bakteri yang ditemukan dalam air limbah yang mengandung senyawa organik, sehingga bakteri nitrifikasi yang mendapat nutrisi tambahan dapat bekerja lebih efektif dalam dekomposisi amonia di industri air limbah.

Molekul kecil berdifusi ke dalam bakteri (ingesti) melalui dinding sel dan di saat yang sama, beberapa molekul kompleks yang lebih besar yang telah disintesis bakteri ke luar melewati dinding sel (sekresi). Enzim ekstraseluler merupakan salah satu produk ekskresi bakteri. Enzim memecah molekul organik besar menjadi monomer kecil yang cukup kecil untuk dicerna. Bakteri menggunakan molekul yang teringesti untuk mensintesis molekul baru dalam pertumbuhannya (Davies, 2005).

Pemberian konsorsium bakteri indigen memaksimalkan proses penguraian senyawa organik sehingga mengakibatkan penurunan kadar bahan organik. Penurunan kadar bahan organik diikuti oleh penurunan

jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik, sehingga kadar BOD dan COD menurun. Menurunnya kadar BOD dan COD mengakibatkan kadar oksigen terlarut dalam air bertambah melimpah sehingga kadar DO meningkat. Ononiwu & Ekwenye (2017) melaporkan bahwa kombinasi 3 organisme yang membentuk konsorsium menunjukkan aktivitas maksimal dengan nilai BOD, COD, dan Lipid yang sangat rendah dibandingkan perlakuan satu bakteri.

Kadar TSS yang tinggi menjadi indikasi tingginya beban pencemaran yang berupa bahan organik yang melayang pada perairan. Terjadi penurunan kadar TSS sebanyak 58,44% setelah diberi konsorsium bakteri dikarenakan konsorsium bakteri telah menguraikan senyawa organik yang ada di sampel air. Gaikwad *et al* (2014) juga melaporkan bahwa konsorsium mikroba dapat menurunkan TSS sebanyak 79,76% dalam 72 jam di dalam reaktor.

Buku ajar yang disusun berdasarkan biodegradasi limbah organik menggunakan konsorsium bakteri selanjutnya dilakukan validasi terhadap para ahli dan juga dilakukan uji keterbacaan terhadap 10 mahasiswa. Data hasil validasi dan uji keterbacaan selanjutnya diubah dalam bentuk persen, dengan hasil yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Validasi dan Uji Keterbacaan

Bidang Keahlian	Hasil Validasi	Keterangan
Materi (Pencemaran Lingkungan) Bahan Ajar	82.86%	Cukup Valid (Tidak Revisi)
(Pengembangan Bahan Ajar)	88.72%	Valid (Tidak Revisi)
Praktisi Pendidikan (Dosen Matakuliah Pencemaran Lingkungan)	97.14%	Valid (Tidak Revisi)
Pengguna (Mahasiswa)	80.28%	Cukup Valid (Tidak Revisi)

Berdasarkan uji validasi serta keterbacaan yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa buku ajar telah valid dan tidak perlu revisi, namun demikian penulis melakukan revisi berdasarkan saran yang telah diberikan oleh validator dan mahasiswa.

## **PENUTUP**

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kombinasi 3 isolat bakteri, yaitu *Enterobacter gergovia*, *Vibrio parahaemolyticus*, dan *Pseudomonas stutzeri* merupakan komposisi konsorsium yang tertinggi potensinya dalam menurunkan kadar BOD (sebesar 71.75%), COD (sebesar 74.40%), TSS (sebesar 58.44%), dan menaikkan kadar DO (sebesar 84.15%) pada biodegradasi secara *in vitro*. Hasil penelitian biodegradasi limbah organik menggunakan konsorsium bakteri digunakan sebagai dasar penyusunan buku ajar yang telah valid tanpa revisi berdasarkan validasi ahli materi, validasi ahli media, dan validasi keterbacaan oleh 10 orang mahasiswa, namun masih dilakukan revisi berdasarkan saran yang diberikan.

Saran pada penelitian ini diantaranya adalah perlu dilakukan penelitian lanjutan pada penelitian tahap 1 yaitu, uji hayati, uji skala pilot plan, dan bioremediasi, dan perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan cara melengkapi langkah-langkah dalam tahapan model penelitian & pengembangan Borg & Gall, diantaranya adalah *main field testing*, *operational product revision*, *operational field testing*, *final product revision*, serta *dissemination and implementation*.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dr. Endang Suarsini, M.S dan Prof. Dr. Mimien Henie Irawati, M.S atas bimbingan dan arahnya dalam penelitian ini. Terimakasih disampaikan kepada Prof. Dr. Punadji Setyosari, M.Pd, M.Ed, Dr. Fatchur Rochman, M.Si, dan Dr. Istamar Syamsuri, M.Si selaku tim validator buku. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada para mahasiswa yang telah membantu dalam melakukan uji keterbacaan, serta para pihak lain yang memberi dukungan.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Arikunto, S. (2002). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktek*. Jakarta, Indonesia: Rineka Cipta.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. (1983). *Educational research and developmen: R. M. W. Travers*. Chieagor: Rar McNally.
- Davies, P. S. (2005). *The biological basis of wastewater treatment*. Glasgow, UK: Strathkelvin Instruments Ltd.
- Dhall, P., Kumar, R. & Kumar, A. (2012). Biodegradation of sewage wastewater using autochthonous bacteria. *Scientific World Journal v.2012 PMC3260589*.
- Doraja, P. H., Shovitri, M., & Kuswytasari, N. D. (2012). Biodegradasi limbah domestik dengan menggunakan inokulum alami dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS, 1(1)*, 44-47.
- Gaikwad, G. L., Wate, S. R., Ramteke, D. S., & Roychoudhury, K. (2014). Development of microbial consortia for the effective treatment of complex wastewater. *J. Bioremediation & Biodegradation 5:227*. DOI: 10.4172/2155-6199.1000227.
- Happy, A. R., Masyamsir, & Dhahiyat, Y. (2012). Distribusi kandungan logam

- berat Pb dan Cd pada kolom air dan sedimen daerah aliran sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3), 175-183.
- Ononiwu, P. & Ekwenye, U. (2017). Bio-treatment of lipid-rich wastewater by lipolytic bacteria from abattoir along its receiving river (Aba River), Nigeria. *International Journal of Advanced Research and Review*, 2(4), 01-09.
- Paramita, P., Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2012). Biodegradasi limbah organik pasar dengan menggunakan mikroorganisme alami tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(Sept, 2012), 23-26.
- Porwal, H. J., Mane, A. V., & Velhal, S. G. (2015). Biodegradation of dairy effluent by using microbial isolats obtained from activated sludge. *Water Resources and Industry (2015)*, 1-15.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. (2001). *Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Priadie, B., Rinjani, R. R., Arifin, Z. M., Safitri, R., & Imanda, N. (2014). Bioremediation of Cimuka River stream by the consortium of *Bacillus coagulans*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus amyloлитicus*, and *Nitromonas* sp. *Scientific Papers. III: Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*.
- Suarsini, E. (2007). *Bioremediasi limbah rumah tangga menggunakan konsorsia bakteri indigen dalam menunjang pembelajaran masyarakat*. (Disertasi tidak dipublikasikan). Program Pascasarjana UM, Malang.
- Sutanto, A. (2010). *Bioremediasi limbah cair nanas dengan konsorsia bakteri indigen dan pemanfaatannya untuk penyusunan buku Bioremediasi*. (Tesis tidak dipublikasikan). Program Pascasarjana UM, Malang.
- Thompson, I. P., Gast, C. J. V. D., Ciric, L., & Singer, A. C. (2005). Bioaugmentation for bioremediation the challenge of strain selection. *Envi. Microbiology*, DOI:10.1111/j.1462-2920.2005.00804.x.
- Turista, D. D. R. (2015). *Bioreduksi logam berat Cr<sup>6+</sup> menggunakan konsorsium bakteri indigen sungai Badeg Kota Malang sebagai bahan penyusunan buku ajar matakuliah Pencemaran Lingkungan* (Tesis tidak dipublikasikan). Program Pascasarjana UM, Malang.