

POTENSI BAKTERI INDIGEN DALAM BIODEGRADASI AIR SUNGAI

Hasminar Rachman Fidiastuti^{1*}

¹Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Indonesia

Abstrak: Sungai Badeg merupakan salah satu sungai kecil di kota Malang yang tercemar limbah pabrik kulit. Hasil pengukuran kualitas pada sampel air sungai Badeg menunjukkan kondisi yang tidak memenuhi baku mutu air yaitu TSS sebesar 400 ppm, BOD sebesar 331 mg/L, COD sebesar 544 mg/L, DO sebesar 3,6 mg/L dan kadar lemak sebesar 280 mg/L. Lemak merupakan salah satu bahan organik yang sulit untuk diuraikan secara alamiah. Biodegradasi diharapkan dapat menjadi solusi perbaikan kondisi perairan dengan cara memanfaatkan aktivitas bakteri indigen dengan karakteristik pendegradasi lemak. Kegiatan biodegradasi dilakukan dengan cara mengintroduksi bakteri indigen (yang telah diseleksi dari proses isolasi dan memiliki potensi pendegradasi paling tinggi diantara jenis isolat lain yang ditemukan) kemudian dikultur dan diinokulasikan kembali pada sampel air sehingga proses transformasi akan berlangsung lebih optimal. Biodegradasi dilakukan secara *in vitro*, dan menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap perubahan kadar TSS menjadi 293,3 ppm, BOD sebesar 117,3 mg/L, COD sebesar 165,3 mg/L, DO sebesar 19 mg/L dan kadar lemak sebesar 0,02 mg/L. Biodegradasi dengan memanfaatkan bakteri indigen dapat menjadi alternatif dalam memperbaiki kualitas perairan.

Kata Kunci: biodegradasi, bakteri indigen, lipolitik

PENDAHULUAN

Sungai Badeg merupakan salah satu sungai kecil yang mengalir melewati pemukiman padat penduduk dan area sekolah di Jalan Kolonel Sugiono Gang 8 Malang. Sungai kecil ini menjadi tempat pembuangan limbah cair dari aktivitas pengolahan dan penyamakan pabrik kulit, yaitu PT Usaha Loka dan PT Kasin. Pembuangan limbah cair yang dilakukan pada jam-jam tertentu menyebabkan kondisi fisik dan kimia perairan menjadi berubah. Air sungai berwarna kehitaman, ungu, bahkan hitam pekat dengan bau busuk yang sangat menyengat. Uji kualitas air yang dilakukan pada sampel air Badeg menunjukkan kadar di atas baku mutu air yang sudah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) No 82 Tahun 2001 pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Parameter Kimia Organik dan Anorganik Air Sungai *Badeg* dengan Kriteria Mutu Air Kelas II

Parameter	Satuan	Sungai <i>Badeg</i>	Mutu Air Kelas II
Fisika			
TSS	ppm	400	50
Kimia Anorganik			
BOD	mg/L	331	3
COD	mg/L	544	25
DO	mg/L	3.577	4
Kimia Organik			
Lemak & Minyak	mg/L	280	1

Sumber: Hasil analisis sampel air sungai *Badeg* di Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang dan Lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Kriteria Mutu Air berdasarkan Kelas

e-mail : indo.hasminar@gmail.com

P-ISSN: 1411-5433

E-ISSN: 2502-2768

© 2014 Sainifika; Jurusan PMIPA, FKIP, Universitas Jember

<http://jurnal.unej.ac.id/index.php/STF>

Kondisi perairan yang buruk akan memberikan dampak bagi kesehatan warga sekitar, sehingga diperlukan upaya nyata yang dapat memperbaiki kondisi perairan, yaitu dengan cara biodegradasi. Biodegradasi dipilih karena telah terbukti efektif dalam mendegradasi senyawa organik maupun anorganik melalui potensi bakteri pendegradasi. Bakteri pendegradasi memiliki aktifitas enzimatis yang dapat merombak senyawa dengan susunan yang kompleks, menjadi lebih sederhana sehingga berkurang toksisitasnya. Biodegradasi sebagai upaya rehabilitasi perairan yang tercemar, dapat memberikan kontribusi bagi perbaikan kualitas lingkungan, terutama lingkungan perairan.

TINJAUAN TEORITIS

Tahun-tahun terakhir, salah satu perhatian utama terhadap kualitas air adalah terkait dengan upaya mendeteksi polutan berupa bahan kimia berbahaya yang dihasilkan oleh industri dan air limbah perkotaan (Cesaro *et al.*, 2013). Limbah perkotaan banyak mengandung campuran zat-zat organik asing yang bersifat kompleks (*Xenobiotic Organic Compounds/XOCs*) yang bisa berasal dari produk perseorangan, industri farmasi, hormon yang terekskresikan, dan bahan kimia dalam penggunaannya dalam berbagai jenis industri (Kristensen, 2007).

Hal ini dikarenakan toksisitas bahan kimia tersebut yang ternyata berdampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Cesaro *et al.*, (2013) menyebutkan bahwa salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk degradasi senyawa berbahaya adalah dengan cara melakukan tehnik yang melibatkan tehnik biologis yang dilanjutkan dengan proses oksidasi lanjutan (*AOPs/Advanced Oxidation Processes*).

Bioremediasi merupakan proses yang memanfaatkan makhluk hidup (*organisme*) untuk transformasi substansi-substansi yang membahayakan menjadi hasil samping yang tidak toksik (Baker, 1994). Bioremediasi juga dapat didefinisikan sebagai sebagai sebuah teknologi yang memanfaatkan sistem biologi untuk mengkatalisis perubahan dari berbagai macam bahan kimia sehingga mengurangi bentuk berbahayanya (Tsan Huang, Tanpa tahun).

Bioremediasi memungkinkan terciptanya kondisi lingkungan yang dirancang sedemikian rupa, sehingga tercipta suasana yang kondusif bagi terselenggaranya interaksi pada mikroba, sehingga mikroba memiliki kemampuan dalam mendegradasi senyawa-senyawa menjadi tidak toksik. Biodegradasi merupakan suatu proses alami dalam mentransformasikan bahan

pencemar yang umumnya memiliki molekul lebih besar (kompleks) menjadi bentuk sederhana.

Transformasi dilakukan oleh mikroorganisme, khususnya bakteri pendegradasi melalui proses metabolisme dengan cara menghasilkan enzim-enzim. Optimalisasi kondisi lingkungan dilakukan agar aktivitas metabolisme mikroba dapat terselenggara dengan baik.

METODE PENELITIAN

Kegiatan biodegradasi *in vitro* dilakukan dengan cara mengintroduksi bakteri indigen dengan tahapan sebagai berikut.

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel berupa air yang mengalir pada sungai *Badeg* dan dilakukan pada jam-jam tertentu saat limbah dibuang dengan menggunakan botol sampel steril yang dilengkapi dengan tutup. Pengambilan sampel menggunakan media yang sudah disterilisasi secara aseptik untuk mencegah kontaminasi bakteri dari luar. Sampel dibawa ke laboratorium dengan menggunakan *media transport*, yang bertujuan untuk menjaga agar pertumbuhan mikroorganisme terhambat sebelum perlakuan berlangsung.

2. Pembuatan Medium

Media selektif yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu media *Bussnell Hass* (BH) ditambah *olive oil*. Penambahan *olive oil* bertujuan untuk mendapatkan propagasi bakteri dengan karakter pendegradasi lemak.

3. Propagasi Bakteri Indigen

Propagasi dilakukan dengan tujuan untuk menumbuhkan bakteri dengan karakter pendegradasi yang diinginkan. Sampel air limbah yang diperoleh dihomogenkan menggunakan pengocok (*shaker*). Burlage (1998) menjelaskan bahwa sebanyak 10% dari air limbah yang sudah homogen perlu ditumbuhkan pada media selektif cair untuk memperoleh bakteri dengan karakter pendegradasi.

4. Penapisan Bakteri Indigen

Tujuan dari proses penapisan adalah untuk memaksimalkan pertumbuhan bakteri dengan karakter pendegradasi yang diinginkan.

5. Pengukuran Tingkat Degradasi Lemak

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi lemak sekaligus menentukan 3 spesies paling berpotensi dalam mendegradasi lemak dan akan digunakan dalam penelitian biodegradasi secara *in vitro*.

6. Inventarisasi Data dan Pemilihan Bakteri Paling Berpotensi

Data hasil indeks hidrolisis masing-masing isolat diinventarisasi dengan cara pemberian label. Perbedaan indeks hidrolisis bakteri dihitung menggunakan ANAVA satu jalur. Uji statistik dilanjutkan dengan uji Duncan untuk memilih isolat bakteri indigen yang paling berpotensi.

7. Identifikasi Bakteri

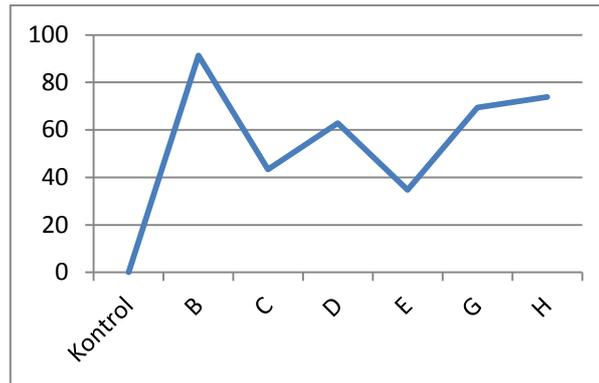
Setelah mendapatkan isolat bakteri indigen yang paling berpotensi dalam hidrolisis senyawa organik melalui uji statistik, isolat akan diidentifikasi. Identifikasi isolat bakteri dilakukan berdasarkan karakterisasi dan kemudian dilakukan determinasi sampai ke tingkat spesies. Tahap selanjutnya adalah pemilihan bakteri yang paling berpotensi dan bersifat tidak patogen. Determinasi bakteri dilakukan sampai tingkat spesies.

8. Pengujian Biodegradasi secara *In Vitro*

Pengujian biodegradasi secara *in vitro* merupakan kegiatan penelitian eksperimen yang menggunakan rancangan acak kelompok dan disusun secara faktorial. Melibatkan 2 faktor yaitu variasi inokulan dan waktu inkubasi. Faktor variasi inokulan terdiri atas 4 kombinasi yaitu inokulan A, B, C dan A+B+C. Faktor waktu inkubasi meliputi pengamatan awal percobaan, hari pertama, hari kedua, hari ketiga sampai hari ketujuh.

HASIL PENELITIAN

Isolat bakteri yang ditemukan berpotensi dalam mendegradasi lemak adalah sebanyak 6 isolat. Berdasarkan hasil pengujian kadar lemak menggunakan metode *Direct Acid Hydrolysis* diketahui bahwa setiap isolat bakteri indigen yang berhasil diisolasi dari sampel air sungai *Badeg*, memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam mendegradasi lemak. Persentase efisiensi optimasi yang ditunjukkan dari masing-masing jenis isolat bakteri indigen dalam mendegradasi lemak dapat dilihat pada Grafik 1.

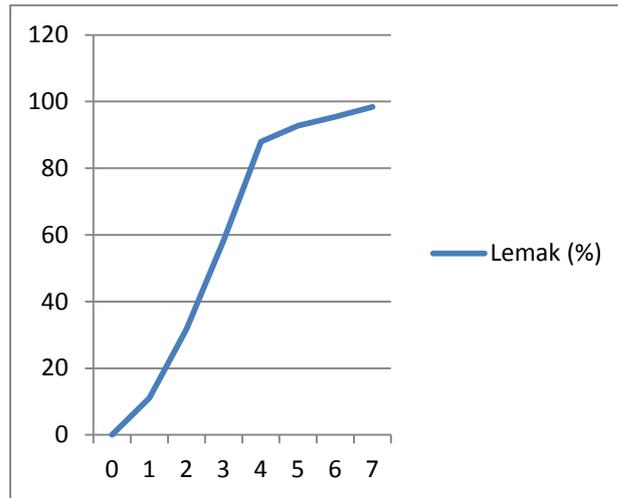


Grafik 2. Grafik Efisiensi Kemampuan Setiap Isolat dalam Mendegradasi Lemak

Grafik 2 menunjukkan bahwa isolat B, G dan H memiliki rerata efisiensi optimasi lebih tinggi dibandingkan isolat lain, yaitu isolat B sebesar 91,29%; isolat G sebesar 69,47% dan isolat H sebesar 73,85%. Sehingga isolat yang digunakan dalam tahapan biodegradasi *in vitro* adalah isolat B, G dan H.

Pengukuran kadar lemak dilakukan dengan metode analisis *Direct Acid Hydrolysis*, yang dilakukan sebelum penambahan isolat (hari ke-0) dan sesudah penambahan isolat (hari ke-1 sampai hari ke-7). Sedangkan pengukuran BOD, COD, DO dan TSS dilakukan sebelum (hari ke-0) dan sesudah penambahan isolat (hari ke-7).

Berdasarkan hasil perhitungan persentase degradasi dapat diketahui bahwa konsorsium isolat BGH memiliki kemampuan dalam mendegradasi lemak tertinggi, yaitu memiliki rerata keefektifan sebesar 98,42%. Kadar lemak dalam sampel air juga telah turun menjadi 0.0226 mg/L dan telah memenuhi baku mutu sesuai PP No 82 Tahun 2001 untuk air kelas II sebesar 1 mg/L. Kenyataan ini membuktikan bahwa konsorsium bakteri BGH memiliki potensi degradasi lemak yang lebih efektif, jika dibandingkan konsorsium dengan jumlah isolat tunggal atau ganda lainnya, dan waktu degradasi paling efektif adalah hari ke-7 seperti tampak pada Grafik 2.

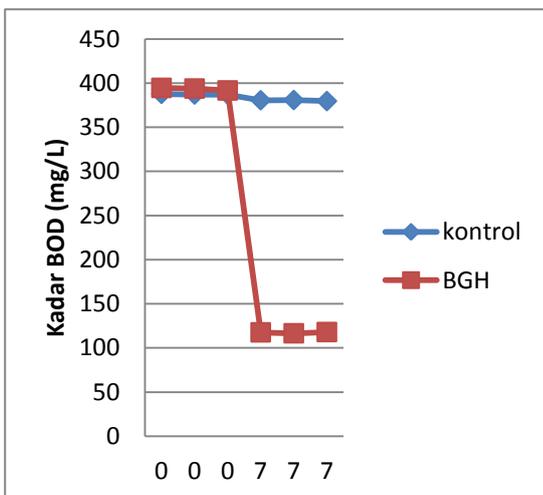


Grafik 2. Diagram Efisiensi Penurunan Lemak (%) Dari Hari Ke-0 sampai Hari Ke-7 oleh Konsorsium BGH

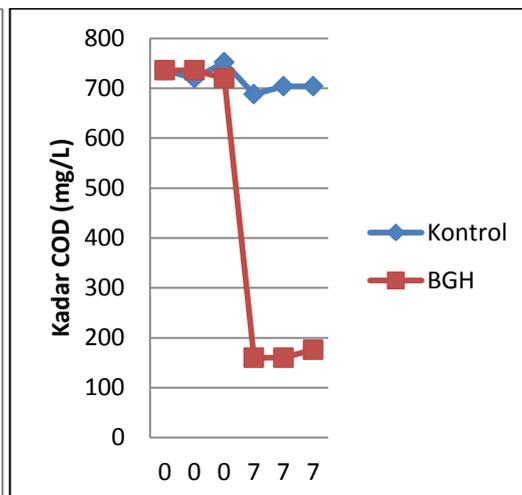
Selain kadar lemak, pengukuran juga dilakukan terhadap kadar BOD, COD, DO dan TSS. Adapun tehnik pengukuran adalah sebagai berikut:

- Kadar BOD diukur dengan menggunakan metode analisis *5th day incubation*
- Kadar COD diukur dengan menggunakan metode analisis *Dichromate Oxidation*
- Kadar DO diukur dengan menggunakan metode analisis *Dissolved Oxygen Before*
- Kadar TSS diukur dengan menggunakan metode analisis Gravimetri.

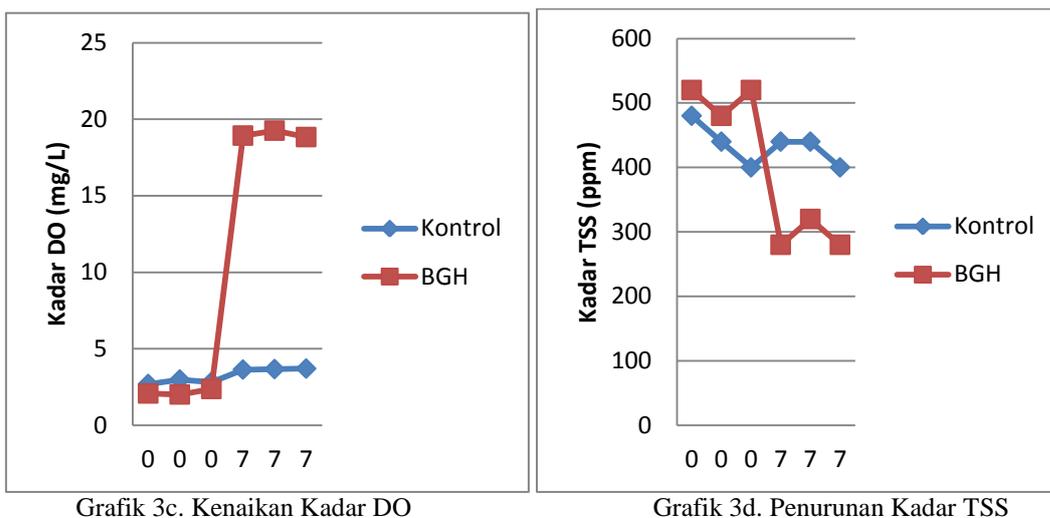
Hasil pengukuran BOD, COD, DO dan TSS dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-7. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa setiap konsorsium isolat memiliki kemampuan menurunkan BOD, COD dan TSS serta menaikkan DO dengan kadar yang berbeda-beda. Potensi tertinggi ditunjukkan konsorsium isolat bakteri BGH dalam kemampuan mendegradasi lemak, sehingga menurunkan kadar BOD (Grafik 3a), COD (Grafik 3b), dan TSS (Grafik 3d) serta menaikkan DO (Grafik 3c) selama 7 hari disajikan pada **Grafik 3**.



Grafik 3a. Penurunan Kadar BOD



Grafik 3b. Penurunan Kadar COD



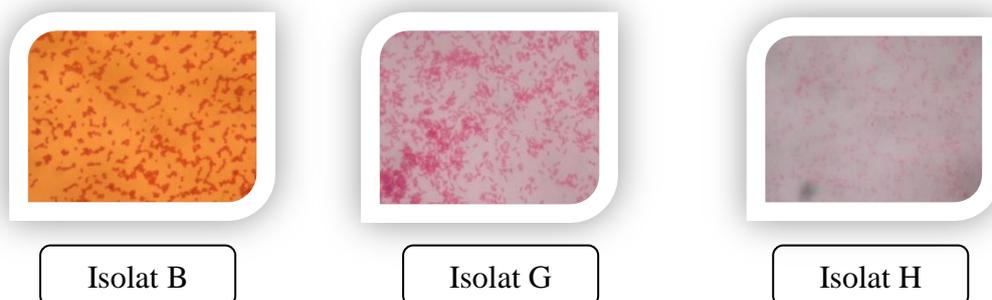
Perbandingan hasil pengukuran parameter fisika, kimia anorganik dan kimia organik dari sampel air sungai *Badeg* awal, hasil biodegradasi *in vitro* menggunakan 3 isolat bakteri indigen, dan baku mutu air kelas II yang tersaji dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Tabel Perbandingan Kondisi Air Awal, Hasil Biodegradasi dan Baku Mutu Kelas II

Parameter	Satuan	Sampel Air Awal	Biodegradasi <i>In Vitro</i>	Baku Mutu Air Kelas II
Fisika				
TSS	Ppm	400	293.333	50
Kimia Anorganik				
BOD	mg/L	331	117.344	3
COD	mg/L	544	165.333	25
DO	mg/L	3.577	19	4
Kimia Organik				
Lemak	mg/L	280	0.0226	1

3. Identifikasi 3 Isolat Bakteri yang Memiliki Potensi Pendegradasi Lemak

Berdasarkan hasil pewarnaan gram terhadap 3 isolat bakteri yang memiliki potensi tertinggi dalam mendegradasi lemak, diketahui bahwa isolat B berbentuk kokus dan memiliki sifat Gram positif, sedangkan isolat G dan isolat H berbentuk basil memiliki sifat Gram negatif, yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pewarnaan Gram

c. Data Deskripsi Pengamatan Ciri Fisiologis Isolat Bakteri yang Berpotensi dalam Mendegradasi Lemak

Ciri fisiologis dapat diketahui dengan menggunakan *Microbact*TM. *Microbact*TM yang digunakan dalam penelitian ini adalah *GNB 12A/B/E, 24E Identification Kits* dengan hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Identifikasi Bakteri menggunakan *Microbact*TM

Jenis Tes	Isolat		
	B	G	H
KGP	+		
Spora	-		
Katalase	+		
Oksidase	-	+	+
Koagulase	+		
Fermentasi			
Glukosa	+	+	-
Xylosa	-	-	+
Mannitol	+	+	-
Laktosa	-	-	+
Sukrosa	-	+	+
Maltosa	-		
Arabinosa	-	-	-
TSI	TDK		
Citrat	TDK	+	-
Indol	TDK	+	-
VP	-	-	-
NaCl 7%	+		
Motilitas	-	+	-
Starch hydrolysis	-		
Casein hydrolysis	+		
NOVOBIOSIN	Sensitif		
Beta-hemolisa	+		
Reduksi Nitrat	-	+	+
Reduksi Methylene Blue	-		
Lysine		+	-
Ornithine		+	-
H ₂ S		+	-
ONPG		-	+
Urease		+	-
TDA		+	-
Gelatin		-	-
Malonate		+	-
Inositol		+	-
Sorbitol		-	-
Rhamnose		+	-
Adonitol		-	-
Raffinose		-	-
Salicin		-	-
Arginine		-	-
Nama Spesies	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas pseudomallei</i>	<i>Actinobacillus sp.</i>

Keterangan: + (Positif) = Isolat bakteri bereaksi positif terhadap reagen; - (Negatif) = Isolat bakteri bereaksi negatif terhadap reagen

Gambar biakan masing-masing isolat bakteri pada medium lempeng, yang dibuat dengan menggunakan metode garis zig-zag tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Isolat Bakteri pada Medium Lempeng
(Sumber: Dok. Pribadi, 2014)

SIMPULAN

Biodegradasi merupakan cara yang efektif dalam mendegradasi bahan organik, terutama kadar lemak. Konsorsium dari isolat bakteri *S.aureus*, *P.pseudomallei* dan *Actinobacillus sp.* dalam penelitian ini mampu menurunkan kadar lemak, BOD, COD dan TSS serta menaikkan kadar DO pada sampel air sungai.

SARAN

Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengaplikasikan biodegradasi secara *pilot plan* dan melakukan uji hayati terhadap biota perairan. Selain itu dalam penelitian ini hanya mengisolasi bakteri dengan karakteristik pendegradasi lemak saja, padahal dalam limbah pabrik pengolahan dan penyamakan kulit, kandungan protein juga cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1997. *Biodegradation and Bioremediation: Second Edition*. Department of Soil, Crop, and Atmospheric Sciences, College of Agriculture and Life Science, Cornell University, Ithaca, New York. New York: Academic Press
- Atlas, R.M & Bartha, R. 1998. *Microbia Ecology, Fundamental and Application*. New York: The Benjamin Cummings Publishing Company.
- Beishir, L. 1991. *Microbiology in Practice*. Fifth Eition. New York: harper Collins Publisher Inc.

- Burlage, R.S; Atlas, R.; Stahl, D.; Geesey, G.; Saylor, G. 1998. *Techniques in Microbial Ecology*. New York: Oxford University Press.
- Cesaro, A.; Vincenzo, N.; Vicenzo, B. 2013. Wastewater Treatment by Combination of Advanced Oxidation Processes and Conventional Biological Systems. *Journal Bioremediation & Biodegradation 2013 Volume 4, Issue 8*.
- EPA.2000. *Definition of Remediation: Technologies*. [http://www. definition_of_bioremediation.id](http://www.definition_of_bioremediation.id), (Online). Diakses 8 Desember 2014.
- Fogarty, W.M. 1983. *Microbial Enzymes and Biotechnology*. London and New York: Applied Science Publisher.
- Holt, J.G.; Krieg, N.R.; Sneath, P.H.A.; Staley, J.T.; dan William, S.T. 2000. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 10th Edition*. New York: Williams and Wilkins Company.
- Kawashima, T. 2003. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Lumpur Aktif: Pengetahuan Dasar, Rancangan dan Konstruksi, Pengoperasian Model Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet*. Jakarta: JETRO (Japan External Trade Organization).
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 tentang *Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*.
- Kristensen, K.P. 2007. *Biodegradation of Xenobiotic Organic Compounds Wastewater Treatment Plants*. Technical University of Denmark: Institute of Environment & Resources. Thesis (Unpublished).
- Neilson, A.H. & Allard, A.S. 2009. *Chemistry of Organic Pollutant. Journal Environment and Ecological Chemistry Volume 1*. Stockholm: Sweddish Environment Research Institute, Ltd.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 03 Tahun 2010.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tanggal 14 Desember 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*
- Ramakrisnan. 2013. Fuelling the Microorganisms for Remediation. *Journal Bioremediation & Biodegradation 2013 Volume 4, Issue 8*.
- Rozaq, A. 2002. Pengaruh Salinitas terhadap Biodegradasi Cemarannya Zat Organik. *Jurnal Oseana, Volume XXVII, Nomor 3, tahun 2002: 29-35*. <http://www.oseanografi.lipi.go.id>, (Online), Diakses 9 Januari 2014.
- Shovitri, M.; Kuswytasari, N.D.; Paramita, P. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 1, Sept. 2012*. ISSN: 2301-928X.

- Tong Y.; Miao, Y. and Ulrich, A. 2012. *Biodegradation of Organic Compounds in OSPW with Microbial Communities Indigenous to MFT*. Department of Civil and Environmental Engineering: University of Alberta.
- Tsan, H.C. Tanpa Tahun. *Microbial Metabolism Biodegradation of Organic Compounds*.
- Turista, D.D.R. 2010. *Penambahan Nutrisi Bakteri pada Proses biologi Pengolahan Limbah cair di Unit Pengolahan Limbah (UPAL) Laboratorium Pengembangan Penyamakan dan Pengolahan Limbah Kulit (LP3LK) Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*. Malang: Universitas Negeri Malang.