

**JURNAL SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI TANAH INDIGENUS TERHADAP DEGRADASI  
LIMBAH BAN KARET DALAM KOLOM *WINOGRADSKY***

**Disusun oleh:  
FRISKA PUTRI UNANDY  
NPM : 120801257**



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI  
PROGRAM STUDI BIOLOGI  
YOGYAKARTA  
2017**

# PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI TANAH INDIGENUS TERHADAP DEGRADASI LIMBAH BAN KARET DALAM KOLOM WINOGRADSKY

Friska Putri Unandy<sup>1</sup>, Wibowo Nugroho Jati<sup>2</sup>, Indah Murwani Yulianti<sup>3</sup>  
Fakultas Teknobiologi,  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta,  
Jl. Babarsari No.44, Sleman, Yogyakarta,  
[friskaunandy@rocketmail.com](mailto:friskaunandy@rocketmail.com)

## INTISARI

Karet ban merupakan bahan polimer yang sulit terdegradasi di alam dan tidak dapat didaur ulang sehingga dibiarkan menumpuk begitu saja, ditimbun atau dibakar. Menanggulangi limbah dengan pembakaran membutuhkan biaya yang mahal juga menghasilkan asap hitam yang mengganggu pernafasan dan mengganggu kenyamanan, sedangkan bila ditimbun di dalam tanah akan mengganggu masuknya unsur hara dan menghambat resapan air kedalam tanah. Biodegradasi merupakan salah satu cara mendegradasi limbah dengan memanfaatkan mikrobia. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengetahui kemampuan bakteri tanah indigenus yang berpotensi mendegradasi ban dalam kendaraan bermotor melalui metode penguburan di dalam Kolom Winogradsky. Isolasi dan karakterisasi bakteri dari tanah timbunan ban menghasilkan 2 isolat dominan yang dinamakan bakteri X dan Y. Bakteri X cenderung mengarah pada genus *Pseudomonas* dan bakteri Y cenderung termasuk genus *Bacillus*. Selama 3 bulan proses degradasi di dalam tanah didapatkan total kehilangan berat ban pada penambahan isolat X (*Pseudomonas*) dengan total kehilangan berat sebesar 0,02 g, penambahan isolat bakteri Y (*Bacillus*) menghasilkan proses degradasi yang lebih baik dengan total kehilangan berat sebesar 0,0338 g, penambahan campuran isolat XY dengan total kehilangan berat sebesar 0,0302 g, dan Kontrol dengan total kehilangan berat sebesar 0,0242 g. Berdasarkan hasil uji DMRT, kemampuan biodegradasi paling baik terjadi pada ban dengan penambahan isolat bakteri Y yang mampu menurunkan berat hingga 0,0338g selama 3 bulan masa degradasi..

**Kata kunci:** sampah, karet, indigenus, bioremediasi, Winogradsky

## PENDAHULUAN

Sampah yang menumpuk dan tidak terkelola dengan baik merupakan sumber berbagai jenis permasalahan mulai dari dampaknya bagi kesehatan manusia sampai nilai estetika suatu lingkungan. Jenis sampah yang akan diuraikan ialah limbah ban karet. Jenis karet sendiri terbagi atas dua, yaitu: karet alam dan karet sintesis. Walaupun karet alam sekarang jumlah produksi dan konsumsinya jauh di bawah karet sintesis atau karet buatan pabrik, tetapi karet alam belum dapat digantikan oleh karet sintesis.

Menurut Anwar (2006), penawaran karet dunia meningkat lebih dari tiga persen per tahun dalam dua dekade terakhir, dimana mencapai 8,81 juta ton pada tahun 2005. Hasil yang cemerlang ini juga diikuti dengan menumpuknya limbah-limbah karet baik dari sisa produksi untuk diekspor maupun limbah yang dibuang masyarakat. Limbah padat karet alam adalah produk jadi atau setengah jadi berbahan baku karet alam, yang telah kadaluwarsa, cacat atau tidak dipergunakan lagi karena tidak dikehendaki (Suhartini, 1998).

Menurut Suhartini (1998), limbah padat ini tidak dapat didaur ulang sehingga dibiarkan menumpuk begitu saja, ditimbun atau dibakar. Penanggulangan limbah padat karet dengan pembakaran (insenerasi) biayanya cukup mahal juga menghasilkan asap hitam yang mengganggu pernafasan dan mengganggu kenyamanan. Sedangkan bila ditimbun di dalam tanah, akan mengganggu masuknya unsur hara dan menghambat resapan air ke dalam tanah.

Dari permasalahan yang ada muncul berbagai metode-metode bioremediasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi limbah karet dengan memanfaatkan organisme yang dapat mendegradasi limbah karet dan hidup di sekitar tempat pembuangan limbah karet. Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran dan cukup menarik (Hardiani dkk, 2011). Salah satu caranya ialah dengan memanfaatkan kolom *Winogradsky*.

Kolom *Winogradsky* adalah salah satu cara sederhana untuk mempelajari suatu lingkungan alami di laboratorium. Kolom ini ditemukan oleh ahli mikrobiologi Rusia bernama Sergei Winogradsky (1856-1953) dan Martinus W. Beijerinck (1851-1931) yang digunakan sebagai model untuk mempelajari interaksi populasi bakteri pada berbagai komunitas perairan dan sedimen perairan dan sedimen. Kolom *Winogradsky* menggambarkan mikroorganisme yang berbeda membentuk hubungan interdependen, dimana aktivitas suatu organisme mampu mempengaruhi organisme lain untuk tumbuh atau sebaliknya (Deacon, 2005).

Terkait hal tersebut, metode Kolom *Winogradsky* diharapkan dapat mengoptimalkan biodegradasi. Menurut Rogan dkk (2005), sistem pengayaan ini akan membentuk formasi pertumbuhan mikroorganisme dengan kemampuan berbeda dalam menggunakan sumber karbon sederhana sebagai sumber energi. Metode kolom *Winogradsky* dapat diteruskan dengan mengidentifikasi bakteri apa saja yang hidup di dalam kolom model ekosistem buatan ini, juga dapat dilakukan amplifikasi serta augmentasi bakteri di dalamnya.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang telah dilaksanakan pada bulan Februari hingga Juni 2016. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknobio Lingkungan,

Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengambilan tanah dilakukan di bengkel yang terdapat penumpukan ban dan terletak di kota Yogyakarta. Dalam penelitian ini digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial menggunakan faktor variasi bakteri indigenus dominan dengan penambahan 3 perlakuan jenis bakteri indigenus dominan X, Y, campuran XY, kontrol yang tidak diberi penambahan bakteri apapun dan lama waktu inkubasi dengan 3 kali ulangan. Uji aktivitas degradasi dilakukan setiap 4 minggu selama 3 bulan meliputi pengukuran berat kering, pH, suhu medium dan pengamatan menggunakan mikroskop.

Penelitian dilakukan terdiri dari 7 tahapan utama yaitu pengambilan sampel tanah, isolasi mikroba, karakterisasi dan identifikasi bakteri dominan, pembuatan starter, inkubasi karet di dalam kolom Winogradsky, uji aktivitas degradasi dengan 4 parameter dan analisis data menggunakan ANAVA untuk mengetahui letak beda nyata antar perlakuan digunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95 %.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Isolasi dan Pemurnian Bakteri Dominan

Bakteri dominan diisolasi secara langsung dari limbah tanah yang terdapat penumpukan ban dalam bekas dengan seri pengenceran penambahan akuades steril pada sampel tanah dari  $10^1$  hingga  $10^8$ . Penentuan koloni bakteri dominan dihitung dengan menggunakan metode *plate count* serta dilihat dari keseragaman bentuk, warna, tepian, elevasi, dan jumlah koloni.

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah koloni, pengenceran  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  dan  $10^{-6}$  memenuhi syarat dengan jumlah 101, 99 dan 34 koloni. Pada penelitian ini diambil 2 isolat bakteri dominan dari pengenceran  $10^{-4}$ , isolat bakteri dominan 1 diberi kode X dan isolat bakteri dominan 2 diberi kode Y. Hasil pengamatan isolat X menunjukkan ciri koloni berbentuk bulat, tepian rata, elevasi cembung dan berwarna putih. Isolat Y menunjukkan ciri koloni berbentuk bulat, tepian bergelombang, elevasi menonjol dan berwarna krem. Sebelum dilakukan karakterisasi, perlu dilakukan pemurnian isolat dengan di subkultur sebanyak 3 kali, kedua isolat bakteri murni dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. isolat murni X (kiri) berwarna putih dan isolat murni Y (kanan) berwarna krem (Dokumentasi pribadi, 2016)

## B. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Dominan

Isolat murni bakteri X dan Y dilakukan uji karakterisasi isolat bakteri, yang terbagi menjadi 2 yaitu karakterisasi morfologi dan pengujian fisiologi dengan reaksi biokimia. Karakterisasi morfologi meliputi pengamatan morfologi sel bakteri (pengecatan Gram dan bentuk sel), pengamatan morfologi koloni bakteri dan uji motilitas. Adapun pengujian fisiologi dengan reaksi biokimia terdiri dari uji fermentasi karbohidrat, uji katalase, uji pembentukan indol dan uji reduksi nitrat (Jutono dkk, 1980). Hasil karakterisasi bakteri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Isolat Bakteri

Karakter	Isolat Bakteri	
	X	Y
Bentuk koloni	Bulat	Bulat
Tepi	Rata	Bergelombang
Elevasi	Cembung	Menonjol
Warna	Putih	Krem
Gram	-	+
Bentuk Sel	Bulat	Batang/oval
Motilitas	Non motil	Motil
Reduksi Nitrat	-	+
Indol	+	+
Katalase	+	+
Fermentasi Glukosa	-	+(A)
Fermentasi Sukrosa	-	+(A)
Fermentasi Laktosa	-	-

Keterangan: (+) Positif  
(-) Negatif  
(A) Asam tanpa gas

Dari hasil karakterisasi yang tersaji pada tabel 1 kemudian dicocokkan dengan menggunakan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 7th Edition*. Isolat bakteri X memiliki karakter yang cenderung mengarah ke genus *Pseudomonas* sp. Penelitian yang dilakukan Zam (2011), menggunakan isolat *Pseudomonas diminuta* untuk melakukan proses bioremediasi tanah yang tercemar hidrokarbon. Isolat bakteri Y memiliki karakter yang cenderung mengarah ke genus *Bacillus* sp. Kamil dkk (2012) menyatakan *Bacillus* sp. dapat melakukan biodegradasi produk karet. Hal ini dan juga diperkuat dengan penelitian oleh Komala dkk (2012) yang telah mengidentifikasi mikroorganisme dominan yang dapat mengolah limbah karet yaitu *Bacillus licheniformis*.

## C. Uji Aktivitas Biodegradasi

Biodegradasi ban dilakukan menggunakan kolom Winogradsky. Cara pembuatan kolom Winogradsky ialah dengan menempatkan tanah yang diambil dari lahan timbunan ban ke dalam

toples kaca sebagai inokulum kemudian ditambahkan nutrisi *mineral salt medium*. Ban dalam kendaraan bermotor yang sudah dipotong dimasukkan ke dalam kolom sampai tercelup seluruhnya di dalam tanah. Kolom Winogradsky yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kolom Winogradsky (Dokumentasi pribadi, 2017)

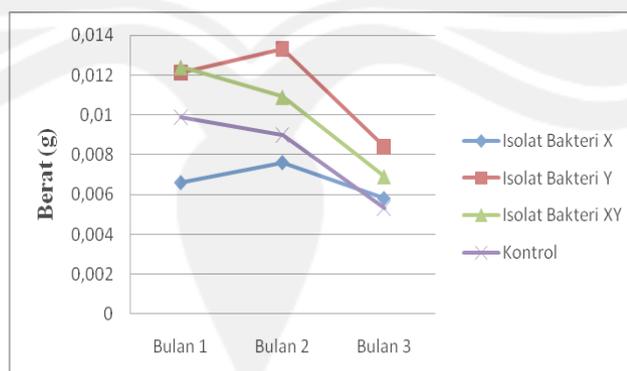
### 1. Penentuan Kehilangan Berat Ban

Salah satu metode kuantitatif untuk mengukur terjadinya proses biodegradasi suatu polimer ialah dengan pengukuran berat (Fadlilah dan Shovitri, 2014). Pengukuran dilakukan dengan menghitung selisih berat ban setelah 3 bulan inkubasi. Berat dan kehilangan berat dari waktu ke waktu disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Berat ban dari waktu ke waktu

Penambahan Isolat Bakteri	Waktu Inkubasi (Bulan)			
	0	1	2	3
X	0,9206	0,9140	0,9063	0,9005
Y	1,5780	1,5658	1,5526	1,5441
XY	1,7050	1,6926	1,6817	1,6748
Kontrol	1,1611	1,1511	1,1421	1,1368

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata dengan tingkat kepercayaan 95%.



Gambar 3. Kurva kehilangan berat ban (g) selama 3 bulan degradasi

Selama 3 bulan masa degradasi di dalam kolom Winogradsky, keempat sampel ban menunjukkan adanya penurunan berat. Kode X merupakan penambahan isolat bakteri X

(*Pseudomonas* sp.) dan kode Y merupakan penambahan isolat bakteri Y (*Bacillus* sp.). Kode XY merupakan perlakuan dengan penambahan campuran isolat bakteri X dan Y dengan perbandingan 1:1, sedangkan Kontrol tidak diberi penambahan isolat.

Setelah proses degradasi dilakukan selama tiga bulan menggunakan kolom Winogradsky, dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa keempat sampel ban menunjukkan penurunan berat yang bervariasi. Penambahan isolat bakteri Y menunjukkan kemampuan degradasi yang cukup baik dengan total kehilangan berat selama 3 bulan degradasi sebesar 0,0338 g. Total kehilangan berat ban penambahan isolat bakteri XY sebesar 0,0302 g. Tanpa penambahan isolat bakteri mengalami total penurunan sebesar 0,0242. Ban dengan penambahan isolat bakteri X menunjukkan kemampuan degradasi yang paling rendah dengan total kehilangan berat sebesar 0,02 g..

Manurut Fadlilah dan Shovitri (2013), pada saat mikroorganisme kekurangan nutrisi karbon maka mikroorganisme akan membentuk lapisan biofilm. Proses tersebut dapat dikatakan proses biodegradasi. Pada penelitian ini terbentuknya biofilm ditandai dengan adanya lapisan licin bening pada seluruh permukaan ban yang terendam dalam kolom apabila diraba menggunakan tangan. Terbentuknya biofilm menjadikan bakteri mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang kurang menguntungkan (Martinez dan Casadevall, 2007), serta meningkatkan degradasi senyawa, karena bakteri akan saling berinteraksi dan saling melengkapi proses metabolik yang ada (Andersson, 2009).

Fadlilah dan Shovitri (2014), di dalam penelitiannya mengatakan suatu polimer tidak dapat secara langsung masuk melalui membran luar sel ke dalam sel suatu mikroorganisme sehingga dibutuhkan adanya proses biokimia untuk memecah polimer sehingga dapat masuk ke dalam sel. Proses ini disebut depolimerisasi, yaitu polimer mengalami pemecahan menjadi monomer yang lebih kecil sebelum diserap dan didegradasi dalam sel mikroorganisme. Penurunan berat yang terjadi pada ban menandakan adanya perombakan polimer ban yang dilakukan oleh bakteri. Bakteri menggunakan gugus polimer yang tersedia di lingkungan sebagai substrat (Rohaeti, 2009), dan akan dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi oleh mikroorganisme (Gu dkk., 2003). Semakin banyak berat yang hilang menunjukkan semakin mudah polimer tersebut didegradasi (Rohaeti dkk., 2004).

Menurut Kurniawan dan Effendi (2014), fluktuasi kehilangan berat dapat dihubungkan dengan siklus kehidupan bakteri. Pada bulan ke-1 dan ke-2, jumlah nutrisi dan sumber karbon yang dapat dipecah masih melimpah sehingga bakteri tumbuh dengan baik dan menyebabkan kehilangan berat relatif tinggi. Apabila sudah masuk ke akhir masa degradasi, jumlah nutrisi

dan sumber karbon yang dapat dipecah semakin berkurang dan menyebabkan kehilangan berat yang juga rendah.

## 2. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter penting karena dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan mikrobia. Menurut Musdalifah (2013), terdapat mikrobia yang mampu bertahan hidup pada rentang suhu yang luas dan juga terdapat mikrobia yang hanya dapat hidup pada rentang suhu terbatas dan spesifik. Hasil pengukuran Suhu pada kolom Winogradsky dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Suhu Kolom *Winogradsky* Selama Inkubasi (°C)

Penambahan Isolat Bakteri	Waktu Inkubasi (Bulan)				Rata-rata
	0	1	2	3	
X	27	28,8	28,5	27	27,8 <sup>A</sup>
Y	26,8	28,9	28,4	27	27,8 <sup>A</sup>
XY	26,9	29	28,4	27	27,8 <sup>A</sup>
Kontrol	27	29	28,8	27	28 <sup>A</sup>
Rata-rata	26,9 <sup>L</sup>	28,9 <sup>N</sup>	28,5 <sup>M</sup>	27 <sup>L</sup>	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata dengan tingkat kepercayaan 95%.

Pada pengukuran suhu kolom Winogradsky yang disajikan pada Tabel 4, didapatkan hasil yang menunjukkan peningkatan suhu kolom pada bulan ke-1 kemudian cenderung menurun pada bulan ke-2 dan ke-3. Aktivitas ini terjadi pada seluruh perlakuan penambahan isolat bakteri X, isolat bakteri Y, isolat campuran XY maupun Kontrol. Diketahui suhu degradasi berlangsung di sekitar suhu 26,8°C-29 °C.

Bakteri yang hidup di lapisan atas tanah merupakan bakteri mesofilik yaitu bakteri yang dapat hidup pada kisaran 20-45°C mengikuti suhu tanah (Setyawan, 2002). Menurut Marlina (2009), aktivitas mikroorganisme dapat menghasilkan panas dan mampu meningkatkan suhu lingkungannya. Proses metabolisme memanfaatkan bahan-bahan yang ada inilah yang dapat meningkatkan suhu kolom.

## 3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH ialah suatu derajat yang digunakan untuk menyatakan tingkat asam dan basa suatu larutan yang dapat pula didefinisikan sebagai kologaritma ion hidrogen (H<sup>+</sup>) terlarut (Jenie dan Rahayu, 1993). Hasil pengukuran pH kolom Winogradsky selama 3 bulan masa inkubasi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. pH Kolom Winogradsky Selama Inkubasi

Penambahan Isolat Bakteri	Waktu Inkubasi (Bulan)			
	0	1	2	3
X	7,20	8,57	8,77	9,11
Y	7,20	8,44	8,64	9,05
XY	7,20	8,53	8,69	9,06
Kontrol	7,20	8,84	8,90	9,19
Rata-rata	7,20 <sup>A</sup>	8,60 <sup>B</sup>	8,75 <sup>B</sup>	9,10 <sup>C</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata dengan tingkat kepercayaan 95%.

Dari hasil yang disajikan pada Tabel 5 dapat dilihat angka pH mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu inkubasi tanpa adanya tren penurunan. Menurut Popraset (1989), proses hidrolisis nutrien dan bahan-bahan yang tersedia dapat mengakibatkan kenaikan nilai pH. Pada penelitian ini diketahui biodegradasi berlangsung pada rentang pH 7,2 sampai 9,19.

#### 4. Pengamatan Bentuk Permukaan

Dari Pengamatan yang dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40x. terlihat bahwa ban sebelum proses biodegradasi tidak memiliki lubang dengan permukaan yang relatif halus. Hasil ini menunjukkan belum terjadinya proses biodegradasi oleh bakteri yang berlangsung secara alami. Pada ban yang didegradasi dengan penambahan isolat bakteai X terlihat kerusakan berbentuk lubang-lubang kecil di permukaan ban dan tersebar merata. Pada ban setelah didegradasi dengan penambahan isolat Y terlihat permukaan yang berlubang dengan ukuran lebih besar, tidak rata dan cenderung kasar. Perubahan besar lebih terlihat jelas pada ban dengan penambahan isolat Y.

Penampakan permukaan ban setelah didegradasi isolat campuran XY terdapat lubang dengan bentuk membulat yang merata di seluruh permukaan ban dan permukaan Kontrol setelah masa degradasi terdapat lubang yang cenderung besar dan tidak merata di permukaan. Perubahan bentuk permukaan ban membuktikan penambahan isolat bakteri dominan mempengaruhi proses biodegradasi ban

Perubahan bentuk permukaan ban memperlihatkan bahwa aktivitas isolat bakteri selama biodegradasi berpengaruh terhadap permukaan ban. Berdasarkan pengamatan terlihat bahwa biodegradasi dapat menyebabkan terjadinya lubang pada ban. Perubahan bentuk permukaan ban berpengaruh pada penurunan berat kering ban di dalam kolom Winogradsky.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Simpulan yang diperoleh dari penelitian identifikasi dan pengaruh penambahan bakteri indigenus terhadap degradasi limbah karet ban dalam kolom winogradsky adalah:

1. Bakteri indigenus dominan yang dapat bertahan hidup dan memanfaatkan sumber energi sekaligus mendegradasi ban karet diperkirakan genus *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp.
2. Bakteri *indigenus* dominan dapat mempercepat proses degradasi dengan total kehilangan berat mencapai 0,0338 g.
3. Penambahan isolat bakteri Y (*Bacillus*) menghasilkan proses degradasi yang lebih baik dengan total kehilangan berat sebesar 0,0338 g dibandingkan penambahan campuran isolat XY dengan total kehilangan berat sebesar 0,0302 g, Kontrol dengan persentasi kehilangan berat sebesar 0,0242 g dan penambahan isolat X (*Pseudomonas*) dengan total kehilangan berat sebesar 0,02 g.

Saran yang perlu diberikan setelah melihat dan membaca hasil penelitian ini adalah :

1. Perlu adanya analisis menggunakan *Fourier transform infrared spectroscopy* untuk melihat adanya perubahan struktur polimer ban sebelum dan sesudah biodegradasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, C. 2006. *Perkembangan Pasar dan Prospek Agribisnis Karet di Indonesia*. Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet, Medan.
- Deacon, J. 2005. *The Microbial World. Winogradsky column: perpetual life in a tube. Institute of Cell and Molecular Biology*. University of Edinburgh, UK.
- Fadlilah, F. R. dan Shovitri, M. 2014. Potensi Isolat Bakteri *Bacillus* dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits* 3 (2): 40-43
- Gu, J. D., Ford, T.E., Mitton, D.B. dan Mitchell, R. 2000. *Microbial Corrosion of Metals*. Wiley Pub, New York
- Hardiani, H., Teddy K., dan Susi S. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah *Sludge* Industri Kertas Proses *Deinking*. *Jurnal Selulosa* 1(1): 31-41.
- Jenie, B. S. L. dan Rahayu, W. P. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Jutono, J.S., Hartadi, S., Kabirun, S., Darmosuwito, S., dan Soesanto. 1980. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi untuk Perguruan Tinggi*. Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Kamil, E., Khoesoema, E. dan Harahap, H. 2012. Pengaruh Biodegradasi dengan Teknik Penanaman terhadap Produk Lateks Karet Alam Berpengisi Tepung Kulit Pisang yang Diputihkan Dengan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Teknik Kimia USU* 1(2): 11-15
- Kurniawan, A dan Effendi, A. J. 2014. Biodegradasi Residu Total Petroleum Hidrokarbon di Bawah Konsentrasi 1% (W/W) Hasil Proses Bioremediasi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21 (3): 286-294.
- Marlina, E. T. 2009. *Biokonversi Limbah Industri Peternakan*. UNPAD Pres, Bandung.
- Martinez, L.R. dan Casadevall, A. 2007. Cryptococcus neoformans Biofilm Formation Depends on Surface Support and Carbon Source and Reduces Fungal Cell Susceptibility to Heat, Cold, and UV light. *Journal of Applied Environmental Microbiology* 73: 4592-4601
- Musdalifah. 2013. Distribusi Dan Kelimpahan Bakteri *Enterococcus Spp.* Di Perairan Terumbu Karang Kepulauan Spermonde, Makassar. *Skripsi*. Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Pristiyanti, E. N. W. 2006. Pengaruh Pengembangan Partikel Karet Terhadap Depolimerisasi Lateks Dengan Reaksi Reduksi-Oksidasi. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rohaeti, E. 2009. Karakterisasi Biodegradasi Polimer Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*. Pendidikan dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA. UNY 16 Mei 2009.
- Setyawan, A.D. 2002. Keragaman Varietas Jahe (*Zingiber officinale*). Berdasarkan Kandungan Kimia Minyak Atsiri. *BioSMART* 4(2): 48-54.
- Suhartini, M. 1998. Modifikasi Produk dan Daur-ulang Limbah Karet Alam. *Skripsi S2*. Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Jakarta.
- Zam, S. I. 2011. Bioremediasi Tanah yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi Secara In Vitro pada Konsentrasi pH berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 1(2): 1-8.