



Isolasi Bakteri Pendegradasi Limbah Industri Karet dan Uji Kemampuannya dalam Perbaikan Kualitas Limbah Industri Karet

Isolation of rubber industrial waste degrading bacteria and its ability test in quality improvement of rubber industrial waste

DYAH AYU PUSPITASARI, ARTINI PANGASTUTI[♥],
KUSUMO WINARNO

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

Diterima: 5 Pebruari 2006. Disetujui: 1 April 2006.

ABSTRACT

Rubber industry waste could be degraded naturally by microorganism; especially bacteria. The ability of bacteria to degrade the waste could be used to improve waste quality. This research was purposed to isolate the bacteria from rubber industrial waste and to evaluate the ability of those bacteria in improving the quality of rubber industrial waste with indicator: pH, BOD, COD, TSS and ammonia. The bacteria were identified based on their characters of colony's morphology, cell's morphology and physiology. Three isolated bacteria which had the most optimum growth were grew in the waste for 6 days. Quality parameters measured i.e. pH, BOD, COD, TSS and ammonia were in the day 0, 2, 4 and 6. The result showed that in rubber waste there are 18 isolated bacteria, namely BKA 1, BKA 2, BKA 3, BKA 4, BKA 5, BKA 6, BKA 7, and BKA 8. Three types of bacteria were used in the waste treatment have the different abilities to change the quality of waste. The BKA 8 was the best improving the waste of rubber industry, based on indicator of pH 8.28; BOD 58.50 mg/L; COD 87.50 mg/L; TSS 75 mg/L; and ammonia 3.17 mg/L.

♥ Alamat korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126
Tel. & Fax.: +62-271-663375.
e-mail: biology@mipa.uns.ac.id

Keywords: bacteria, rubber industry waste, quality improvement.

PENDAHULUAN

Industri pengolahan karet pekat menghasilkan limbah atau hasil samping dalam jumlah besar yang sebanding dengan jumlah lateks yang diproduksi. Pada tahun 1997, limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan lateks pekat di Indonesia sekitar 158.000 ton (IRSG, 1998). Limbah industri karet mengandung komponen bukan karet dalam lateks, lateks yang tidak terkoagulasi dan bahan kimia yang ditambahkan selama proses pengolahan. Komponen bukan karet tersebut antara lain: protein, lipid, karotenoid, dan garam organik (Suwardin, 1989).

Adanya aktivitas mikroorganisme di kolam penampungan limbah selama 4-6 hari menyebabkan partikel karet dalam lateks akan menggumpal secara alami (Alfa, 2001). Limbah karet mempunyai pH rendah yang disebabkan penggunaan asam semut dalam proses koagulasi dan nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) yang tinggi karena kandungan bahan organik dalam limbah mudah terurai secara biologis (Suwardin, 1989). Saat ini pengolahan limbah lebih banyak dilakukan secara biologis yaitu dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa kompleks yang terkandung dalam limbah menjadi senyawa

yang lebih sederhana melalui suatu proses yang disebut biodegradasi. Proses yang terjadi di dalamnya sangat ditentukan oleh jenis dan laju pertumbuhan mikroorganisme dalam air limbah.

Bakteri merupakan agen biologi penting yang mempunyai kemampuan dalam biodegradasi limbah. Kemampuan adaptasi bakteri yang tinggi memungkinkan untuk tumbuh pada substrat dan lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan organisme lain (Bollag dan Bollag, 1992). Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi bakteri yang dapat mendegradasi limbah industri karet dan mengetahui kemampuannya dalam perubahan kualitas limbah industri karet berdasarkan indikator pH, BOD, COD, TSS, dan amoniak.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan selama 6 bulan mulai Juni sampai Desember 2004. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di PTPN (Perseroan Terbatas Perkebunan Nusantara) IX Kerjo Arum, Karanganyar pada kolam penampungan limbah pertama. Penelitian yang meliputi isolasi, karakterisasi bakteri terseleksi dan pengukuran kemampuan bakteri dalam perbaikan kualitas limbah dilakukan di UPT Laboratorium Pusat MIPA Sub. Lab. Biologi dan Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pengambilan sampel air limbah

Air limbah yang digunakan untuk sampel diambil dari kolam penampungan pertama. Air limbah tersebut dimasukkan ke dalam botol 250 mL steril dengan cara melepaskan tutup botol kemudian menenggelamkannya dalam air limbah, setelah terisi penuh segera diangkat ke permukaan dan ditutup kembali. Botol yang sudah berisi limbah dimasukkan ke dalam termos berisi es batu dan segera dibawa ke laboratorium.

Isolasi dan seleksi isolat bakteri. Sampel air limbah sebanyak 1 mL diencerkan hingga 10^{-4} , kemudian 0,1 mL air limbah tersebut diinokulasikan ke dalam cawan petri berisi media dengan komposisi: 15 g agar; 0,2 g $MgSO_4$; 0,5 g $(NH_4)_2SO_4$; 1,5 g KH_2PO_4 ; 1,5 g K_2HPO_4 ; 500 mL akuades dan 500 mL limbah) dan diinkubasikan pada suhu kamar selama 48 jam. Isolat yang mempunyai karakter berbeda diisolasi dan disimpan sebagai isolat murni untuk dikarakterisasikan. Untuk pengolahan limbah

dipilih bakteri yang memiliki pertumbuhan paling optimal yang ditentukan dengan metode Turbidimetrik setelah masa inkubasi 2 hari pada panjang gelombang 280 nm. Tiga isolat yang mempunyai tingkat absorbansi paling tinggi digunakan untuk pengolahan limbah karet.

Karakterisasi isolat hasil seleksi. Karakterisasi bakteri merujuk Hadjoetomo (1993) meliputi: pengamatan morfologi koloni bakteri, bentuk dan ukuran sel, pewarnaan gram dan pengamatan fisiologi bakteri. Fisiologi bakteri dapat diketahui dari uji katalase, uji MR (*Methyl Red*) dan uji hidrolisis urea.

Uji kemampuan isolat dalam perbaikan kualitas limbah industri karet. Pengolahan limbah cair ini dilakukan dengan menginokulasikan 1 ose kultur bakteri dari ketiga isolat yang mempunyai pertumbuhan paling optimal ke dalam erlenmeyer berisi 100 mL media cair, digojok dengan shaker dan diinkubasikan pada suhu kamar selama 48 jam. Kemudian kultur sebanyak 50 mL diinokulasikan ke dalam 450 mL sampel air limbah steril dan diinkubasikan pada suhu kamar selama 6x24 jam. Pengukuran parameter kualitas air limbah dan persentase perubahannya dilakukan pada hari ke-0, 2, 4, dan 6 menurut Alaerts dan Santika (1984) meliputi: nilai pH, BOD, COD, TSS, dan amoniak.

Analisis data

Data tentang perubahan parameter kualitas air limbah karet dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan antara kelompok perlakuan dengan kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan karakterisasi bakteri dari limbah industri karet

Dari isolasi limbah industri karet diperoleh 8 isolat bakteri dengan persamaan meliputi ciri morfologi dan fisiologi yang berbeda dan disebut sebagai isolat BKA 1, BKA 2, BKA 3, BKA 4, BKA 5, BKA 6, BKA 7 dan BKA 8. Dari Tabel 1 dapat diketahui adanya perbedaan ciri morfologi koloni dari 8 isolat bakteri yang meliputi bentuk, warna, tepi, elevasi dan ukuran koloni. Menurut Pelczar dan Chan (1988), setiap genus atau jenis bakteri yang berbeda dapat membentuk koloni dengan ciri yang berbeda ataupun sama. Perbedaan morfologi sel yang diamati meliputi bentuk sel, ukuran sel dan reaksi sel terhadap pewarnaan gram. Sel bersifat gram positif ditunjukkan dengan warna sel menjadi ungu

Tabel 1. Karakter isolat bakteri hasil isolasi dari limbah industri karet.

Karakter bakteri	BKA 1	BKA 2	BKA 3	BKA 4	BKA 5	BKA 6	BKA 7	BKA 8
Bentuk koloni	Bentuk L	Bundar	Filiform	Bundar	Bundar	Bentuk L	Berbenang	Bundar
Warna koloni	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Krem	Merah muda
Tepi	Berombak	Licin	Seperti benang	Licin	Licin	Seperti benang	Silikat	Licin
Elevasi	Cembung	Datar	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Datar	Cembung
Ukuran (mm)	<1	<1	1-2	1-2	<1	<1	1-2	<1
Bentuk sel	Batang	Batang	Bulat	Batang	Batang	Batang	Bulat	Batang
Ukuran sel (μm)	0,8-1,0	0,1-0,3	0,1-0,2	0,3-0,7	0,2-0,5	0,2-0,4	0,1-0,3	0,1-0,5
Pewarnaan gram	+	+	-	-	-	+	-	-
Katalase	+	+	+	+	+	+	+	+
Methyl Red	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrolisis Urea	-	+	+	+	+	-	+	+

Keterangan: (+) : positif, (-) : negatif, BKA 1-8 : Bakteri Kerjo Arum 1-8.

atau biru tua, sedangkan sel gram negatif ditunjukkan dengan warna sel merah muda setelah pemberian warna safranin. Uji katalase positif menunjukkan bahwa bakteri bersifat aerob atau anaerob fakultatif, sedangkan uji Methyl Red negatif menunjukkan bahwa bakteri mampu menghasilkan etanol dan 2,3-butanadiol. Uji hidrolisis urea merupakan uji reaksi hidrolisis yang disebabkan oleh enzim ekstraseluler, uji positif menunjukkan bahwa bakteri mampu menghasilkan enzim urease yang dapat melepaskan amoniak dari molekul urea.

Perbaikan kualitas limbah industri karet oleh bakteri

Dari 8 isolat, bakteri yang paling optimal pertumbuhannya adalah BKA 2, BKA 4, dan BKA 8. Ketiga bakteri ini bersama dengan kontrol digunakan untuk perlakuan terhadap limbah industri karet. Parameter yang diukur selama 6 hari perlakuan yaitu pH, BOD, COD, TSS dan amoniak.

Derajat keasaman (pH)

Nilai pH sangat mempengaruhi aktivitas semua mikroorganisme terutama bakteri. Isolat bakteri yang ditumbuhkan kembali ke dalam limbah selama 6 hari dapat merubah kualitas limbah. Data perubahan nilai pH limbah disajikan dalam Tabel 2. Dari data Tabel 2 dapat diketahui bahwa pada setiap perlakuan terjadi kenaikan pH. Persentase perubahan nilai pH disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Perubahan nilai pH limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	Hasil hari ke-			
	0	2	4	6
Kontrol	7,33	7,57	7,67	8,60
P1	7,33	7,71	7,85	8,42
P2	7,33	7,75	7,75	8,39
P3	7,33	7,57	7,84	8,28

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Tabel 3. Persentase perubahan nilai pH limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	% perubahan nilai pH hari ke-		
	2	4	6
Kontrol	3,27	4,64	17,33
P1	5,18	7,09	14,87
P2	5,73	5,73	14,46
P3	3,27	6,96	12,96

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Pada hari ke-0 perlakuan, pH limbah industri karet adalah 7,33. Setelah 6 hari perlakuan nilai pH limbah mengalami peningkatan. Persentase peningkatan pH tertinggi pada hari keenam dengan kisaran 12,96-17,33%. Dan persentase tertinggi pada perlakuan kontrol yaitu 17,33%. Peningkatan nilai pH limbah terjadi karena adanya peningkatan aktivitas bakteri. Bakteri mampu menguraikan bahan organik limbah

menjadi gas CO₂, air dan amoniak. Menurut Sunu (2001), organisme yang merombak bahan organik limbah akan menyesuaikan diri pada kisaran pH 6,5-8,3. Eweis (1998) menambahkan bahwa pertumbuhan hampir semua mikro-organisme sangat tinggi pada pH antara 6-8.

Biological Oxygen Demand (BOD)

Setelah 6 hari perlakuan dengan penambahan biakan bakteri, nilai BOD limbah mengalami perubahan. Perubahan nilai BOD limbah industri karet disajikan pada Tabel 4. Persentase perubahan nilai BOD limbah setelah 6 hari perlakuan disajikan pada Tabel 5. Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa P3 merupakan perlakuan yang paling baik dalam menurunkan nilai BOD limbah, dengan persentase penurunan pada hari ke-6 sebesar 73,53%. Sedangkan persentase penurunan nilai BOD perlakuan kontrol terendah yaitu 59,39%.

Tabel 4. Perubahan nilai BOD limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	Hasil mg/L hari ke-			
	0	2	4	6
Kontrol	221,0	182,5	143,5	89,7
P1	221,0	148,5	108,5	64,7
P2	221,0	173,5	121,0	63,5
P3	221,0	172,5	117,5	58,5

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Tabel 5. Persentase perubahan nilai BOD limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	% perubahan nilai BOD hari ke-		
	2	4	6
Kontrol	17,42	35,07	59,39
P1	32,80	50,90	70,70
P2	21,49	42,25	71,27
P3	21,95	46,83	73,53

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Seperti halnya uji BOD, nilai COD limbah juga mengalami perubahan. Perubahan nilai COD limbah disajikan pada Tabel 6. Penurunan nilai COD yang paling besar terjadi pada perlakuan 3 yang menggunakan biakan isolat BKA 8, sehingga bakteri ini merupakan bakteri yang paling baik menurunkan nilai COD limbah. Pada hari ke-6 nilai COD pada perlakuan kontrol

adalah 125 mg/L, sedangkan pada P3 adalah 87,5 mg/L. Persentase penurunan nilai COD limbah hari ke-6 pada perlakuan dengan BKA 8 paling tinggi yaitu 87,04%. Persentase penurunan nilai COD limbah setelah 6 hari perlakuan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Perubahan nilai COD limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	Hasil mg/L hari ke-			
	0	2	4	6
Kontrol	675,0	475,0	300,0	125,0
P1	675,0	312,5	183,3	108,3
P2	675,0	337,5	200,0	112,5
P3	675,0	425,0	216,6	87,5

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Tabel 7. Persentase perubahan nilai COD limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	% perubahan nilai COD hari ke-		
	2	4	6
Kontrol	29,63	55,55	81,48
P1	53,70	72,84	83,95
P2	50,00	70,37	83,33
P3	37,03	67,91	87,04

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Total Suspended Solid (TSS)

Penambahan biakan bakteri ke dalam limbah industri karet selama 6 hari dapat merubah nilai TSS limbah. Penurunan nilai TSS limbah industri karet disajikan dalam Tabel 8. Pada setiap perlakuan terjadi penurunan nilai TSS. Persentase penurunan nilai TSS disajikan dalam Tabel 9. Persentase penurunan nilai TSS paling besar pada hari ke-6, dan P3 yaitu perlakuan dengan biakan BKA 8 adalah perlakuan paling baik dalam menurunkan nilai TSS limbah dengan persentase sebesar 84,37%.

Tabel 8. Perubahan nilai TSS limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	Hasil mg/L hari ke-			
	0	2	4	6
Kontrol	480,0	300,0	193,3	107,5
P1	480,0	220,0	186,6	103,7
P2	480,0	206,6	186,6	92,2
P3	480,0	193,3	135,0	75,0

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Tabel 9. Persentase perubahan nilai TSS limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	% perubahan nilai TSS hari ke-		
	2	4	6
Kontrol	37,50	59,73	77,60
P1	54,16	61,11	78,37
P2	56,96	61,11	81,00
P3	59,73	71,87	84,37

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Amoniak

Adanya aktivitas bakteri dalam air limbah menyebabkan perubahan nilai amoniak. Perubahan nilai amoniak limbah disajikan dalam Tabel 10. Persentase perubahan nilai amoniak limbah disajikan dalam Tabel 11. Pada awal perlakuan nilai amoniak limbah adalah 1,29 mg/L. Kisaran nilai amoniak limbah setelah 6 hari pada semua perlakuan adalah 2,44 - 3,17 mg/L. Persentase perubahan nilai amoniak limbah sangat tinggi. Pada hari ke-6 kisaran persentase peningkatan nilai amoniak adalah 89,15-145,74%, dengan nilai persentase peningkatan paling tinggi pada P3. Peningkatan nilai amoniak limbah terjadi karena adanya peningkatan aktivitas bakteri yang menguraikan bahan organik limbah.

Tabel 10. Perubahan nilai amoniak limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	Hasil hari ke-			
	0	2	4	6
Kontrol	1,29	1,49	1,88	2,44
P1	1,29	1,55	2,72	2,98
P2	1,29	1,33	2,03	2,51
P3	1,29	2,29	3,04	3,17

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Tabel 11. Persentase perubahan nilai amoniak limbah setelah perlakuan selama 6 hari.

Perlakuan	% perubahan nilai amoniak hari ke-		
	2	4	6
Kontrol	15,50	45,74	89,15
P1	20,16	110,85	131,01
P2	3,10	57,36	94,57
P3	77,52	135,66	145,74

Keterangan: P1: Perlakuan dengan BKA 2, P2: Perlakuan dengan BKA 4, P3: Perlakuan dengan BKA 8.

Isolat bakteri yang berkemampuan tinggi dalam perbaikan kualitas limbah industri karet

Setiap isolat bakteri yang ditumbuhkan ke dalam limbah industri karet mempunyai kemampuan yang berbeda dalam perbaikan kualitas air limbah. Dari keempat perlakuan terhadap limbah dapat diketahui bahwa perlakuan yang menggunakan isolat BKA 8 adalah perlakuan yang paling baik dalam meningkatkan kualitas limbah industri karet. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan isolat BKA 8 dalam perubahan nilai parameter kualitas limbah setelah 6 hari perlakuan. Nilai parameter kualitas air limbah industri karet setelah perlakuan dengan BKA 8 adalah pH 8,28, BOD 58,5 mg/L, COD 87,5 mg/L, TSS 75 mg/L, dan amoniak 3,17 mg/L. Semua nilai parameter kualitas air limbah tersebut sudah di bawah baku mutu limbah cair industri karet.

KESIMPULAN

Dari limbah industri karet dapat ditemukan 8 isolat bakteri yang berpotensi menguraikan limbah. Tiga jenis bakteri yang digunakan untuk perbaikan kualitas limbah mempunyai kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan kualitas limbah, dan isolat BKA 8 adalah isolat bakteri yang paling baik meningkatkan kualitas limbah dengan nilai indikator pada hari ke-6 adalah pH 8,28; BOD 58,5 mg/L; COD 87,5 mg/L; TSS 75 mg/L; dan amoniak 3,17 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Alfa, A.A. 2001. Alternatif penanganan limbah industri lateks metode lateks skim. *Jurnal Kimia Lingkungan* 3 (1): 1-8.
- Bollag, W.B. and J.M. Bollag. 1992. Biodegradation. In Lederberg, J. (ed.). *Encyclopedia of Microbiology*. Toronto: Academic Press Inc.
- Eweis, J.B. 1998. *Bioremediation Principles*. Singapore: Mc Graw-Hill.
- Hadioetomo, R.S. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- IRSG. 1998. *Rubber Statistical Bulletin*. 52 (12): 9.
- Pelczar, M.J. and E.C.S. Chan, 1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi* Penerjemah: Hadioetomo, R.S., T. Limas, S.S. Tjitrosomo, dan S.L. Angka. Jakarta: UI Press.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: Grasindo.
- Suwardin, D. 1989. Teknik pengendalian limbah industri karet. *Jurnal Karet* 4 (2): 28-34.