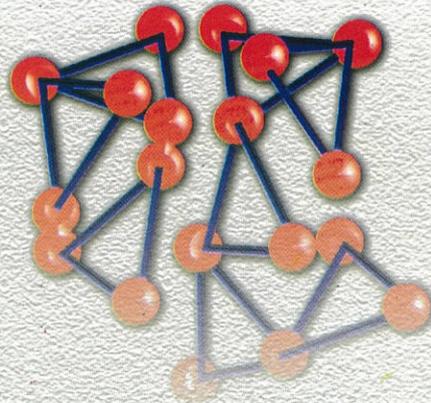


Jurnal Penelitian

Sains & Teknologi



Pemimpin Redaksi	:	Dr. H. Kuswandi, SU., M.Phill., Apt.
Redaksi Pelaksana	:	Drs. Sofyan Anif, M.Si.
Dewan Redaksi	:	Drs. Utama, M.Pd.
	:	Drs. Yuli Priyana, M.Si.
	:	Ir. Henry Hartono, M.T.
	:	Ir. Sri Sunaryono, M.T.
	:	Drs. Agus Warsito, M.Kes.
	:	Muhtadi, S.Pd., M.Si.
	:	Setyo Edi, SKM.
Sekretariat	:	Drs. Harun Joko Prayitno
	:	Moh. Nafi'
Periode Terbit	:	2 x dalam setahun
Terbit Pertama	:	April 2000

Jurnal Penelitian Sains & Teknologi adalah jurnal ilmiah tentang hasil-hasil penelitian ilmu-ilmu pengetahuan alam, pengetahuan sistematis tentang alam dan dunia fisik, termasuk di dalamnya zoologi, botani, fisika, kimia, geologi, rekayasa, dan lain-lain.

Sistematika dan urutan materi artikel ilmiah hasil penelitian disusun atas; judul; nama (nama peneliti); abstrak; kata kunci; pendahuluan (termasuk rumusan masalah, tinjauan pustaka, tujuan, dan manfaat); metode penelitian; hasil penelitian dan pembahasan (termasuk analisis, sintesis, interpretasi); kesimpulan dan saran; persantunan; daftar pustaka; dan lampiran (-jika ada). Artikel ilmiah hasil penelitian tersebut diketik 1,5 spasi, font 12, kertas HVS ukuran kwarto (21,6 cm x 28 cm). Maksimum jumlah artikel 15 halaman. Artikel yang dikirim hendaknya disertai dalam bentuk disket dengan program WS, MS, atau WP.

DAFTAR ISI

EFEKTIVITAS EM-4 (EFFECTIVE MICROORGANISMS-4) DALAM MENURUNKAN BOD (BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND) LIMBAH ALKOHOL

Sofyan Anif dan Dwi Astuti
101-114

PENGARUH PENAMBAHAN LEACHATE TERHADAP TERBENTUKNYA GAS BIO DARI SAMPAH GARBAGE

Saudin Yumiamo
115-128

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN TAWAS UNTUK MENURUNKAN KADAR TSS (Total Suspended solid) DAN TDS (Total Dissolved Solid) LIMBAH CAIR ALKOHOL DI DESA BEKONANG KECAMATAN MOJOLABAN KABUPATEN SUKOHARJO

Anang Heru Wibowo, Sofyan Anif, dan Tuti Rahayu
129-144

KAJIAN KANDUNGAN ASAM LEMAK OMEGA 3 UNDIR-UNDIR LAUT (*Emerita sp*) DI PANTAI SELATAN YOGYAKARTA

Dindin Hidayatul Mursyidin, Salahuddin Muhammad, Dian Pribadi Perkasa, Sekendriana, Prabowo, Rarastoeti Pratiwi
145-154

PEMANFAATAN KULIT KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus*)
SEBAGAI BAHAN DASAR MAKANAN BERSERAT (NATA)
DENGAN PENAMBAHAN GULA KELAPA

Aminah Asngad dan Suparti
155-166

UJI EFIKASI FENDONA 5 WP PADA BERBAGAI PERMUKAAN
DINDING (TEMBOK, PAPAN DAN BAMBU) TERHADAP *Anopheles*
aconitus DAN *Anopheles maculatus*

Hasan Boesri, Damar Tri Boewono, dan Soelarto
167-175

DISTRIBUSI KUALITAS AIR TANAH DI DAERAH
PERKEMBANGAN PERKOTAAN SURAKARTA

Alif Noor Anna
176-185

PENGANTAR REDAKSI

Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 4, No. 2 ini menyajikan tujuh naskah artikel ilmiah yang ditulis dari hasil penelitian yang dilaksanakan oleh dosen-dosen dari latar belakang ilmu sains dan teknologi, baik dari Universitas Muhammadiyah Surakarta maupun dari luar UMS.

Dari tujuh naskah tersebut, tiga diantaranya berkaitan dengan bidang lingkungan, dua naskah berhubungan dengan sumber daya laut dan sumber daya air darat, satu naskah berkaitan dengan *diversifikasi* sumber daya makanan, dan satu naskah lagi berhubungan dengan bidang kesehatan.

Salah satu isu lingkungan global yang telah menjadi perhatian besar oleh sebagian besar Negara-negara di dunia pada abad 21 ini adalah masalah menurunnya kualitas lingkungan yang disebabkan semakin meningkatnya jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan. Semakin hari jumlah limbah (sampah) yang dihasilkan dari proses produksi industri semakin meningkat, karena akibat adanya respon terhadap makin meningkatnya tuntutan masyarakat akan kebutuhan hidupnya. Sementara itu, limbah yang dikeluarkan industri tersebut mengandung bahan pencemar yang berbahaya bagi kelestarian lingkungan.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, Sofyan Anif dan Dwi Astuti telah memaparkan artikel dari hasil penelitiannya yang berjudul "Efektivitas EM-4 Dalam Menurunkan BOD (Biological Oxygen Demand) Limbah Alkohol". Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan EM-4 cukup efektif dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol dengan rata-rata penurunan di atas 30 %.

Hasil penelitian ini diperkuat lagi dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Anang Heru Wibowo, dkk yang berjudul "Efektivitas Penggunaan Tawas Untuk Menurunkan Kadar TSS (Total Suspended Solid) dan TDS (Total Dissolved Solid) Limbah Cair Alkohol di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo". Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *Tawas* cukup efektif untuk menurunkan kadar TSS dan TDS limbah cair alkohol dan dosis yang paling efektif adalah 6 gram/liter, dengan penurunan sebesar 56 % untuk TSS dan 51 % untuk TDS.

Sementara itu, disamping permasalahan limbah industri, saat ini yang juga menjadi perhatian besar oleh *stake-holder* di bidang lingkungan adalah limbah yang jumlahnya kian hari kian meningkat, lebih-lebih

EFEKTIVITAS EM-4 (EFFECTIVE MICROORGANISMS-4) DALAM MENURUNKAN BOD (BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND) LIMBAH ALKOHOL

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengetahui EM-4 dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol, dan (2) mengetahui dosis efektif EM-4 dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Populasi penelitian adalah seluruh limbah cair alkohol di sentra industri alkohol yang berada di Desa Bekonang Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo. Sedangkan sampel penelitian adalah sampel limbah cair yang dihasilkan oleh salah satu pengrajin alkohol. Teknik sampling penelitian adalah dengan acra random sampling. Karena bahan yang dipakai, proses, dan hasil/produknya sama, maka peneliti hanya ,mengambil sampel air limbah secara acak yang berasal dari salah satu industri alkohol yang sedang memproduksi pada saat penelitian dilakukan. Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan 2 faktor perlakuan dan 12 kombinasi perlakuan. Data dianalisis secara statistik dengan Anova (Analysis of Variance) dua jalur (Two Way Anova) dan uji Scheffe, kemudian dilanjutkan secara deskriptif kualitatif dengan cara membandingkan persentase penurunannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) penggunaan EM-4 (Effective microorganism-4) dan lama perlakuan cukup efektif dalam menurunkan BOD limbah alkohol yang ditunjukkan dengan persentase penuruna rata-rata lebih dari 30% tetapi masih kurang dari 50% =, dan (2) hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan persentase penurunan kadar BOD sebanding dengan dosis EM-4 dan lama perlakuan. Penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis EM-4 100 ml/l dan lama perlakuan 9 hari.

PENDAHULUAN

Desan Bekonang merupakan salah satu desa penghasil alkohol terbesar di Kabupaten Sukoharjo. Bahan baku alkohol yang dinakan adalah tetes tebu yang sebagian besar diperoleh dari daerah Madiun dan Magetan. Meskipun penghasil aokohol terbesar, namun teknologi yang dinakan dalam proses pengolahan masih tergolong sederhana. Demikian juga sisa kegiatan industri yang berupa buangan atau limbah langsung dibuang ke lingkungan, tanpa mengalami pengolahan sebelumnya. Padahal dalam kegiatan industri, airl limbah tidak boleh langsung dibuang ke leingkungan tanpa dilakukan pengolahan yang memadai karena dapat menimbulkan pencemaran.

Limbah industri alkohol termasuk dalam kelompok limbah organik. Limbah organik ini meruoakan penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air. Limbah ini akan mengalami penyebaran (disperse) dan pengenceran (dillution) yang diikuti dengan dekomposisi dan degradasi oleh bakteri aerob, sehingga lama-kelamaan oksigen terlarut dalam air menjadi sangat berkurang.

BOD menurut Fardiaz (1992), merupakan jumlah oksigen yang terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Organisme hidup yang bersifat aerobik membutuhkan oksigen untuk beberapa reaksi biokimia, yaitu untuk mengoksidasi bahan organik, sintesis sel dan oksidasi sel. Sementara itu, Darsono (1995) menyatakan bahwa BOD atau kebutuhan oksigen untuk proses biologi merupakan indikator pencemaran organik yang paling banyak digunakan untuk kontrol kualitas air atau untuk menilai kepekatian limbah. Parameter BOD banyak digunakan sebagai indikator karena apabila BOD jauh di bawah persyaratan maka sangat dimungkinkan persyaratan air yang lain juga tidak memenuhi syarat.

Lebih lanjut, Fardiaz ((1992) menyatakan bahwa kandungan oksigen (DO=Dissolved Oxygen, kadar oksigen, konsentrasi oksigen) dalam air merupakan faktor kritis bagi kehidupan di perairan. Kandungan oksigen akan turun bila salinitas naik, juga bila temperatur air naik. Kebanyakan biota perairan seperti ikan memerlukan konsentrasi oksigen 5 mg/l (setara 5 ppm). Hal ini sejalan dengan pendapat Johosua Doda (1989) dalam Setiyani (2000) bahwa air dianggap baik kondisinya jika oksigen terlarut (DO) mencapai 8-9 ppm pada suhu 20 C dan tercemar berat jika DO dibawah 4,5 ppm pada suhu 20 C.

Kekuatan air limbah dinyatakan oleh nilai BOD-nya (Pelczar, 1998). Wardhana ((1995), menyatakan BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada di dalam air lingkungan tersebut. Sebenarnya peristiwa penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan adalah proses alamiah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup.

Proses biologis merupakan proses alami yang bersifat dinamis dan berkesinambungan selama faktor-faktor yang berhubungan dengan kebutuhan mikroorganisme di dalamnya terpenuhi. Mikroba memiliki kemampuan yang tinggi dalam mendegradasi zat organik, sehingga peranannya dalam pengolahan limbah cukup banyak dikembangkan, salah satu diantaranya dengan menggunakan sistem simba (polikultur mikroba) yaitu sistem simbiosis kehidupan dua atau lebih mikroorganisme yang saling menguntungkan selama proses degradasi zat organik (Sugiharto, 1987).

Pengolahan secara biologi pada umumnya digunakan untuk mereduksi atau menurunkan kadar pencemar organik dalam limbah air dengan menggunakan serta memanfaatkan aktivitas mikroorganisme (Mahida, 1984). Beberapa contoh yang sering digunakan adalah dengan lumpur aktif (activated sludge), saringan atau filter menetes (trickling filter), kolam oksidasi, tangki septik, dan dengan cara

Pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan dengan cara pemberian mikroorganisme ke dalam limbah cair sehingga zat-zat pencemar organik dalam limbah menjadi terurai. Secara umum proses biologik pada penanganan limbah cair dapat berlangsung dengan atau tanpa oksigen terlarut dalam air.

Bakteri yang diperlukan dalam proses pengolahan air limbah harus mencukupi jumlahnya. Dalam kondisi makanan yang cukup maka bakteri akan tumbuh dan berkembang biak. Pada

awalnya perkembangbiakannya relatif konstan, kemudian berangsur-angsur menjadi lambat pertumbuhannya karena ada suasana baru dari air limbah. Keadaan ini disebut fase adaptasi atau fase penyesuaian. Setelah fase ini disusul fase kedua, jumlah bakteri mulai bertambah sedikit demi sedikit, sel-sel dalam fase ini tampak gemuk. Fase selanjutnya adalah pembiakan fase cepat (fase logaritma) pada fase ini pembiakan bakteri ini berlangsung paling cepat seiring dengan turunnya ketersediaan makanan. Kemudian kecepatan berbiak menjadi berkurang, fase ini disebut fase pembiakan diperlambat. Pada akhirnya makanan akan habis dan bakteri akan mati sehingga tercapai suatu keadaan dimana yang mati akan habis dan bakteri akan mati sehingga tercapai suatu keadaan dimana yang mati dan yang tumbuh mulai berimbang dan tahap ini dikenal dengan tahap stasioner (fase konstan). Fase ini disusul dengan fase kematian, yaitu bakteri yang mati makin banyak dan makin melebihi jumlah bakteri yang membelah diri. Keadaan ini dapat berlangsung beberapa minggu, bergantung pada spesies, medium serta faktor-faktor lingkungan (Dwidjoseputro, 1989).

Penelitian tentang efektivitas dari beberapa jenis polikultur telah cukup banyak dilakukan, seperti penelitian Prasetya (2001), yang menunjukkan bahwa EM-4 mampu menurunkan kadar Total Suspended Solid (TSS) limbah cair tahu sampai 52,01 %. Kadar TSS pada kontrol sebesar 289,75 mg/l dengan pemberian EM-4 dosis 3 ml/l kadar TSS turun menjadi 133,67 mg/l. Penelitian Ginting (1992) tentang efektivitas lumpur aktif, hasilnya menunjukkan kemampuan lumpur aktif dalam menurunkan kandungan BOD mencapai 90%. Seperti diketahui bahwa lumpur aktif dalam menurunkan kandungan BOD mencapai 90%. Seperti masa mikrobiologis yang terdiri dari bakteri, kapang, protozoa, dan metazoa. Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh Herdiati (1995) tentang efektivitas starbio (jenis EM-1), dalam menurunkan kandungan BOD limbah tahu menunjukkan adanya perbedaan nilai BOD yang sangat bermakna antara limbah tanpa perlakuan (kontrol) dengan limbah yang diberi starbio pada konsentrasi mg/l, sedangkan pada perlakuan starbio 59,40 mg/l.

Setiyani (2000), menyatakan bahwa effective mikroorganism (EM) adalah campuran dari beberapa mikroorganisme baik aerob maupun anaerob yang hidup bersimbiosis satu sama lain secara artifisial. Komposisi mikroorganisme penyusun.....

EM-4 telah digunakan secara efektif untuk menginokulasi limbah organik pertanian, sampah kota, menghilangkan bau busuk limbah organik, mempercepat penguraian limbah organik, serta pengomposan berbagai macam limbah organik yang terdapat di dalam tanah dengan melepaskan hasil fermentasi berupa gula, alkohol, vitamin, asam laktat, asam amino dan senyawa organik lainnya. Fermentasi bahan organik tidak melepaskan panas dan gas yang berbau busuk sehingga hasil fermentasi bahan organik mencukupkan kondisi yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme (anonim, 1999)

Dari beberapa hasil penelitian di atas dimungkinkan bahwa EM-4 (efektif mikroorganisme 4) yang merupakan polikultur mikroba dapat mendekomposisi zat organik dalam limbah alkohol sehingga dapat menurunkan kadar BOD. Berdasarkan beberapa alasan di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai seberapa jauh EM-4 efektif dalam menurunkan BOD pada limbah cair alkohol.

Berdasarkan latar belakang dan pembahsanan maslaah diatas makan perumusan masalah dalam openelitian ini adlah:

- (1) Bagaimana efektifitas EM-4 dan lama perlakuan dalam menurunkan kadar BOD limbah cair alkohol dan (2) berapakah dosis EM-4 dan lama perlakuan yang paling efektif menurunkan kadar BOD limbah cair alkohol

Sedangkan tujuan penelitian ini adalaah (1) mengetahui efektifitas EM-4 dalam menurnukan kadar BOD limbah alkohok, dan (2) mengetahui dosis efektif dari EM-4 dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi Pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan Seni (Iptek), terutama dalam pengembangan teknologo pengolahan limbah alkohol di Desa Bekonang Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo yang saat ini sudah meresahkan masyarakat sekitar kawasan industri. Disamping itudiharapkan juga dapat memebrikan pemecahan masalah pembanguinan terutama masalah-masalah kesehatan masyarakat yang disebabkan oleh adanya limbah indsutri lakohol. Bagi institusi pendidikan, diharapkan dapat menambah khasanah kepustakaan yang ada, kususnya yang berkaitan dengan pengelolaan limbah alkohol dengan memanfaatkan kultur mikrobiologi dalam memecahkan masalah pencemaran lingkungan.

TABEL 3. Rata-rata Kadar BOD dan Persentase Penurunannya

Perlakuan	Ulangan	Jumlah	Rata-rata	Prosentase Penurunan (%)	
P1T1	140.077	140.156	280.233	140.117	27,9
P2T1	135.406	135.501	270.907	135.454	30,3
P3T1	130.071	130.111	260.182	130.091	33,0
P4T1	126.736	132.721	259.457	129.729	33,2
P1T2	132.998	126.885	259.883	129.942	33,1
P2T2	116.013	116.425	232.438	116.219	40,2
P3T2	118.055	118.132	236.187	118.094	39,2
P4T2	100.390	100.729	201.119	100.560	48,2
P1T3	120.115	119.927	240.042	120.021	38,2
P2T3	111.229	111.283	222.512	111.256	42,7
P3T3	107.869	107.011	214.880	107.440	44,7

P4T3	101.057	100.899	201.956	100.978	48,00
------	---------	---------	---------	---------	-------

2. Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa pemberian EM4 maupun lama perlakuan sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD limbah cair alkohol. Tabel 2 menunjukkan ketiga variabel, yaitu variabel dosis EM4, lama perlakuan dan interaksi keduanya, semuanya sangat signifikan. Dari ringkasan uji scheffe dapat diketahui bahwa hasil uji antar perlakuan pada dosis EM4 juga menunjukkan pada taraf signifikan, kecuali hasil uji antara P2 (dosis 20 ml) dengan P3 (dosis 50ml) kurang signifikan (tidak berbeda nyata). Sedangkan untuk pada lama perlakuan semuanya menunjukkan pada taraf signifikan.

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa persentase penurunan kadar BOD rata-rata lebih dari 25%. Persentase penurunan tertinggi terjadi perlakuan P4T2 dan P4T3 yaitu sebesar 48,2% dan 48%. Dengan demikian, secara umum terjadi kecenderungan peningkatan persentase penurunan kadar BOD seiring dengan meningkatnya dosis EM4 dan lama perlakuan yang diberikan. Namun demikian, tidak menutup kemungkinan karena kemampuan mikroorganisme perkembangbiakannya. Hal ini ditunjukkan P4T2 kadar BOD mengalami penurunan sebesar 48,2%, tetapi pada perlakuan P4T3 justru mengalami penurunan sebesar 0,2% menjadi 48%. Persentase penurunan secara lebih rinci ditampilkan pada Gambar 1 di bawah ini.

Dari gambar 1 di atas, dapat diketahui secara keseluruhan kadar BOD limbah cair alkohol setelah mengalami perlakuan terjadai penurunan rata-rata lebih dari 30% dan ini hanya pada perlakuan P1T1 saja yang mengalami penurunan kurang dari 30%. Ini dimungkinkan karena pertumbuhan organisme yang belum optimal sehingga persentase penurunan juga kurang optimal. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan EM4 sangat efektif digunakan untuk pengolahan limbah secara biologi dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol.

Berdasarkan analisis kecenderungan maka penurunan kadar BOD setelah perlakuan pemberian EM4 menunjukkan tingkat kecenderungan semakin besar dosis semakin besar pula penurunan kadar BOD. Hal ini kemungkinan disebabkan semakin besar dosis semakin banyak mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 yang memiliki kemampuan untuk memfermentasikan atau mendegradasikan kandungan zat organik terlarut.

Penggunaan EM4 dalam menurunkan kadar BOD ini merupakan salah satu metode penanganan secara biologis guna mempercepat proses penguraian limbah, yaitu dengan sistem simba atau polikultur dengan menggunakan dua

dengan cara random sampling. Karena bahan yang dipakai, proses dan hasil/produknya sama, maka penelitian hanya mengambil sampel air limbah secara acak yang berasal dari salah satu industri alkohol yang sedang berproduksi pada saat penelitian dilakukan.

Rancangan percobaan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola factorial dengan 2 faktor perlakuan dan 12 kombinasi perlakuan.

Hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan Analysis of Variance (Anova) dua jalur (Two Way Anova) untuk menguji apakah pemberian EM-4 dan lama

perlakuan berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD. Adapun untuk mengetahui beda nyata antar perlakuan dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji Scheffe dengan bantuan Program SPSS 10.0 (Statistical Product and Service Solution 10.0). Sedangkan untuk mengetahui efektifitas EM-4 dan lama perlakuan terhadap penurunan kadar BOD limbah alcohol, data dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan cara membandingkan presentase penurunannya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil penelitian

Hasil penelitian tentang efektifitas EM-4 (effective microorganisms-4) dan lama perlakuan dalam menurunkan BOD (Biological Oxygen Demand) limbah alcohol setelah dianalisis diperoleh data yang ditampilkan pada table 1. Sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil analisis kimia kadar BOD limbah cair alcohol pada dosis EM-4 dan lama perlakuan yang berbeda

Dosis EM-4	Lama Perlakuan (dalam jam)		
	T1 (3 hari)	T2 (6 hari)	T3 (9 hari)
P1 (Kontrol)	140077	132998	120115
	140156	126885	119927
P2 (20 ml)	135406	11601	111229
	135501	116425	111283
P3 (50 ml)	130071	118055	107869
	130111	118132	107011
P4 (100 ml)	126736	100390	101057
	132721	100729	100899

Keterangan:

- Kadar BOD limbah cair murni (sebelum mengalami perlakuan): 194.274,4 mg/l
- Ph : 4,3

Tabel 1. Hasil analisis varian (Anava) dua jalur kadar BOD limbah cair alkohol

Source (Sumber Ragam)	df (DB)	Sum Of Squares (JK)	Mean (KT)	Square F	F Hitung	F Tabel	Sig.
EM 4	3	1172071672.333	390690557.444	126.206	3.49		.000
WAKTU	2	2461558024.750	1230779012.375	397.582	3.88		.000
INTERAKSI	6	227771477.917	37961912.986	12.263	3.00		.000
Error (Galat)	12	37147921.000	3095660.083				
Total	24						

Untuk mengetahui perbedaa antar perlakuan maka uji Anova dilanjutkan dengan uji Scheffe. Adapun ringkasan Uji Scheffe adalah sebagai berikut:

a. Dosis EM4

P1 berbeda secara nyata dengan P2, P3, dan P4; P2 berbeda secara nyata dengan P1, P3, P4' dengan P3 berbeda secara nyata dengan P1,P2, dan P4

b. Waktu

T1 berbeda secara nyata dengan T2, T3, dan T4; T2 berbeda secara nyata dengan T1, T3, dan T4; T3 berbeda secara nyata dengan T1, T2, dan T4

T4 berbeda secara nyata dengan T1, T2, dan T3

Sedangkn presentase penurunan kadar BOD masing-masing perlakuan ditampilkan pada Tbale 4. Sebagai berikut:

Yang menyebabkan limbah terdegradasi emnjadi senyawa lain terjadi pada saat penguraian limbah dilakukan oleh mikroorganisme aerob, maka untuk mengimbangi proses tersebut dapat dilakukan system anaerob.

Sementara itu, factor waktu sangat berpengaruh terhadap proses penurunan kadar BOD. Bakteri ayng diperlukan dalam proses pengolahan air limbah harus mencukupi jumlahnya. Dalam kondisi makanan yang cukup maka bakteri akan tumbuh dan berkembang biak. Pada awal perkembangbiakannya relative konstan, kemudian berangsur-angsur menjadi lambat pertumbuhannya karena ada suasana baru dari air limbah. Keadaan ini disebut fase adaptasi atau fase penyesuaian. Setelah fase omo disusul fase kedua, dimana jumlah bakteri mulai bertambah sedikit demi sedikit, sel-sel dalam fase ini tampak gemuk. Fase selanjutnya adalah fase pembiakan cepat (fase logaritma)' pada fase ini pembiakan bakteri berlangsung paling cepat seiring dengan turunya ketersediaan makanan. Kemudian kecepatan berbiak menjadi berkurang, fase ini disebut fase pembiakan diperlambat. Pada akhirnya makanan akan habis dan bakteri akan mati sehingga tercapai suatu keadaan dimana yang mati dan yang tumbuh mulai berimbang dan tahap ini dikenal dengan tahap stasioner (fase konstan). Fase ini disusul dengan fase kematian, dimana jumlah bakteri ayng mati makin banyak dan makin melebihi jumalh bakteri ayng membelah diri. Keadaan ini daoat berlangsung beberapa minggu, bergantung pada spesies, medium serta factor-faktor lingkungan (Dwidijoseputra,

1989). Apabila dikaitkan dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan persentase penurunan kadar BOD sejalan dengan bertambahnya waktu. Ini dimungkinkan mengingatkan dengan bertambahnya waktu tersebut bertambah pula jumlah bakteri anaerobnya.

Kadar BOD limbah cair alcohol murni sebelum mengalami pengolahan/ perlakuan sebesar 94.273,4 mg/l termasuk kategori sangat tinggi, karena melampaui baku mutu limbah cair golongan IV yang diperbolehkan yaitu sebesar 300 mg/l. demikian pula dengan Ph yang sangat asam yaitu sebesar 4,3 telah melampaui baku mutu sebesar 5-9. Tingginya kadar BOD dan Ph ini disebabkan di dalam limbah alcohol masih banyak mengandung zat organik berupa karbohidrat, lemak, protein, maupun garam-garam mineral.

Kandungan zat organik yang terdapat di dalam limbah ini dapat didegradasi atau dikomposisikan oleh mikroba dengan system sampa adalah karbohidrat, protein, lemak, dan beberapa zat organik lainnya yang bersifat biodegradable seperti serat. Karbohidrat diuraikan menjadi glukosa dan setelah mengalami glikolisis, glukosa akan diubah menjadi asam piruvat. Protein akan dirombak menjadi peptide kemudian menjadi asam amino. Asam amino akan diubah menjadi asam piruvat dan asetil Ko-A. sedangkan lemak akan didekomposisi menjadi gliserol dan asam lemak. Dirombak menjadi asam piruvat, yang kemudian menjadi asetil Ko-A. setelah masuk siklus krebs, asetil Ko-A akan diubah menjadi H₂O dan CO₂

Bahan organik terlarut dalam limbah alcohol berupa protein, karbohidrat, dan lemak yang merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme. Adanya penambahan mikroorganisme dalam limbah alcohol akan mempercepat proses perombakan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hal ini ditunjukkan dengan kecenderungan semakin tinggi dosis semakin tinggi pula penurunan BOD

Bakteri merupakan mikroorganisme utama dalam penanganan limbah secara hayati. Dalam hal ini bakteri asam laktat sebagai salah satu penyusun komposisi EM-4 juga memiliki peran yang sama yaitu menggunakan bahan organik sebagai sumber energy dan karbon. Energy yang dihasilkan melalui proses perombakan selain digunakan untuk aktivitas katabolisme juga digunakan untuk biosintesa, sehingga selama ketersediaan nutrient terjamin maka jumlah sel bakteri akan meningkat (Dwijoseputro, 1989)

Proses perombakan bahan organik limbah alcohol akan berlangsung secara enzimatik terhadap senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Pada tahap pertama bahan organik akan dirubah menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu gula, gliserol, asam lemak, asam amino. Kemudian terjadi pembangkitan energy yang menghasilkan senyawa-senyawa seperti CO₂, H₂O dan NH₄.

Proses perombakan karbohidrat dalam limbah alcohol oleh mikroorganisme akan melalui tahap-tahap reaksi glikolisis, dalam hal ini glukosa yang memiliki 6 atom karbon secara reaksi enzimatik dengan bantuan enzim karbohidrase menghasilkan asam piruvat, perombakan lemak mengikuti tahap-tahap reaksi beta oksidasi. Proses perombakan protein akan melalui peristiwa hidrolisis menjadi senyawa protease dan selanjutnya dipecah menjadi pepton. Senyawa pepton kemudian dipecah menjadi polipeptida dan asam amino bebas. Asam amino selanjutnya akan mengalami pemecahan menjadi asam amino dan segera dioksidasi menjadi nitrit melalui proses nitrifikasi. Disamping itu akhir proses aerobik perombakan protein berupa CO₂, H₂O, H₂SO₄ dan alcohol.

Adanya simbiosis dari mikroorganisme penyusun EM-4 serta mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair tidak dapat diamati secara mendalam dan tidak teridentifikasi mikroba yang mempunyai pengaruh terbesar dalam proses perombakan bahan organik, mengingatkan penelitian ini tidak sampai pada tahap tersebut

Berkurangnya kadar BOD akibat perombakan bahan organik oleh mikroba juga menunjukkan terjadinya pertumbuhan mikroorganisme dalam air limbah. perombakan bahan organik terjadi melalui tahap-tahap penyesuaian, tahap percepatan, eksponensial, perlambatan, stasioner maksimum dan tahap kematian.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitiann dan pembahasan penelitian tentang effectivitas EM-4 dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan EM4 (Effective microorganism-4) dan lama perlakuan cukup efektif dalam menurunkan kadar BOD limbah alkohol yang ditunjukkan dengan persentase penurunan rata-rata lebih dari 30% tetapi masih kurang dari 50%.
2. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan prosentase penurunan kadar BOD sebanding dengan dosis EM-4 dan lama perlakuan. Penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis EM-4 100 ml/l dan lama perlakuan 9 hari.

Adapun saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi pengusaha industri alkohol agar menindaklanjuti hasil penelitian ini dengan menggunakan teknologi EM-4 dalam pengolahan limbahnya, disamping pengolahan limbah dengan menggunakan teknik/metode yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang inokulasi mikroorganisme anaerob yang dapat dipisahkan dengan mikroorganisme aerob sehingga proses degradasi dan dekomposisi limbah alkohol dapat lebih optimal karena EM-4 masih merupakan campuran/polikultur antara mikroorganisme aerob dan anaerob.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bagian Proyek Pengkajian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, atas bantuan dana yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1999. *Bokashi Fermentasi Bahan Organik dengan Teknologi EM4 Cara Pembuatan dan Aplikasi*. Jakarta: Indonesian Kyusei Nature Farming Societies dan PT Songgolangit Persada.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI-Press.
- Udin Djabu. 1991. *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah pada Institusi Pendidikan Sanitasi/Kesehatann Lingkungan*. Jakarta: Depkes RI Pusat Pendidikan Tenaga Kesehatan.
- Dwidjoseputro. 1989. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan
- Herdiati. 1995. *Efektivitas starbio dalam Menurunkan Kandungan BOD*. Penelitian Fakultas Biologi Unsoed. Purwokerto: Universitas Jendral Soedirman.
- Higa, T. 1991. *Effective Microorganisms: A Biotechnology for Mankind*. Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. U.S. Departement of Agriculture, Washington. D.C.USA.
- Indriani, Y.H. 1999. *Membuat Kompos secar Kilat*. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- Judoamidjojo, R. Mulyono dkk. 1989. *Biokonversi*. Bogor: Depdikbud Dirjen Dikti Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB.
- Mahida, U.N 1984. *Pencemjaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: CV Rajawali.
- Mahmud, M.K., dkk. 1990. *Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI, Direktorat Bina Gizi Masyarakat dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi.
- Mason, C.F. 1981. *Biology of Fresh-Water Pollution*. New York: Longman Group Limited.
- Pelczar, Jr., Michael dan E.C.S. Chan. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI-Press.
- Potter, C., M. Soepardi., Aulia Gani., (1994). *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia: Sumber, Pengendalian, dan Baku Mutu*. Jakarta: EMDI-Bapedal.
- Prasetya, Yuli. 2001. *Efektivitas EM dalam Menurunkan Kadar TSS Limbah Cair Industri Tahu*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
- Said, E. Gumbira. 1987. *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*. Jakarta: Melton Putra.
- Slamet, Juli Soemirat. 1996. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sofyan Anif. 1999. *Karakteristik Limbah Cair Tahu, Permasalahn Lingkungan yang Ditimbulkan, dan Upaya Penanganannya di Kelurahan Mojosongo Kotamadya*

Daerah Tingkat II Surakarta. Tesis. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Lingkungan Jurusan Antar Bidang. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.

Srikandi Fardiaz. 1992. *Polusi Air dan Udara.* Jakarta; Kanisius.

Sugiharto.1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta: UI-Press

Wardhana, Wisnu Arya.1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan.* Yogyakarta: And Offset.