

KAJIAN PROSES DEGRADASI BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR SELAMA AKLIMATISASI PADA KONDISI ANAEROBIK DENGAN KONSENTRASI GARAM TINGGI

Mega Ayu Yusuf^{*)}

ABSTRACT

Waste with high level of salinity is usually difficult for microorganism to degrade because the high level of salinity concentration in the environment can hamper microorganism to reduce organic materials. This research was aimed at studying degradation process of organic materials in anaerobic condition with high level of salinity concentration. The main research was conducted with three operation conditions with inoculum as much as 15% out of total sample volume in which a number treatments in terms of adding salt from 0 mg/kg, 32 mg/kg and 52 mg/kg. This research was used some synthetic liquid waste (molasses) with inoculum came from salt made location. The initial COD content in molasses which has been made into liquid is averagely out of two test was 400000 mg/l. The COD content required for this research was 4000 mg/l.

Keyword : degradation, salinity, anaerobic

PENDAHULUAN

Penurunan kualitas lingkungan dan eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan telah menjadi masalah serius secara global. Salah satu yang menyebabkan penurunan kualitas tersebut yaitu dengan banyaknya hasil samping yang dihasilkan oleh industri khususnya industri pertanian. Banyak hal telah dilakukan untuk mendaur ulang produk atau pemanfaatan hasil samping tersebut. Pada umumnya hasil samping ini masih banyak mengandung bahan organik seperti protein, lemak dan karbohidrat yang dapat digunakan sebagai media pertumbuhan oleh mikroba tertentu untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia.

Salah satu industri pertanian yang menghasilkan produk samping yang cukup besar adalah industri gula berupa molases. Molases berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut karena mengandung bahan organik yang cukup tinggi.

^{*)} Staf pengajar pada Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Musamus

Selain itu molases yang kaya akan kandungan vitamin dan mineral sangat baik digunakan untuk media pertumbuhan bakteri. Molases merupakan keluaran terakhir yang diperoleh dari pembuatan gula tebu dan merupakan sisa sirup yang tidak dapat mengkristal lagi. Molases mempunyai sifat fisik berupa cairan kental, berbau, berasa pahit dan berwarna hitam kecoklatan. Molases mengandung senyawa nitrogen, trace element (nutrien) dan gula sebesar 45-60%. Selain itu molases yang kaya akan kandungan vitamin dan mineral sangat baik digunakan untuk media pertumbuhan bakteri.

Kadar mineral dan logam dalam molases terutama terdiri dari K, Mg, Ca, Fe, Al, Pb dan Na. Salah satu pemanfaatan molases yaitu sebagai media pertumbuhan bakteri untuk pembuatan biogas menggunakan proses fermentasianerobik dengan bantuan campuran kultur yang telah dipilih dan diadaptasi. Fermentasi anaerobik merupakan proses dimana mikroorganisme mendegradasi bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen (anaerobik).

Penurunan kualitas lingkungan salah satunya disebabkan oleh hasil samping yang dihasilkan industri khususnya industri pertanian. Hasil samping (limbah) dari industri pertanian khususnya yang berkadar garam tinggi biasanya sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Hal ini dikarenakan oleh konsentrasi garam tinggi pada lingkungan atau limbah dapat menghambat mikroorganisme mereduksi bahan-bahan organik didalamnya. Garam tinggi dapat menghambat fungsi bakteri metanogen dalam mereduksi bahan organik dan asam asetat menjadi gas atau metan. Reduksi sulfat dan metabolisme H_2 juga dapat terhambat pada konsentrasi garam tinggi. Dalam ekosistem, fermentasi anaerobik dapat memproduksi CO_2 , CH_4 dan H_2S . Tapi hal ini sulit dilakukan pada limbah berkadar garam tinggi dimana terdapat akumulasi VFA dan H_2 .

Ekosistem dengan kandungan garam yang tinggi pada umumnya dapat menghambat dan membatasi perkembangbiakkan bakteri maupun mikroorganisme.

Batas maksimal untuk konsentrasi garam untuk vertabrata (*Tilapia spp.*) adalah sekitar 10%. Di atas level ini, hanya jenis invertabrata seperti brine shrimp (*artemia salina*) atau brine flies, kelompok alga (*Dunaliella salina*), bakteri (yang termasuk

golongan *Halobacteriaceae* dan *Haloanaerobiaceae*, *methanogen*, dan lain-lain), dan *Cyanobacteria* (*Oscillatoria spp.*) yang telah diketahui.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses degradasi bahan organik pada kondisi anaerobik dengan konsentrasi garam tinggi dan menentukan nilai parameter kinetika untuk limbah cair dengan konsentrasi garam tinggi. Penelitian utama dilakukan dengan tiga kondisi operasi dengan lumpur aktif sebanyak 15% dari total volume sampel kemudian diberikan berbagai perlakuan penambahan garam dimulai dari 0 mg/kg (reaktor 1), 32 mg/kg (reaktor 2) dan 52 mg/kg (reaktor 3). Penelitian dilakukan dengan limbah cair sintetik (larutan molases encer) dengan inokulum berasal dari lokasi pembuatan garam. Kadar COD awal molases awal yang diencerkan adalah rata-rata dari dua kali pengujian adalah 4000 mg/l. Analisa yang dilakukan adalah analisa COD, MLSS, MLVSS dan produksi gas. Pada penelitian ini juga dianalisa pengaruh penambahan trace element pada laju degradasi bahan organik dan nilai parameter kinetika.

Untuk menghasilkan efluen yang ramah lingkungan, diperlukan perancangan proses bioreaktor agar proses pengolahan limbah cair dapat berjalan optimal. Oleh sebab itu, perlu diketahui lebih dahulu nilai beberapa parameter kinetika karena nilai parameter kinetika ini berlaku spesifik bagi jenis limbah cair dan proses yang diterapkan. Penentuan nilai parameter kinetika dapat dilakukan secara curah maupun sinambung, sesuai dengan metode kultivasi lumpur aktif. Kelebihan metode curah adalah mudah dan waktu proses yang diperlukan relatif singkat dibandingkan secara sinambung.

METODE PENELITIAN

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan cara mengkarakterisasi molases yang akan digunakan dalam penelitian. Parameter untuk karakterisasi meliputi parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan kadar garam molases. Setelah itu dilakukan aklimatisasi lumpur aktif yang bertujuan untuk mengadaptasikan mikroorganisme dengan kondisi lingkungan yang baru, termasuk sumber makanannya. Lumpur aktif yang telah dicampur dengan molases yang telah diencerkan dalam erlenmeyer, kemudian diaduk menggunakan stirer dan diproses secara anaerobik. Pertumbuhan

bakteri ditandai dengan perubahan warna suspensi menjadi cokelat kehitaman sampai hitam pekat dan pembentukan serta penambahan volume gas yang ditangkap, juga terjadi peningkatan nilai MLVSS. Aklimatisasi lumpur aktif berlangsung selama satu bulan.

Penelitian utama dilakukan untuk menentukan nilai-nilai parameter kinetika dengan molases sebagai substratnya yang telah diberikan perlakuan penambahan garam. Proses berlangsung secara anaerobik dalam suatu peralatan yang tertutup dan dalam bentuk curah, dimana tidak terdapat oksigen di dalamnya. Penelitian ini dilakukan dengan tiga kondisi operasi, yaitu dengan tiga erlenmeyer bervolume dua liter, lumpur aktif sebanyak 15% dari total volume sampel kemudian diberikan berbagai perlakuan penambahan garam dimulai dari 0 mg/kg, 32 mg/kg dan 52 mg/kg. Kadar COD awal molases yang diencerkan adalah rata-rata dari dua kali pengujian yaitu 400000 mg/l. Kadar COD yang diperlukan untuk penelitian ini adalah 4000 mg/l. Untuk memperoleh kadar COD tersebut maka molases yang telah diencerkan, kemudian diencerkan kembali sebanyak 100 kali dengan cara memipet 20 ml sampel molases kemudian dilarutkan dengan aquades hingga volumenya menjadi 2000 ml. Selama proses berlangsung, dilakukan penambahan perlakuan berupa peningkatan nilai COD dan penambahan konsentrasi garam tinggi hingga mencapai 1%, 2% dan 3%. Proses untuk setiap erlenmeyer berlangsung secara anaerobik dan curah pada suhu ruang. Pengamatan untuk setiap erlenmeyer dilakukan sebanyak 12 jam sekali terhadap volume gas metan yang terbentuk pada gelas ukur. Untuk pengamatan parameter COD, MLSS dan MLVSS dianalisa sebanyak dua hari sekali selama satu bulan. Titik pengambilan sampel untuk setiap molases pada erlenmeyer adalah dari tengah-tengah larutan yang didalamnya diaduk menggunakan magnetic stirer.

Setelah penelitian berlangsung selama sebulan, kemudian diberikan perlakuan lain yaitu dengan penambahan *trace element*. Penambahan *trace element* dilakukan dengan cara mengukur kandungan logam yang ada pada substrat meliputi kandungan Fe, Ca, Co, Zn dan Mg. Selain itu juga dilakukan pengukuran kadar nitrat dan fosfat. Sehingga didapatkan jumlah unsur yang harus ditambahkan sesuai dengan komposisi kandungan unsur optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi Molases

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair sintetik dengan molases sebagai model dimana cara menghasilkannya yaitu dengan mengencerkan larutan molases. Hasil karakterisasi meliputi kadar COD dan kadar garam. Hasil karakteristik molases tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi Molases

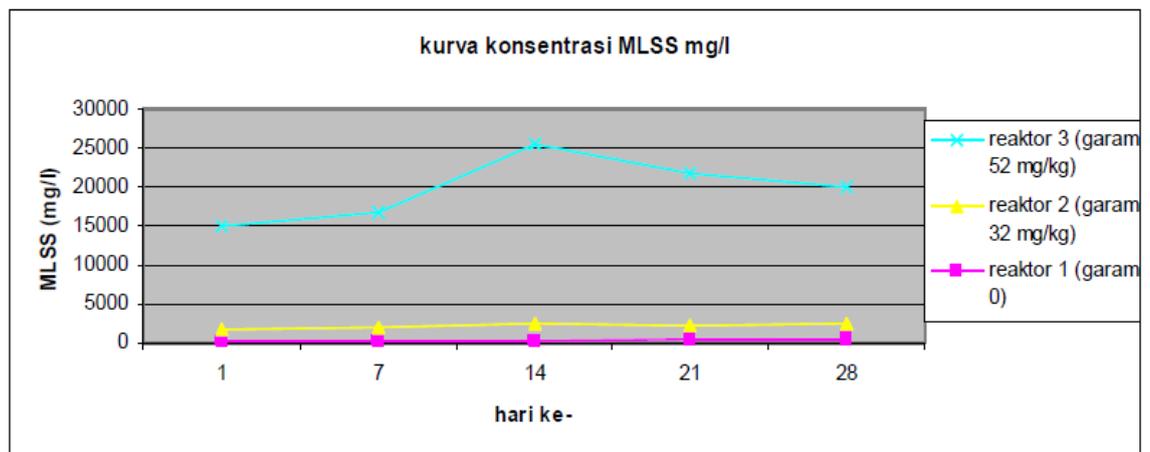
Parameter	Satuan	Hasil sampling
COD	mg/L	400000
Kadar garam	mg NaCl/kg	0,824

Kadar mineral dan logam dalam molases terutama terdiri dari K, Mg, Ca, Fe, Al, Pb dan Na. Mineral dan logam tersebut dapat berasal dari cemaran bahan kimia yang dipakai pada saat proses pemurnian gula serta dapat berasal dari nira gula. Senyawa berwarna pada molases terdiri dari melanoidin dan senyawa yang terbentuk dari reaksi antara asam tannat dan ion-ion besi (Paturau, 1982). Komponen non gula lain yang terdapat di dalam molases sebagian besar berupa koloid dan suspensi (Paturau, 1982). Koloid yang ada dalam molases sangat sukar diidentifikasi karena banyak macam dan jenisnya.

Hasil karakterisasi molases menunjukkan kandungan COD yang tinggi karena berada pada kisaran 300000-400000 mg/L (Utomo, 2000). COD molases yang digunakan juga mempengaruhi kekentalan. Molases yang digunakan diatur dengan cara diencerkan agar nilai COD menjadi ± 4000 mg/L, agar proses berjalan lancar dan bakteri dapat hidup dan berkembang biak di dalamnya. Karena kadar garam pada molases sangat sedikit maka perlu dilakukan penambahan garam untuk mendapatkan perhitungan parameter kinetika yang tepat pada limbah dengan konsentrasi garam tinggi.

2. AKLIMATISASI

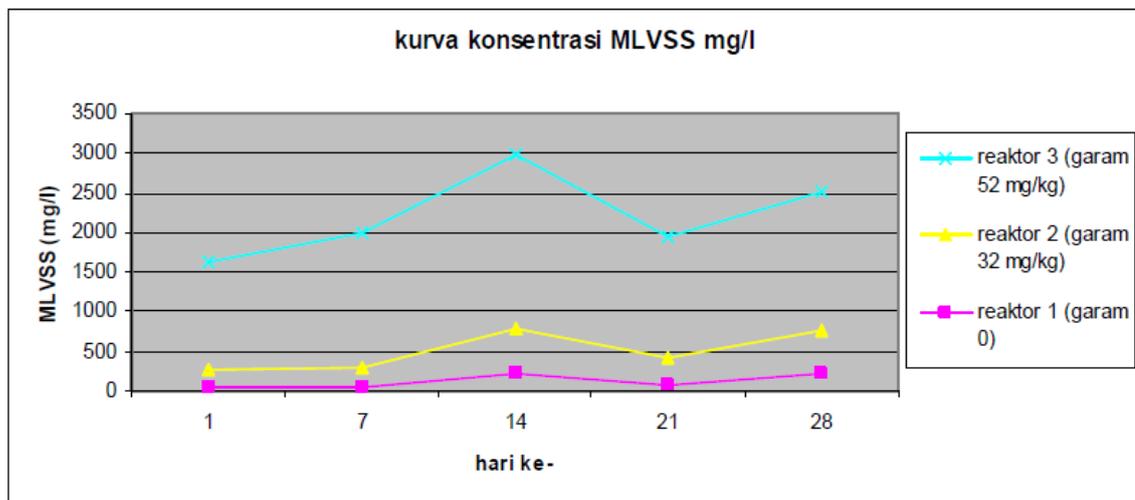
Kegiatan ini dilakukan dengan cara memasukkan lumpur aktif pada molases dalam erlenmeyer yang digunakan sebagai reaktor. Dimana reaktor pertama berisi molases dan inokulum bakteri tanpa penambahan garam. Reaktor kedua berisi molases, inokulum bakteri dan garam yang sesuai dengan habitat kadar garam asal lumpur aktif yaitu sebanyak 0,008 g. Reaktor ketiga berisi molases, lumpur aktif dan garam sebanyak 0,013 g, yaitu lebih tinggi dari kadar garam reaktor kedua. Pembentukan bakteri ditandai dengan perubahan warna suspensi dari coklat menjadi coklat kehitaman bahkan sampai menjadi kehitaman dan lebih pekat serta terjadi peningkatan nilai MLSS dan MLVSS. Nilai MLSS menunjukkan padatan tersuspensi yang tidak dapat melalui kertas saring Whatman dengan ukuran pori 0.45 μm . Sedangkan MLVSS merupakan komponen biomassa untuk menyatakan konsentrasi mikroorganisme secara tidak langsung. Kurva MLSS selama masa aklimatisasi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Konsentrasi MLSS selama masa aklimatisasi

Kurva MLSS pada gambar 4 menunjukkan adanya peningkatan MLSS. Dimana reaktor 1 tidak mengandung garam, reaktor 2 mengandung garam sebanyak 32 mg/kg, dan reaktor 3 mengandung garam 52 mg/kg. Untuk reaktor 1, terjadi peningkatan nilai MLSS yaitu dari 170 mg/L menjadi 402 mg/L. Reaktor kedua menunjukkan peningkatan nilai dari 1550 mg/L menjadi 2150 mg/L. Sedangkan

untuk reaktor ketiga nilainya meningkat dari 13200 mg/L menjadi 17562 mg/L. Perbedaan nilai MLSS pada masing-masing reaktor terlihat jelas, hal ini disebabkan adanya perbedaan perlakuan pemberian lumpur aktif pada saat aklimatisasi. Untuk reaktor pertama dan kedua, lumpur aktif yang dimasukkan kebanyakan dalam bentuk encer bahkan cair. Sedangkan pada reaktor ketiga, karena cairan pada lumpur aktifnya telah dimasukkan ke reaktor pertama dan kedua, maka reaktor ketiga dimasukkan lumpur aktif yang lebih banyak padatnya. Sehingga lebih banyak padatan yang tersaring di kertas saring yang menyebabkan timbangan kertas saring menjadi lebih besar nilainya. Adanya pemberian garam di setiap reaktor belum terlihat efeknya. Karena pada dasarnya pengukuran MLSS dilakukan untuk menunjukkan nilai padatan pada suspensi. Untuk nilai MLVSS, kurva pengamatannya dapat dilihat pada Gambar 2.

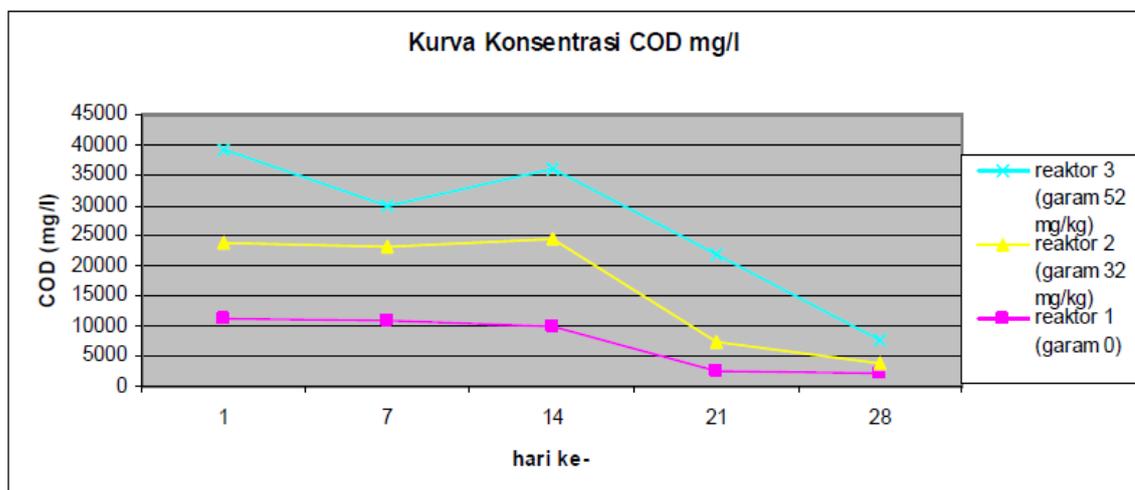


Gambar 2 Konsentrasi MLVSS selama masa aklimatisasi

Kurva MLVSS pada gambar 5 menunjukkan adanya peningkatan nilai MLVSS pada masing-masing reaktor. Untuk reaktor pertama, terjadi peningkatan MLVSS dari 50 mg/L menjadi 218 mg/L. Untuk reaktor kedua peningkatannya dimulai dari 218 mg/L menjadi 536 mg/L. Terakhir untuk reaktor ketiga, nilai MLVSSnya meningkat dari 1360 mg/L menjadi 1760 mg/L. Adanya peningkatan nilai MLVSS menunjukkan mikroorganisme mengalami pertumbuhan, meskipun pertumbuhannya

rendah. Hal ini disebabkan tingkat biodegradabilitas molases yang rendah. Pada saat dilakukan aklimatisasi ini, nilai MLVSS dipengaruhi oleh pengukuran nilai MLSS sebelumnya. Seperti yang telah dijelaskan di atas, perbedaan yang terlihat jelas terjadi pada reaktor ketiga dan sedikit terlihat pada reaktor kedua. Banyaknya padatan yang ikut tersaring mempengaruhi nilai MLVSS. Hal ini tidak perlu terjadi jika sebelumnya lumpur aktif disaring terlebih dahulu. Efek dari penambahan garam disini mulai terlihat. Jika kurva diamati lebih dekat, pertumbuhan biomass pada masing-masing reaktor menunjukkan pengaruh kadar garam di dalamnya. Pada pengukuran di minggu ketiga, setiap reaktor menunjukkan nilai MLVSS yang paling tinggi dan pada pengukuran di minggu keempat jumlah biomassnya turun cukup signifikan. Tetapi, untuk reaktor pertama tidak terlalu terlihat. Sedangkan untuk reaktor kedua dan ketiga terlihat jelas dikarenakan adanya penambahan garam. Jumlah konsentrasi garam yang dimasukkan dapat dilihat mempengaruhi pertumbuhan biomassnya. Semakin banyak garam yang dimasukkan maka semakin banyak kadar garam dalam suspensi. Hal ini menyebabkan sel bakteri dalam suspensi mengecil dan mengkerut hingga banyak yang mati. Hal ini juga mempengaruhi laju kematian sel.

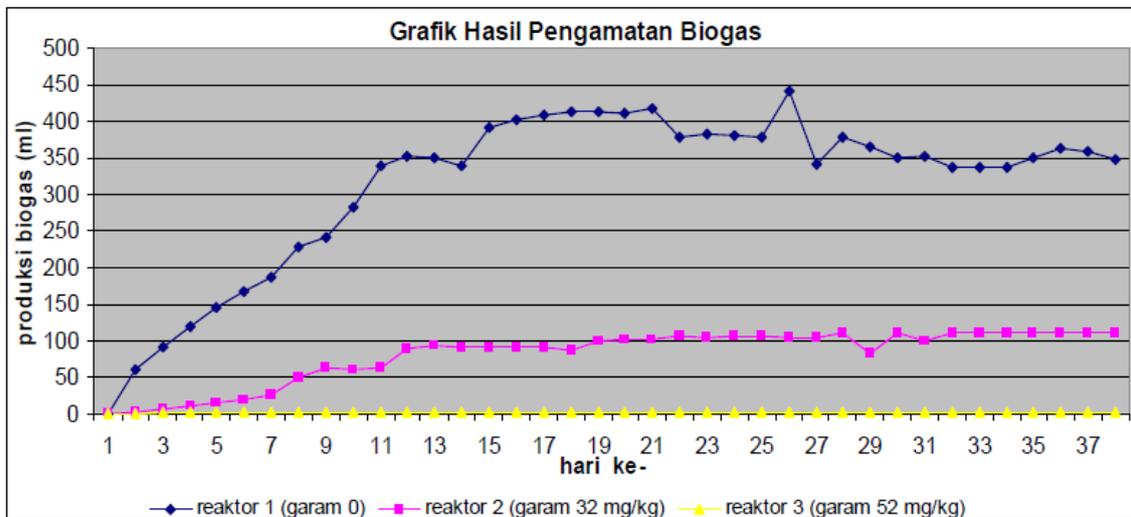
Selain pengukuran nilai MLSS dan MLVSS, juga dilakukan pengukuran COD selama proses aklimatisasi ini. Kurva pengukuran COD dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 COD selama masa aklimatisasi

Nilai COD menunjukkan jumlah oksigen yang ekuivalen dengan kandungan bahan organik pada air limbah yang dapat dioksidasi oleh oksidan kimia yang kuat (APHA, 1992). Pada awal dilakukan pengukuran, untuk reaktor pertama nilai CODnya adalah 11220 mg/L kemudian turun menjadi 2380 mg/L. Nilai COD untuk reaktor kedua turun dari 12580 mg/L menjadi 1360 mg/L. Sedangkan untuk reaktor ketiga, nilai CODnya turun dari 15300 mg/L menjadi 4080 mg/L. Penurunan nilai COD menunjukkan hasil yang positif pada proses aklimatisasi. Seiring dengan peningkatan nilai MLVSS terjadi penurunan nilai COD. Hal ini disebabkan banyaknya biomass yang dapat mendegradasi substrat agar nilai CODnya turun. Efek penambahan garam yang dilakukan mempengaruhi nilai COD suspensi. Untuk reaktor kedua dan ketiga, walaupun diberikan garam namun nilai penurunan CODnya tetap menunjukkan hasil yang positif. Hal ini disebabkan oleh banyaknya biomass yang ada di dalamnya karena pada saat pemberian lumpur aktif untuk reaktor kedua dan ketiga lebih banyak lumpur berwujud padat dibandingkan reaktor pertama yang hanya terdiri dari lumpur aktif yang sangat encer. Dimana biomass yang dihasilkan lebih banyak pada reaktor kedua dan ketiga.

Pengukuran terhadap jumlah gas yang dihasilkan juga dilakukan. Hal ini diperlukan juga untuk parameter jumlah biomass dan kemampuannya mendegradasi suspensi menjadi energi lain yaitu berupa biogas yang nantinya dapat digunakan untuk keperluan-keperluan lain. Kurva jumlah produksi gas yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Jumlah produksi gas selama masa aklimatisasi

Produksi gas yang dihasilkan seperti diperlihatkan pada gambar 4 menunjukkan bahwa biomass pada reaktor pertama sangat baik dalam mendegradasi substrat menjadi gas. Pada hari pertama pengamatan kemudian hari-hari berikutnya sampai hari ke-30, volume gas yang dihasilkan banyak dan bertambah terus jumlahnya mulai dari 0 mL sampai 348 mL. Untuk reaktor kedua dapat dikatakan baik, yaitu dari 0 mL sampai konstan pada volume 110 mL. Untuk reaktor ketiga hasilnya sangat sedikit dan konstan tidak bertambah lagi yaitu 3 mL setiap harinya selama aklimatisasi. Efek penambahan garam mulai terlihat jelas pada parameter pembentukan gas ini. Reaktor pertama yang tidak diberikan garam sangat baik pembentukan gasnya, reaktor kedua yang kadar garamnya merupakan habitat lumpur aktif penghasil gasnya lebih sedikit dari reaktor pertama. Dan reaktor ketiga dengan penambahan garam yang lebih banyak, pembentukan gas metannya sangat sedikit dibandingkan dengan kedua reaktor lainnya. Hal ini telah dijelaskan seperti di atas bahwa adanya penambahan garam mempengaruhi pembentukan gas oleh biomass.

KESIMPULAN

Proses degradasi bahan organik dapat dievaluasi dengan cara menghitung banyaknya bahan organik yang terdegradasi menjadi biogas melalui analisis nilai COD.

Selama masa aklimatisasi pada limbah cair molases terjadi proses degradasi bahan organik dibuktikan dengan menurunnya konsentrasi MLSS, MLVSS dan nilai COD serta jumlah produksi gas yang dihasilkan. Adanya konsentrasi garam yang tinggi menyebabkan mikroorganisme sulit menguraikan bahan organik oleh karena itu diperlukan nutrisi elemen untuk menunjang aktifitas mikroorganisme tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 1992. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater Treatment. American Public Health Association, New York.
- Baikow, V. E. 1982. Manufacture and Refining of Raw Cane Sugar. Elsevier Scientific Publishing Co., New York.
- Conway, R.A. dan R. Ross. 1980. Handbook of Industrial Waste Disposal. Van Nostrand-Reinhold, New York.
- Cech, J.S. dan P. Grau. 1984. Determination of Kinetic Constants of Activated Sludge Microorganisms. Wat. Sci. Tech. Vol. 7 : 259-272.
- Djajadiningrat, A.H. dan Wisjnusuprpto. 1991. Bioreaktor Pengolahan Limbah Cair. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. ITB, Bandung
- Paturau, J. M. 1982. By Product of the Cane Sugar Industry. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
- Utomo, Tanto Pratondo. 2000. Kajian Proses Start-Up dan Kinerja Reaktor Tiga Tahap untuk Penyisihan Nutrien dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet Alam. Tesis. Program Pasca Sarjana, IPB, Bogor.