

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KELAPA SAWIT DENGAN PROSES BIOLOGI ANAEROBIK

Oleh :

*Rahyani Ermawati, hartoyo, Walidin Susmirah Suryandarai *)*

Abstract

Research on wastewater treatment from coconut oil by using local anaerobic bacteria was carried out by continues methods. Local anaerobic bacteria from cattle breeding farm have been acclimated by mix with chemicals for bacteria growth, The TOC load is 1,8 g/L/day, and the removal efficiency of TOC is 75 % this condition not optimal. Mixture between bacteria and waste water and also the distribution of bacteria in the wasreactor was not good there fore condition was not optimal yet. High contain of oil in the wastewater also lower the efficiency.

I. Pendahuluan

Dengan meningkatnya kegiatan pembangunan, khususnya pembangunan industri, maka meningkat pula potensi timbulnya pencemaran. Prioritas pengendalian pencemaran diberikan kepada pengendalian pencemaran air, mengingat banyak masyarakat yang keperluan hidupnya serta sumber pendapatan tergantung pada airsungai. Adanya tuntutan konsumen di luar negeri, 70 % produk ekspor Indonesia ke negara barat dituntut agar proses produksi dari produk yang dibeli tidak menimbulkan dampak lingkungan. Maka tahun 1994 BAPEDAL melaksanakan program Proper Prokasih yang bertujuan untuk meningkatkan penataan dan mendorong para produsen untuk menerapkan prinsip produksi bersih dalam pengendalian dampak lingkungan. Industri kelapa sawit pada saat ini kebanyakan me-

Lakukan pengolahan limbah cair yang dihasilkan dengan menggunakan kolam-kolam anaerobik, karena pengolahan dengan cara ini sangat sederhana dan murah. Namun hasil yang diperoleh dari sistim pengolahan limbah cair ini belum sesuai dengan hasil yang diharapkan yaitu sesuai dengan baku mutu. Peraturan Menteri No.03/Men.KLH/1991 yaitu, dengan konsentrasi COD, BOD dan pH masing-masing adalah 500 mg/l, 250 mg/l dan 6-9. Disamping itu sistem pengolahan ini menimbulkan bau busuk disekitar kolam akibat dari terlepasnya gas-gas hidrogen sulfida, amoniak dan bahan-bahan volatil lainnya. Dan gas methan yang dihasilkan tidak dapat ditampung, sehingga menimbulkan bau yang kurang sedap bagi daerah sekitarnya.

II. LATAR BELAKANG

Dari laporan BAPEDAL tentang hasil prog-

*) *Staf Peneliti
Balai Besar Industri Kimia.
Staf Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*

ram Proper Prokasih tahun 1996 tentang peringkat industri di Indonesia memperlihatkan industri karet, plywood, kelapa sawit dan tekstil merupakan industri yang banyak bermasalah mencemari lingkungan. Dengan mempertimbangkan lokasi pabrik dan relevansi karakteristik air limbah terhadap proses anaerobik, maka pada penelitian ini dipilih air limbah industri kelapa sawit. Selain itu industri minyak kelapa sawit merupakan industri yang banyak bermasalah terhadap lingkungan dari air limbah yang dihasilkan. Dari satu sisi industri minyak kelapa sawit merupakan salah satu industri penyumbang devisa negara, dari produk CPO (Crude Palm Oil) dan PKO (Palm Kernel Oil). Adapun ratio perbandingan produksi PKO dan CPO dari tandan buah segar adalah sebagai berikut :

dari air limbah minyak kelapa sawit adalah sebagai berikut :

pH 4 – 7

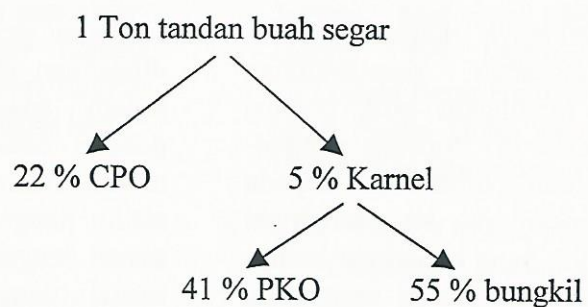
BOD 20.000 – 25.000 mg/l

COD 40.000 – 50.000 mg/l

Diagram proses produksi minyak kelapa sawit dari tandan buah segar dan asallimbah cair dapat dilihat pada diagram dibawah ini :

III. TINJAUAN PUSTAKA

Fermentasi metana adalah cara yang sudah cukup dikenal, ekonomis dan layak dipakai untuk mengolah limbah yang mempunyai kandungan polutan organik tinggi seperti limbah industri, pertanian dan perkotaan ⁽¹⁾. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dengan memakai cara ini adalah tidak diperlukan energi



(Liflet : PTPN VII Bakri Palm Oil)

Industri minyak kelapa sawit dari data Proper Prokasih tahun 1996 yang dikeluarkan oleh BAPEDAL merupakan salah satu industri yang berpotensi mencemari lingkungan, yaitu data peringkat Proper Prokasih dari peringkat merah ke merah sebanyak 12 industri artinya industri minyak kelapa sawit sudah berusaha mengatasi dampak lingkungan yang dihasilkan tetapi belum memenuhi peraturan yang ada. Adapun karakteristik

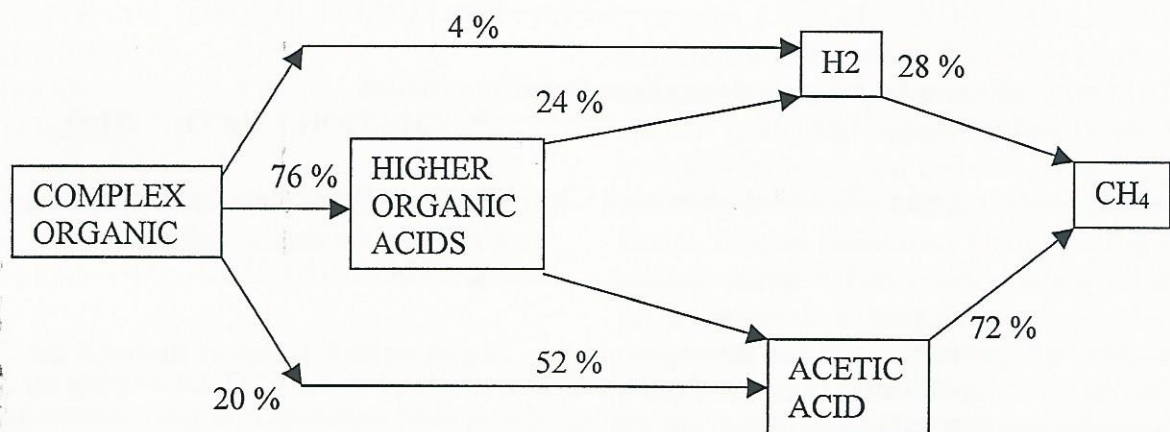
untuk aerasi karena proses berlangsung secara anaerobik, polutan organik akan dikonversi menjadi biogas dan lumpur yang terbentuk lebih sedikit ⁽²⁾. Berdasarkan suhu operasi optimum, proses fermentasi metana dibedakan kepada kondisi mesophilik (35-45 °C). Dari kondisi thermophilik (50-55 °C). Kondisi thermophilik lebih baik dan banyak dipakai, karena mempunyai kecepatan methanogenesis lebih tinggi ⁽³⁾. Sebelum

limbah diolah, biasanya dilakukan pre-treatment seperti pemisahan senyawa-senyawa yang bersifat racun, penambahan senyawa-senyawa kimia tertentu yang berfungsi sebagai koagulan pada tangki pengendap atau tambahan nutrient mikro-organisma seperti sebagai katalisator pada reaksi-reaksi kimia dalam proses penguraian material organik. Pada proses fermentasi metan, hampir semua polimer organik dapat diuraikan menjadi senyawa karbon tunggal ⁽⁴⁾. Tahap-tahap penguraian ini meliputi tahap pembentukan asam (acidifikasi) dan tahap pembentukan metan (gasifikasi). Proses acidifikasi dilakukan oleh acidogenik bacteria yang menghidrolisa senyawa-senyawa polimer serta mengkonversinya menjadi asam-asam organik bermolekul tinggi, alkohol, CO₂ dan H₂. Kemudian methanogenic bacteria pada tahap gasifikasi akan mengkatabolisasi hasil-hasil antara lain menjadi CH₄ dan CO₂ sebagai produk akhir.

Kedua proses ini dapat berlangsung secara berkesinambungan di dalam satu reaktor (mono-phase anaerobic digestion), tetapi adakalanya proses asidifikasi dan gasifikasi dilakukan terpisah pada reaktor yang berlainan (two-phase anaerobic digestion). Penguraian material organik menjadi gas metan secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, seperti tertera pada gambar 1 ⁽⁵⁾.

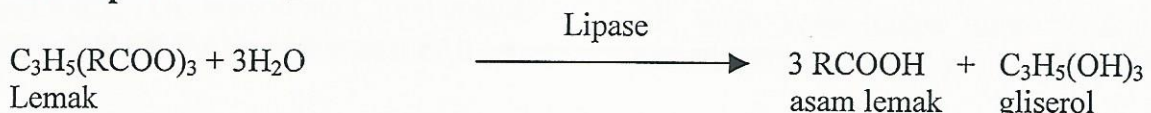
A. Hydrolysis dan Acidogenesis

Material organik seperti lemak, protein dan karbohidrat pada kondisi anaerobik akan dihidrolisa oleh enzim hydrolases yang dihasilkan mikroorganisma dalam tahap pertama. Enzim hidrolisa seperti lipase, protease dan cellulase dapat menghidrolisa masing-masing polimer di atas menjadi monomer, kemudian dikonsumsi oleh mikroorganisma ⁽³⁾.

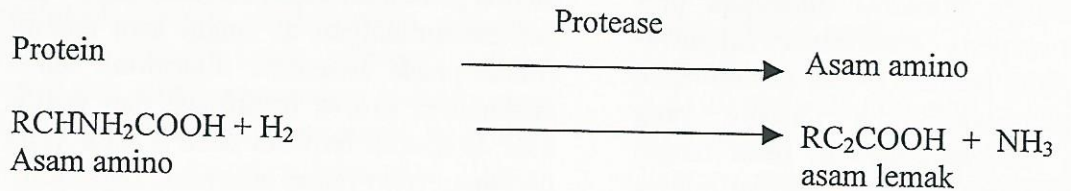


Gambar 1. Tahap-tahap penguraian material organik menjadi metan pada proses fermentasi metan.

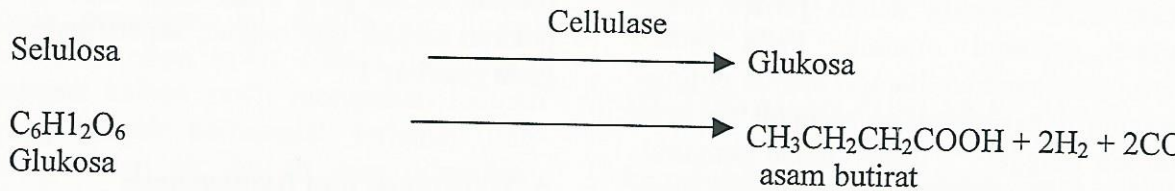
Dekomposisi lemak :



Dekomposisi protein :



Dekomposisi karbohidrat :

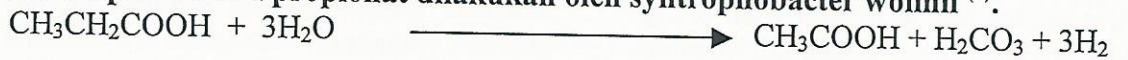


B. Acetogenesis dan Dehydrogenation :

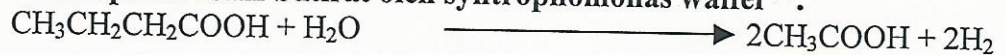
Meskipun sejumlah asam asetat dan H_2 dihasilkan dari gula dan asam-asam amino pada acidogenic fermentation, namun sebagian besar diproduksi dari penguraian

Asam-asam lemak bermolekul tinggi melalui tahap acetogenesis dan dehydrogenation (gambar 1, tahap ke 2).

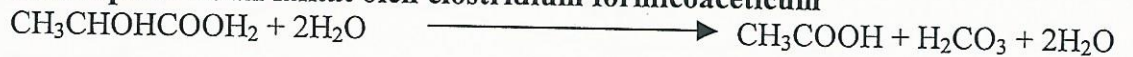
Dekomposisi asam propionat dilakukan oleh *syntrophobacter wolinii* ⁽⁸⁾.



Dekomposisi asam butirat oleh *syntrophomonas walfei* ⁽⁹⁾.



Dekomposisi asam laktat oleh *clostridium formicoaceticum*

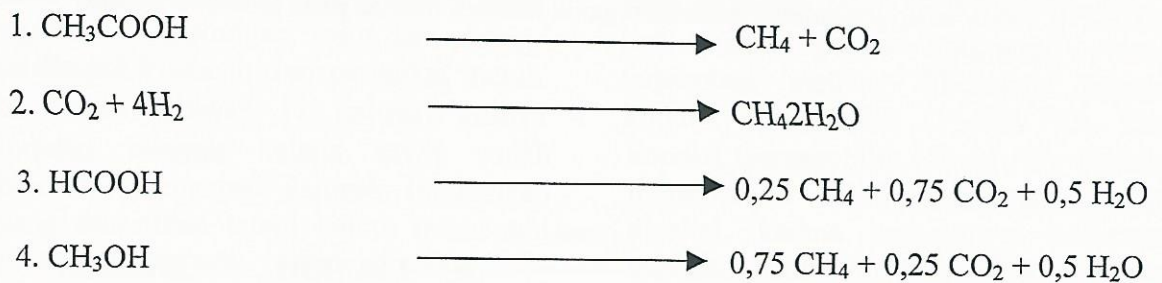


Acetogenesis H_2 dan CO_2 dilakukan oleh *Clostridium aceticum* dan *Acetobacter wodii*.



C. Methanogenesis

Sumber utama pembentukan gas metan adalah asam asetat, H_2 dan CO_2 . Disamping itu juga bisa dari konversi asam format dan methanol.



IV. BAHAN DAN METODA

A. Bakteri Anaerobik

Sebagai sumber bakteri, digunakan lumpur dari bak penampungan kotoran pemotongan sapi (Cakung-Jakarta) yang telah dibuktikan mengandung bakteri yang mempunyai kinerja⁽¹²⁾. Sebelum digunakan, lumpur ini disaring dengan penyaring 16 mesh. Slurry hasil saringan digunakan sebagai sumber bakteri.

B. Larutan air limbah yang mudah terdegradasi oleh bakteri.

Pada tahap awal pembiakan seeding yang diambil dari bak pemotongan sapi diumpangkan larutan air limbah buatan yang mudah terdegradasi dengan komposisi sebagai berikut (*dalam 1 liter air*) :

| | |
|-------------------------------------|------|
| Glukosa | 35 g |
| Gula | 35 g |
| K ₂ HPO ₄ | 3 |
| KH ₂ PO ₄ | 2 g |
| NH ₄ HCO ₃ | 5 g |
| Na ₂ CO ₃ | 3 g |
| FeC ₁₃ 6H ₂ O | 1 g |

Konsentrasi TOC (Total Organic Carbon) air limbah tersebut adalah 40000 mg/l dan pH 8,8

C. Air Limbah Industri Kelapa Sawit.

Air limbah yang dipergunakan pada penelitian ini berasal dari pabrik pengolahan kelapa sawit milik PT. Perkebunan Nusantara VIII (persero), Kertajaya-Banten Jawa Barat. Hasil analisa air limbah adalah sebagai berikut :

pH = 4,5, TOC = 6500 mg/l, total volatile fatty acid (TVFA) = 1600 mg/l.

D. Larutan Alkali

Larutan alkali yang digunakan adalah 0,25 N NaOH, dipakai untuk menaikkan pH dalam bioreaktor.

E. Bioreaktor Anaerobik

Bioreaktor terbuat dari pipa PVC dengan spesifikasi sebagai berikut :

| | |
|----------------|-----------|
| Diameter dalam | = 100 mm |
| Diameter luar | = 106 mm |
| Tinggi | = 250 mm |
| Volume kerja | = 1500 ml |

Bagian atas dan bawah ditutup rapat dengan lembaran PVC. Pada tutup bagian atas dibuat beberapa lobang untuk tempat pemasukan umpan, pemasukan larutan basa, kontrol pH keluarga gas. Hasil olahan keluar melalui bagian samping bioreaktor melalui pipa berbentuk huruf U (Lihat gambar 2).

F. Metoda Penelitian

Air limbah diumpangkan ke dalam reaktor dengan bantuan pompa, sedang hasil olahan (effluent) reaktor keluar secara overflow melalui pipa berbentuk huruf U, untuk mencegah isi reaktor jangan sampai kontak dengan udara luar. Untuk menjaga supaya cairan dalam reaktor selalu pada pH netral, reaktor dilengkapi dengan alat pengontrol pH yang dihubungkan dengan pompa larutan alkali. Agar cairan di dalam reaktor tetap homogen, maka reaktor dilengkapi pengaduk magnetik. Gas hasil penguraian pollutant organik masuk ke dalam gas holder yang dilengkapi dengan skala untuk pembacaan volume gas. Gas holder dibuat dari lembaran PVC transparan yang terdiri dari dua buah kotak tanpa tutup berukuran berbeda sehingga kotak yang besar bisa -

dimasuki kotak yang kecil. Kotak luar diberi pipa untuk lubang pemasukan dan lubang pengeluaran gas. Kedalam gas holder dimasukkan larutan garam dapur jenuh untuk mencegah pelarutan gas. Penelitian dilakukan pada temperatur ruangan yaitu sekitar 30 °C. Lumpur yang telah disaring dimasukkan kedalam reaktor sampai volume 1500 ml. Kemudian di dalam reaktor dikeluarkan dengan menginjeksikan gas N₂, yang dimasukkan melalui saluran overflow dan keluar melalui saluran gas holder. Pada tahap awal dilakukan aklimatisasi bakteri dengan mengumpankan air limbah sintesis pada laju beban 0,25 g TOC/l/hari atau 70 ml/hari dan secara bertahap dinaikkan sampai laju beban 1,0 g TOC/g/hari. Setelah proses penyesuaian seeding awal, air limbah buatan diganti dengan air limbah industri kelapa sawit pada laju beban 0,5 g TOC/g/hari atau 1500 ml/hari. Kemudian laju beban dinaikkan dengan menambah volume aliran masuk reaktor. Penelitian dengan laju beban tertentu dilakukan sampai diperoleh data yang stabil.

G. Metoda Analisa

Konsentrasi TOC dan asam-asam lemak volatil (volatile fatty acid/VFA) dianalisa setelah sampel disaring dengan kertas saring 5 A (Advatec Toyo, Jepang). TOC dianalisa dengan alat TOC autoanalyzer (TOC-5000, Shimadzu, Jepang), sedangkan VFA dianalisa menggunakan Gas Chromatograph (GC-14B, Shimadzu, Jepang). PH diukur dengan pH meter (F-22, Horiba, Jepang).

V. HASIL PEMBAHASAN

A. Tahap Awal Pengaktifan Bakteri.

Pada penelitian ini, sebagian limbah (ma-

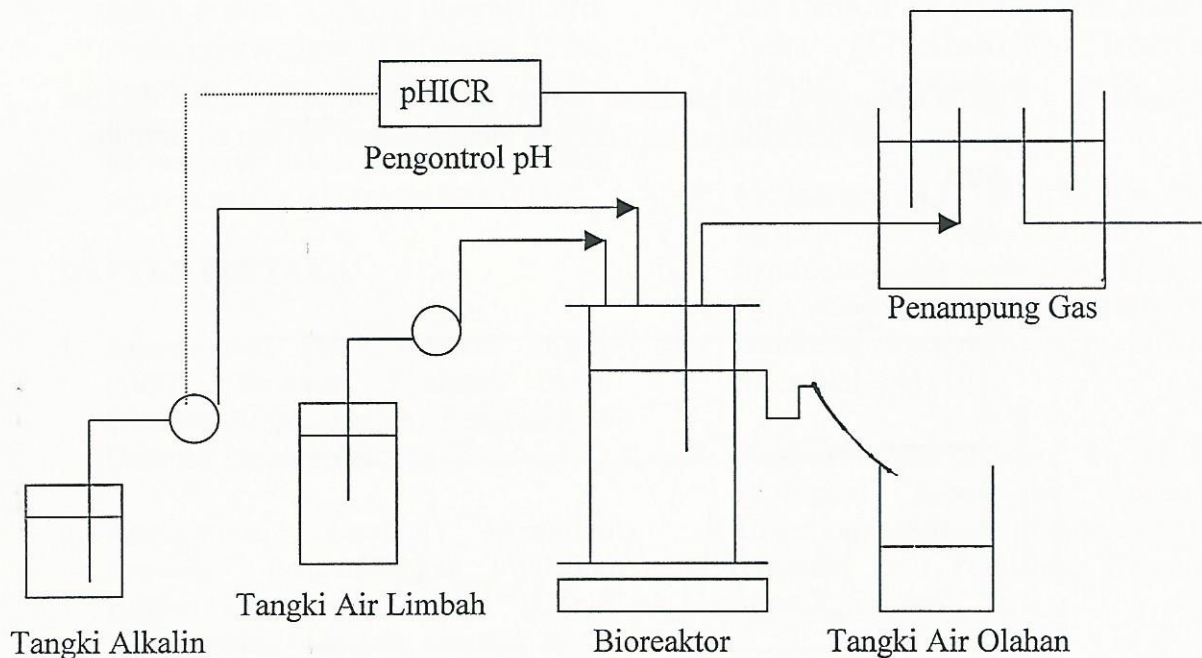
kanan) bagi bakteri untuk tahap awal mengaktifkan bakteri yang diambil bak penampungan pemotongan (sebagai seeding awal) digunakan limbah buatan yang mengandung senyawa dan unsur yang diperlukan untuk tumbuhan bakteri, dan senyawa tersebut berada dalam bentuk senyawa yang mudah terdegradasi oleh bakteri, sehingga akan didapatkan bakteri yang sangat cepat pertumbuhannya dan berada dalam keadaan aktif. Selanjutnya untuk proses penelitian dengan menggunakan air limbah kelapa sawit, bakteri sudah berada dalam bentuk aktif. Air limbah buatan diberikan 5 kali pengenceran atau sama dengan konsentrasi TOC 8000mg/l. Air limbah diumpankan ke dalam bioreaktor sebanyak 70 ml/hari atau sebanding dengan laju beban 0,3 g TOC /l/hari. Hasil analisis selama proses aclimatisasi terlihat pada gambar 3. Pada laju beban sampai dengan 1.0 g TOC/l /hari, diperoleh efisiensi pengurangan TOC sekitar 75 %. Proses Biogas, pada laju beban 1.0 g TOC/l sekitar 500 ml/hari atau 31 ml gas/l input. Pada kondisi ini, kemudian air limbah sintesis diganti dengan air limbah industri kelapa sawit (Lihat Gambar

B. Pengolahan Air limbah Industri Kelapa Sawit.

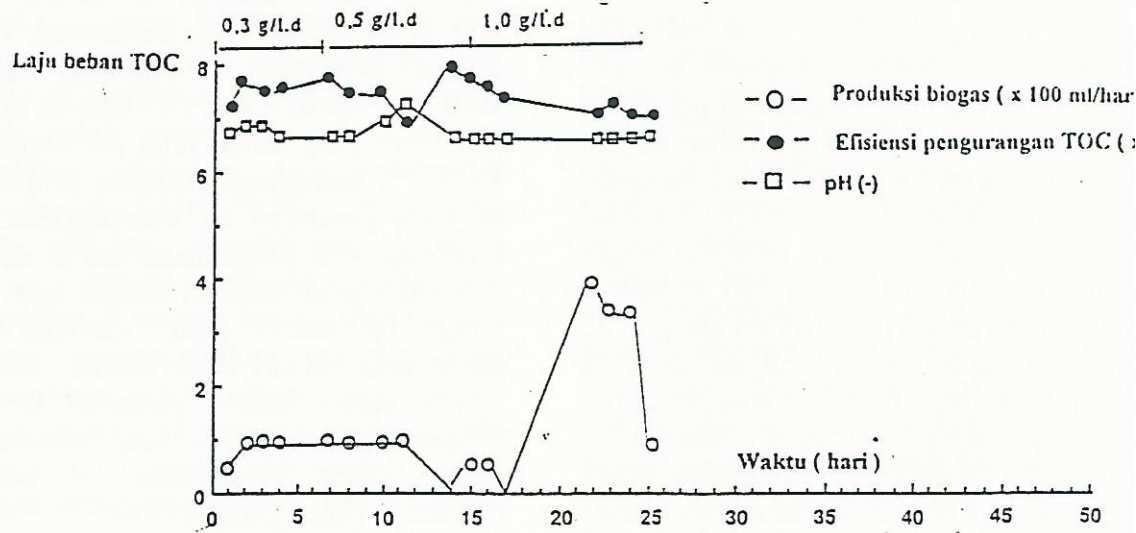
Air limbah industri kelapa sawit mengandung polutan TOC sekitar 8000 mg/l diumpankan kedalam bioreaktor. Mula-mula laju pengumpanan 150 ml/hari atau setara dengan laju beban 0,3 g TOC/l/hari. Penelitian pada kondisi ini dipertahankan sampai didapatkan pengurangan TOC yang relatif stabil selama 25 hari. Kemudian dinaikkan menjadi 1,2 g TOC/l/hari dan dinaikkan lagi sampai 1,8 g TOC/l/hari atau s

dengan laju alir 450 ml/hari. Gambar 4 adalah hasil penelitian, yaitu hubungan antara waktu dengan penurunan konsentrasi TOC, produksi biogas dan pH cairan di dalam reaktor. Pada laju beban umpan sampai dengan 1,8 g TOC/l/hari, penurunan konsentrasi TOC relatif konstan, berkisar antara 65 – 70 %. Produksi biogas sedikit berfluktuasi antara 100 ml/hari – 500 ml/hari atau 110 – 185 ml gas/g TOC umpan. Nilai ini sangat kecil, sekitar 10 % dari nilai teoritis. Kemasam atau pH cairan di dalam reaktor relatif stabil, antara 6,5 – 7,0 karena dilakukan pengontrolan secara terus menerus dengan menambahkan larutan 0,25 N NaOH. Kebutuhan larutan -

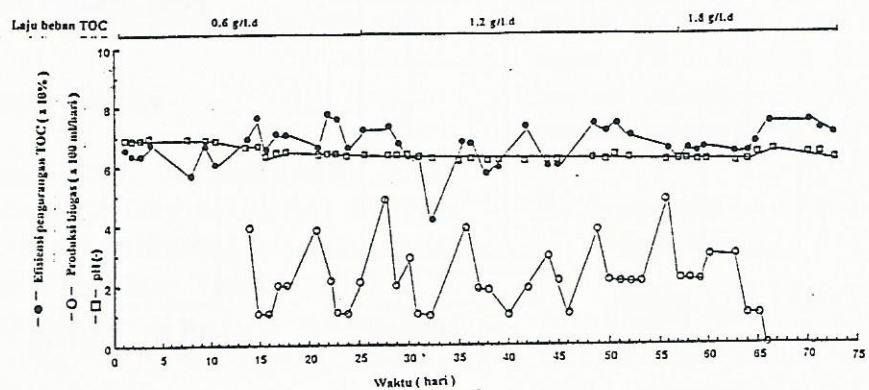
0,25 N NaOH berkisar antara 200–250 ml/liter air limbah. Nilai penurunan TOC selama penelitian berlangsung, relatif kecil, maksimal 75 %. Di Malaysia untuk penelitian yang sama, nilai ini mencapai 85 %⁽¹⁰⁾. Rendahnya efisiensi pengolahan pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh pengadukan cairan dalam bioreaktor tidak berjalan dengan baik, sehingga isi reaktor tidak homogen dan penyebaran bakteri tidak merata. Karena kontak antara bakteri pengolah limbah dengan polutan-polutan tidak sempurna, maka proses pengolahan ini belum maksimal. (lihat Gambar 4).



Gambar 2. Menunjukkan skema rangkaian peralatan yang dipakai pada penelitian pengolahan air limbah industri kelapa sawit secara anaerobik.



Gambar 3. Kinerja tahap awal mengaktifkan bakteri pada lumpur yang berasal dari bak penampungan pemotongan sapi dengan menggunakan larutan air limbah buatan.



Gambar 4. Hasil penelitian pengolahan air limbah industri kelapa sawit secara anaerobik dengan menggunakan bakteri anaerobik lokal.

VII. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pengolahan air limbah industri kelapa sawit secara anaerobik dengan menggunakan bakteri anaerobik lokal dapat diambil beberapa kesimpulan :

- Aklimatisasi bakteri dengan menggunakan air limbah sintesis perlu dilakukan sebelum mengolah air limbah industri.
- Air limbah industri kelapa sawit dapat diolah secara anaerobik dengan menggunakan bakteri anaerobik lokal. Pada penelitian ini laju beban sampai 1,8 g TOC/hari (waktu tinggal cairan dalam reaktor 3,3 hari) diperoleh efisiensi pengurangan TOC sekitar 75 %.
- Distribusi dan konsentrasi bakteri dalam reaktor kemungkinan berpengaruh dalam penguraian polutan organik selain faktor kemasam (pH).

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, Press Release Proper (1997), Prokasih Evaluasi Bulan Oktober 1996, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
2. Anonymous, Laporan Penelitian Tentang Pengembangan Potensi Bakteri Anaerobik Lokal Untuk mendegradasi Limbah Organik Cair, kerjasama DIT. PSIS, BPPT dengan BBIK Depperindag (1997).
3. Barker, H. A (1956), Bacterial Fermentation John Wiley and Sons Inc., New York.
4. Beppu, T. and Anazawa H, Studies on Methane Fermentation at High Temperature, Tokyo University, Bunkoku, Tokyo 113, Japan.
5. B.G. Yeoh (1993), Waste Management Malaysia : Current Status and Prospects for Bioremediation, Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia.
6. Emmy R. , Sunardi, Rahyani E. , dan Walidin (1997) Implementation of Water Pollution Law and Regulation in Industry. Reports for Presentation in the Prospective JICA Experts in the Field of Industrial Development Urban Environment and Pollution Control Course. Ministry of Industry and Trade JICA, March 12 th. 1997.
7. Mc Carty, P.L. (1982), One Hundred Years of Anaerobic Treatment, Elsevier Biomedical Press B.V, Amsterdam.
8. Mc Inerney, M.J.(1981), Bryant, M.P., Hespell, R.B. and Costerton J.W., Syntrophomonas wolfei Gen. Nov. Sp. Nov. Anaerobic, Syntropic, Fatty Acid Oxidizing Bacterium, App. Environ. Microbial. , 41. 1029.
9. Nagai, S. and Nishio, N. (1989), Biological Aspect at Anaerobic Digestion, handbook of Heat and Mass Transfer, Gulf Publishing Company, Huston, London.
10. Scoot, R., Rennets and Cheese, (1979), Topics in Enzyme and Fermentation Biotechnology 3, Ellishrmood, Chichester.
11. Sham, H. , Advances in Biochemical Engineering / Biotechnology.
12. Zeikus, J.G. , (1980), Ann. Rev. Microbial. , 423 - 464.