

ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KELAPA SAWIT UNTUK *LAND APPLICATION*

MUHAMMAD NUR

Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau
mnur_tifaste@yahoo.com

ABSTRAK

Selama proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak sawit di industri kelapa sawit diperoleh sisa proses berupa limbah cair. Bila dilakukan pengelolaan dengan baik maka limbah cair industri kelapa sawit tersebut merupakan potensi yang cukup besar dan dapat meningkatkan nilai tambah limbah itu sendiri. Limbah cair bisa dimanfaatkan kembali sebagai alternatif pupuk di lahan perkebunan atau *land application* (LA). Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dikarenakan percobaan dilakukan pada media yang tidak homogen (heterogen) dengan percobaan faktorial. Variabel penelitian adalah laju alir 500 L/hari, laju alir 1.000 L/hari dan laju alir 2.500 L/hari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka diperoleh nilai rata – rata pH hasil analisis sampel keluaran dari bioreaktor anaerob maka range nilai pH antara 6,4 – 7,2 dan kandungan COD sebesar 6.666,7 mg/L pada laju alir 2.500 L/hari. Berdasarkan nilai pH dan kandungan COD hasil penelitian dibandingkan dengan nilai pH dan kandungan COD yang diperkenankan untuk *land application* (LA).

Kata kunci: *industri kelapa sawit, land application, limbah cair*

ABSTRACT

During the processing of palm fruits into palm oil in the palm oil industry earned rest in the form of process wastewater. When done properly managing the waste palm oil industry is a huge potential and can increase the added value of the waste itself. Wastewater can be reused as an alternative fertilizer on the farm or land application (LA). This research was conducted with an experimental method using randomized block design (RBD) because the experiments were performed on media that is not homogeneous (heterogeneous) with factorial experiments. The research variables are flow rate of 500 L / day, the flow rate of 1,000 L / day and a flow rate of 2,500 L / day. Based on research conducted found value - average pH of the sample analysis results output from the anaerobic bioreactor pH values range between 6.4 to 7.2 and the content was 6666.7 mg COD / L at a flow rate of 2,500 L / day. Based on the pH value and the content of COD results compared with the pH value and the content of COD were allowed to land application (LA).

Keywords: *palm oil industry, land application, liquid waste*

PENDAHULUAN

Sektor minyak kelapa sawit Indonesia mengalami perkembangan yang berarti, hal ini terlihat dari total luas areal perkebunan kelapa sawit yang terus bertambah yaitu menjadi 7,3 juta hektar pada 2009 dari 7,0 juta hektar pada 2008. Sedangkan produksi minyak sawit (*crude palm oil/CPO*) terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dari 19,2 juta ton pada 2008 meningkat menjadi 19,4 juta ton pada

2009 (Anonim, 2009). Kenaikan produksi CPO tersebut menyebabkan semakin tingginya potensi produk sampingan pada proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi CPO tersebut.

Selama proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak sawit di industri kelapa sawit dihasilkan limbah cair yang masih mengandung minyak dan komponen organik lainnya (Latif, 2008).

Pemanfaatan limbah kembali dan penanganan perlu diperhatikan. Pengolahan limbah cair dari hasil samping industri kelapa sawit merupakan hal penting dalam rangka penanganan lingkungan industri dan dalam rangka meningkatkan nilai tambah limbah itu sendiri. Limbah cair berupa air limbah.

Pengolahan secara anaerob yang dilakukan selama ini adalah secara konvensional seperti kolam anaerob. Pada umumnya kelemahan sistem kolam anaerob terletak pada waktu tinggal cairan yang lama dan pembentukan konsentrasi biomassa yang rendah, sehingga konsumsi substrat (limbah cair) oleh biomassa juga rendah. Untuk mengatasi hal itu, maka perlu dikembangkan berbagai konfigurasi bioreaktor dengan konsentrasi biomassa yang tinggi, bioreaktor tersebut adalah bioreaktor anaerob. Bioreaktor anaerob merupakan salah satu jenis reaktor yang dipergunakan untuk mengolah limbah organik cair dengan bantuan bakteri anaerob. Dengan menggunakan bioreaktor anaerob mampu mengolah limbah cair yang mengandung minyak dan lemak dan mampu mencegah terjadinya kehilangan (*wash out*) biomassa anaerob, kebutuhan lahan kecil dan relatif mudah pengoperasiannya serta bermanfaat untuk pencegahan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan limbah cair pada saat ini belum optimal, hal ini disebabkan karena keterbatasan dana dan teknologi yang digunakan. Bila dilakukan pengelolaan dengan baik maka limbah industri kelapa sawit merupakan potensi yang cukup besar dan dapat meningkatkan nilai tambah limbah itu sendiri. Limbah cair bisa dimanfaatkan kembali sebagai alternatif pupuk di lahan perkebunan, pemanfaatannya adalah dengan mengaplikasikan kembali limbah cair yang telah diolah untuk areal kebun sawit yang sering disebut dengan *land application* (LA). Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pemanfaatan limbah cair dalam bioreaktor anaerob.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Industri Kelapa Sawit

Limbah industri minyak kelapa sawit menghasilkan limbah bentuk fasa padat, cair dan gas. Limbah fasa padat berupa pasir, tanah, tandan buah, ampas, dan

batok/cangkang. Limbah fasa gas terjadi karena penguraian zat organik yang terkandung dalam limbah cair, hasil pembakaran bahan bakar pada ketel uap (*boiler*). Sedangkan limbah fasa cair sebagian besar dihasilkan dari unit proses yang berasal dari pengembunan uap air (Firmansyah dan Saputra, 2001).

Neraca pengolahan sawit di pabrik kelapa sawit kurang lebih seperti terlihat pada Gambar 1. Dari setiap ton TBS yang diolah dapat menghasilkan 140 – 200 kg CPO. Selain CPO pengolahan ini juga menghasilkan limbah/produk samping, antara lain: limbah cair (*POME=Palm Oil Mill Effluent*), cangkang sawit, fiber/sabut, dan tandan kosong kelapa sawit. Sedangkan limbah cair yang dihasilkan cukup banyak, yaitu berkisar antara 600 – 700 kg (Isroi, 2008).

Dari kegiatan pengolahan kelapa sawit, dihasilkan limbah cair sebanyak 2,5 ton atau 2 – 3 m³ dari setiap produksi 1 ton CPO (*crude palm oil*). Kualitas limbahnya pun terbilang tinggi dan sangat berpotensi untuk menimbulkan pencemaran lingkungan bila tidak dikelola dengan baik (Sulaeman, 2008).

Komposisi utama limbah fasa cair minyak sawit (dasar kering) dan karakteristik limbah cair minyak kelapa sawit dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Firmansyah dan Saputra, 2001).

Tabel 1. Komposisi Utama Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit

Komponen	Komposisi (%)
Protein kasar	10
Serat Kasar	12
Lemak	20
Pati, gula, karbohidrat, lignin	47
Abu	11

Sumber : Firmansyah and Saputra, 2001

Tabel 2. Karakteristik Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit

Parameter	Range
pH	3,3 – 4,6
BOD (mg/l)	24.884 – 27.421
COD (mg/l)	47.165 - 49.765
TS (mg/l)	16.580 – 94.106
TSS (mg/l)	1.330 – 50.700

Sumber : Ahmad, 2003

Pemanfaatan Limbah Cair Ke Tanah (*Land Application*)

Definisi pemanfaatan air limbah ke tanah (LA) adalah suatu kegiatan dimana air limbah atau sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair digunakan atau difungsikan sebagai fertiliser (penyuplai unsur hara) bagi tanah dan tanaman (KLH, 2005).

Limbah organik mempunyai padatan yang terlarut dan melayang sehingga lebih mudah mengolahnnya. Dengan metode aplikasi lahan pencemaran sungai dapat dikurangi. Penggunaan air limbah untuk pertanian mempunyai fungsi ganda disamping menanggulangi pencemaran. Dengan memanfaatkan air limbah pada lahan maka air limbah akan berkurang masuk daerah aliran sungai, dan sudah mengalami penyaringan lebih dulu. Unsur-unsur hara yang terdapat dalam limbah berfungsi sebagai unsur pupuk yang menyuburkan tanaman. Dengan demikian akan dapat memperbaiki struktur tanah (Ginting, 2007).

Pemanfaatan limbah cair PKS sebagai pupuk pada tanaman kelapa sawit diatur dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2003 tentang Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah dari Industri Minyak Sawit pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit yang berisi tata cara dan persyaratan pedoman pengkajian pemanfaatan limbah cair PKS beserta Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 29 Tahun 2003 tentang Pedoman Syarat dan Tata Cara Perizinan Pemanfaatan Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit yang berisi persyaratan perizinan dan pelaksanaan pemanfaatan limbah cair kelapa sawit (KLH, 2007).

Pengolahan Limbah Secara Anaerob

Pengolahan limbah secara anaerob merupakan proses degradasi senyawa organik seperti karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat dalam limbah cair oleh bakteri anaerob tanpa kehadiran oksigen. Pemakaian sistem anaerob dalam mengolah limbah cair yang mengandung COD tinggi (COD > 4.000 mg/L) lebih menguntungkan dari pada sistem aerob (Syafila *et al*, 2003). Proses anaerob dapat menguraikan zat organik yang tak dapat diuraikan secara aerob dan tidak memerlukan energi aerasi (Grady dan Lim, 1980).

Proses anaerob merupakan proses yang kompleks dengan melibatkan berbagai kelompok bakteri. Keterlibatan antara kelompok ini saling menguntungkan satu sama lainnya karena tidak terjadi saling kompetisi antara kelompok dalam rangka pemanfaatan nutrisi atau substrat. Masing-masing kelompok bakteri yang terlibat mempunyai substrat tertentu antara lain kelompok bakteri hidrolitik hanya memanfaatkan substrat berupa senyawa organik dengan molekul besar seperti karbohidrat, protein dan minyak-lemak, sedangkan kelompok bakteri asidogen hanya dapat memanfaatkan substrat yang lebih sederhana dengan molekul organik yang dihasilkan dari penguraian kelompok bakteri hidrolitik (misal glukosa, asam amino dan asam lemak bebas). Sementara itu, kelompok bakteri asetonogen hanya memanfaatkan asam organik rantai sedang seperti asam propionat, butirat, laktat dan etanol. Selanjutnya produk akhir dari kelompok bakteri pembentuk asam berupa asam asetat akan dimanfaatkan oleh kelompok bakteri metanogen asetatotrof untuk membentuk gas metan, sedangkan gas yang dihasilkan berupa gas CO₂ dan H₂ akan dimanfaatkan oleh kelompok bakteri metanogen hidrogenotrof untuk membentuk gas metan (Ahmad, 2001).

Sebagaimana makhluk hidup pada umumnya, mikroorganisme yang terlibat dalam proses anaerob ini membutuhkan kondisi lingkungan yang dapat membuatnya tumbuh secara baik atau optimum. Kondisi lingkungan yang buruk akan mempengaruhi metabolisme dan mikroorganisme bahkan dapat membunuh mikroorganisme tersebut (Firmansyah dan Saputra, 2001).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme adalah kondisi anaerob, pengaruh waktu tinggal hidrolis (WTH), komposisi limbah cair, temperatur lingkungan, dan derajat keasaman (pH) (Firmansyah dan Saputra, 2001).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dikarenakan percobaan dilakukan pada media yang tidak homogen (heterogen) dengan percobaan faktorial. Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali. Penelitian ini akan memakai bioreaktor anaerob.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

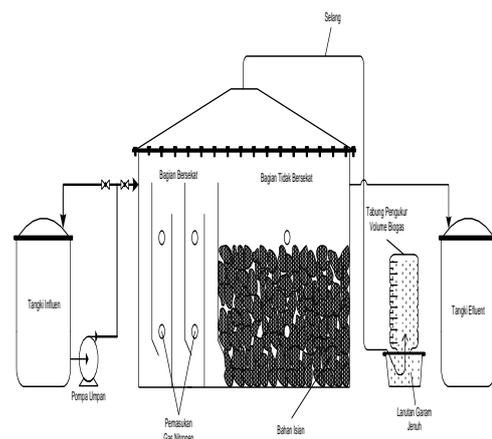
1. Lumpur kolam 2 (kolam pengasaman) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri kelapa sawit. Kolam ini merupakan kolam pembentukan asam. Lumpur tersebut dimasukkan ke dalam bioreaktor anaerob di bagian yang bersekat sebanyak 1 m³ karena di bagian bersekat akan terjadi proses asidogenesis (pembentukan asam). Lumpur ini digunakan sebagai bibit mikroorganisme didalam bioreaktor anaerob. Mikroorganisme yang berperan dalam proses ini disebut mikroorganisme asidogenesis (MA). MA ini yang akan berperan dalam pembentukan senyawa asam dalam bioreaktor anaerob.
2. Lumpur kolam 4 IPAL industri kelapa sawit. Kolam 4 ini merupakan kolam tempat terjadinya pembentukan metana (gas metan). Lumpur tersebut dimasukkan ke dalam bioreaktor anaerob di bagian yang tidak bersekat sebanyak 1,5 m³ karena pada bagian ini terjadi proses metanogenesis (pembentukan metan). Mikroorganisme yang

berperan dalam proses ini disebut mikroorganisme metanogenesis.

3. Limbah keluaran kolam 1 (kolam pendingin). Limbah ini berguna sebagai umpan (substrat) mikroorganisme yang ada dalam bioreaktor anaerob. Limbah ini mengandung senyawa organik kompleks (karbohidrat, lemak, protein, asam, alkohol, CO₂ dan H₂O).
4. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS tersebut dicacah dengan ukuran kecil lalu dimasukkan ke dalam bioreaktor anaerob dengan berat 250 kg.
5. Pelelepah kelapa sawit (PS). PS tersebut dicacah dengan ukuran kecil lalu dimasukkan ke dalam bioreaktor anaerob dengan berat 250 kg.

Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bioreaktor Anaerob.
2. Tangki pengendali/umpan (*inlet*) dengan volume 1 m³ untuk mengatur laju alir umpan ke dalam bioreaktor anaerob.
3. Tangki penampung (*outlet*) dengan volume 0,5 m³ untuk menampung air keluaran dari bioreaktor anaerob.
4. Pompa air elektrik untuk mengatur laju alir umpan ke dalam bioreaktor anaerob.



Gambar 1. Rangkaian Instalasi Bioreaktor Anaerob (Ahmad, 2009)

Prosedur Penelitian

Faktor yang menentukan keberhasilan proses pengolahan limbah cair industri minyak kelapa sawit tergantung pada pembentukan lapisan biomassa terhadap partikel pembawa (pasir). Imobilisasi biomassa pada media partikel pembawa mendorong aktivitas dan konsentrasi biomassa agar tetap tinggi. Untuk mencapai keadaan tersebut maka dilakukan penelitian secara bertahap yang meliputi :

1. Tahap Pembibitan (*Seeding*)

Pembibitan bertujuan untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroorganisme di dalam substrat yang akan diolah. Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini langsung berasal dari lumpur kolam 2 dan 4 IPAL dengan pH 5,8 yang ada di industri sawit PTPN V Sei. Pagar. Karena mikroorganisme yang digunakan sudah dikembangkan di dalam kolam limbah, maka tahap *seeding* dianggap telah berjalan (Ahmad, 1992).

2. Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri dengan kondisi air buangan yang akan diolah. Dikarenakan mikroorganisme yang digunakan berasal langsung dari lumpur kolam 2 dan 4 IPAL industri sawit PTPN V Sei. Pagar, maka tahap aklimatisasi dianggap sudah berlangsung, sehingga tidak dibutuhkan lagi adaptasi mikroorganisme terhadap kondisi air buangan (Ahmad, 1992).

3. Instalasi Pengolahan Limbah Cair

Instalasi pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit terdiri dari peralatan utama dan peralatan pendukung.

a. Peralatan Utama

Bioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor anaerob yang menggabungkan sistem pertumbuhan bakteri melekat dan tersuspensi, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

b. Peralatan pendukung

Peralatan pendukung merupakan peralatan yang mendukung sistem secara keseluruhan. Peralatan pendukung terdiri dari tangki umpan, selang, pompa air elektrik, penampung gas dan pemasok gas nitrogen.

4. Start-up Bioreaktor Anaerob

Kondisi operasi bioreaktor selama *start-up* dilakukan pada temperatur ruang.

Selama proses *start-up* limbah cair keluaran kolam 1 IPAL PTPN V Sei. Pagar ditambahkan sebagai umpan sebanyak 250 L/hari selama 16 hari dan sebanyak 300 L/hari selama 16 hari. Penambahan umpan tersebut bertujuan untuk menaikkan dan menahan pertumbuhan *biofilm*. Proses *start-up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*).

5. Proses Kontinu Bioreaktor Anaerob

Setelah keadaan tunak tercapai, selanjutnya dilakukan variasi terhadap laju alir limbah dengan selang waktu tertentu yaitu laju alir 500 L/hari, laju alir 1.000 L/hari dan laju alir 2.500 L/hari. Penambahan laju alir tersebut mengakibatkan semakin tingginya pembebanan organik terhadap bioreaktor. Tujuan dari penambahan laju alir tersebut adalah untuk mengetahui kinerja optimal bioreaktor dalam menyisihkan senyawa-senyawa organik.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian diartikan sebagai segala sesuatu yang akan menjadi objek pengamatan penelitian. Variabel – variabel dalam penelitian ini adalah laju alir 500 L/hari, laju alir 1.000 L/hari dan laju alir 2.500 L/hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan Limbah Cair

Karakteristik limbah cair industri kelapa sawit yang digunakan sebagai umpan (substrat) dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Limbah Cair Industri Kelapa Sawit

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	5,6
COD	mg/L	50.000

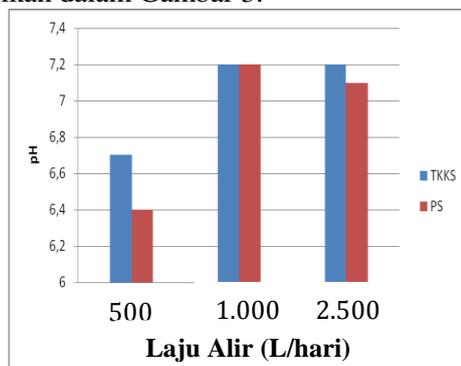
Karakteristik limbah cair industri kelapa sawit memiliki nilai yang relatif lebih tinggi dari kualitas limbah cair kelapa sawit yang diperkenankan untuk dimanfaatkan sebagai suplemen pupuk dan air irigasi pada perkebunan kelapa sawit adalah pada kadar BOD < 5.000 mg/L atau COD < 10.000 mg/L dengan pH antara 6 – 9 (KepMen LH No. 29 tahun 2003).

Pemanfaatan limbah cair sebagai pupuk/bahan pembenah tanah di perkebunan kelapa sawit sangat dimungkinkan atas dasar adanya kandungan hara dalam limbah tersebut. Pemanfaatan limbah ini disamping sebagai sumber pupuk/bahan organik juga akan mengurangi biaya pengolahan limbah sebesar 50-60% (Pamin, et al, 1996).

Nilai pH

Nilai pH digunakan sebagai dasar untuk menentukan apakah limbah cair industri kelapa sawit yang diolah dalam bioreaktor anaerob bisa dimanfaatkan sebagai alternatif pupuk yang diaplikasikan ke lahan perkebunan atau *land application* (LA).

Perubahan nilai pH selama operasional bioreaktor anaerob berlangsung, ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan pH Selama Operasional Bioreaktor Anaerob Dengan Variasi Laju Alir 500 L/hari, 1.000 L/hari dan 2.500 L/hari

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai rata – rata pH keluaran bioreaktor anaerob pada laju alir 500 L/hari adalah 6,7. Pada laju alir 1.000 L/hari terjadi peningkatan nilai pH di bioreaktor anaerob dibandingkan dengan laju alir 500 L/hari yaitu nilai rata – rata pH keluaran bioreaktor anaerob 7,2. Peningkatan pH ini akan memacu proses biodegradasi sehingga meningkatkan aktivitas mikroorganisme metanogen (Siregar, 2009). Sedangkan pada laju alir 2.500 L/hari terlihat nilai rata – rata pH bioreaktor anaerob mulai stabil yaitu 7,2. Penurunan pH ini disebabkan oleh proses asidifikasi selama biodegradasi anaerob yang menghasilkan asam-asam volatil yang bersifat asam sehingga menyebabkan pH

sistem (bioreaktor anaerob) menurun (Widjaja, et al. 2008).

Terjadinya fluktuasi nilai pH pada masing – masing variasi laju alir menunjukkan bahwa proses pembentukan asam pada proses asidogenesis sedang berlangsung dengan cepat, namun tidak diikuti oleh proses pembentukan metana pada proses metanogenesis yang cenderung berlangsung lambat (Rahmayetty, 2003).

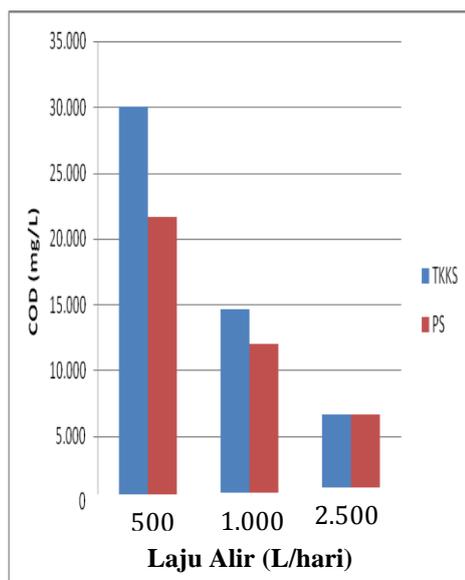
Nilai perubahan pH sistem relatif konstan pada semua variasi laju alir yaitu berkisar antara 6,4 – 7,2. Pada rentang pH tersebut diperkirakan mikroorganisme anaerobik yang digunakan di dalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan optimum lingkungan mikroorganisme anaerobik adalah dengan pH antara 5,8 – 8,2 (Speece, 1996).

Kualitas limbah cair kelapa sawit yang diperkenankan untuk dimanfaatkan sebagai suplemen pupuk dan air irigasi pada perkebunan kelapa sawit dengan pH antara 6 – 9 (KepMen LH No. 29 tahun 2003). Berdasarkan nilai rata – rata pH hasil analisis sampel keluaran dari bioreaktor anaerob maka range nilai pH antara 6,4 – 7,2. Dengan demikian limbah cair keluaran dari bioreaktor anaerob bisa dimanfaatkan sebagai pupuk pada perkebunan kelapa sawit (*land application*).

Kandungan COD

Kandungan COD digunakan sebagai dasar untuk menentukan apakah limbah cair industri kelapa sawit yang diolah dalam bioreaktor anaerob bisa dimanfaatkan sebagai alternatif pupuk yang diaplikasikan ke lahan perkebunan atau *land application* (LA).

Kualitas limbah cair kelapa sawit yang diperkenankan untuk dimanfaatkan sebagai suplemen pupuk dan air irigasi pada perkebunan kelapa sawit adalah pada kadar BOD < 5.000 mg/L (COD < 10.000 mg/L) (KepMen LH No. 29 tahun 2003). Perubahan kandungan COD selama operasional bioreaktor anaerob berlangsung, ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan Kandungan COD Selama Operasional Bioreaktor Anaerob Dengan Variasi Laju Alir 500 L/hari, 1.000 L/hari dan 2.500 L/hari

Gambar 4 menunjukkan bahwa laju alir berpengaruh terhadap penyisihan kandungan COD. Semakin cepat laju alir bioreaktor anaerob, maka nilai COD semakin menurun. Pada laju alir 500 L/hari di bioreaktor anaerob rata – rata kandungan COD limbah cair sebesar 30.000 mg/L dan di bioreaktor anaerob 2 sebesar 21.666,7 mg/L. Pada laju alir 1.000 L/hari terjadi penurunan kandungan COD jika dibandingkan dengan kandungan COD pada laju alir 500 L/hari, bioreaktor anaerob rata – rata kandungan COD sebesar 14.666,7 mg/. Sedangkan pada laju alir 2.500 L/hari, rata – rata kandungan COD untuk bioreaktor anaerob menurun menjadi sebesar 6.666,7 mg/L. Kandungan COD mulai stabil pada laju alir 2.500 L/hari. Penurunan kandungan COD ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi dengan limbah yang akan diolah dan mampu mendegradasi bahan organik yang terdapat di dalam limbah (Syafilla, *et al.* 2003).

Terjadinya penurunan rata – rata kandungan COD jika variasi laju alir dinaikkan menunjukkan bahwa semakin cepat variasi laju alir maka proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah cair berlangsung

dengan baik, karena kontak antara mikroorganisme dengan limbah cair sebagai makanannya (substrat) cukup banyak, sehingga mikroorganisme dapat berkembang dengan cepat dan menyebabkan degradasi limbah cair semakin cepat pula.

Berdasarkan kandungan COD hasil analisis sampel keluaran dari kedua bioreaktor anaerob maka kandungan COD yang paling rendah kandungannya adalah pada variasi laju alir 2.500 L/h yaitu 6.666,7 mg/L. Sehingga limbah cair dalam bioreaktor anaerob bisa dimanfaatkan sebagai pupuk pada perkebunan kelapa sawit (*land application*) dengan variasi laju alir 2.500 L/hari. 2.500

Untuk melihat apakah limbah cair kelapa sawit bisa dimanfaatkan sebagai pupuk (LA) maka akan dibandingkan nilai pH dan kandungan COD hasil penelitian dengan nilai pH dan kandungan COD yang diperkenankan untuk LA. Kualitas limbah cair kelapa sawit yang diperkenankan untuk dimanfaatkan sebagai suplemen pupuk dan air irigasi pada perkebunan kelapa sawit adalah pada kadar BOD < 5.000 mg/l (COD < 10.000 mg/l) dengan pH antara 6 – 9 (KepMen LH No. 29 tahun 2003).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka nilai rata – rata pH hasil analisis sampel keluaran dari bioreaktor anaerob maka range nilai pH antara 6,4 – 7,2 dan kandungan COD yang paling rendah kandungannya adalah pada variasi laju alir 2.500 L/h yaitu 6.666,7 mg/l. Berdasarkan nilai pH dan kandungan COD hasil penelitian dibandingkan dengan nilai pH dan kandungan COD yang diperkenankan untuk LA maka limbah cair keluaran dari bioreaktor anaerob bisa dimanfaatkan sebagai pupuk pada perkebunan kelapa sawit (*land application*).

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A., Tjandra, S., Mindriany, S., dan Oei, B.L. 1999. Bioreaktor Berpenyekat Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Yang Mengandung Minyak dan Lemak. Prosiding Seminar Teknik

- Kimia Soehadi Reksowardojo. ITB, Bandung.
- Ahmad, A. 2001. Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit Dalam Sistem Bioreaktor Anaerob. Disertasi. ITB, Bandung.
- Ahmad, A, 2004. Teknologi Bioproses Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Seminar TOPI. ITB, Bandung.
- Ahmad, A. 2009. Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. Unri Press, Pekanbaru.
- Anonim. 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit. Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, Ditjen PPHP. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Anonim, 2009. Laporan Market Intelligence Industri Palm Oil Di Indonesia November 2009. <http://www.datacon.co.id/CPO1-2009Sawit.html>. Akses 24 Februari 2009.
- APHA, AWWA & WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington DC.
- Chin, K.K. 1981. Anaerobic Treatment Kinetics of Palm Oil Sludge. *Water Res.*, 15, 199-202.
- Eckenfelder, W.W dan Musterman, J.L. 1995. Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater Treatment. Technomic Pub. Co. Inc. Pennsylvania.
- Firmansyah, A dan Saputra, A. 2001. Pengolahan Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Membran Anaerob. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri. ITB, Bandung.
- Fithri, R. 2009. Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit Di Kabupaten Kampar. Tesis. UNRI, Riau.
- Ghosh, S dan Klash, D.L. 1978. Two Phase Anaerobic Digestion, Process Biochemistry. April.
- Grady, Jr, C.P.L dan Lim, H.C. 1980. Biological Wastewater Treatment, Theory and Application. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Ginting, P. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. Yrama Widya, Bandung.
- Hartono. 2004. Statistik Untuk Penelitian. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Isroi, 2008. Limbah Pabrik Kelapa Sawit. www.isroi.wordpress.com. Akses 13 Juni 2009.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. Kep – 51 / MENLH/ 10/ 1995. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Latif, S.Y.B. 2008. Dampak pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Kandungan Bahan Organik dan Nitrogen Dalam Tanah. Tesis. UNRI, Riau.
- Loebis, B dan Tobing, P.L. 1988. Hasil Sigi Pengendalian Air Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit. Seminar Nasional Pengendalian Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit dan Karet. Medan.
- Malia, F. 2009. Peranan Mikroorganisme Tersuspensi dan Terlekat di Fase Terlekat pada Bioreaktor Hibrid Upflow Anaerob Menggunakan Media Bambu untuk Biodegradasi Molase dengan Pengaruh Pembebanan Organik dan Waktu Detensi. <http://www.itb.ac.id>.

- Kategori Tesis/Skripsi, 23 November 2009.
- Manik, K.E.S. 2007. Pengelolaan Lingkungan Hidup. Edisi Revisi Terbaru 2007. Djambatan, Jakarta.
- Ng, W.J.K Wong dan Chin, K.K. 1985. Two Phase Anaerobic Treatment Kinetics of Palm Oil Waste. *Wat. Res* 19 (5).
- Nugrahini, P. 2008. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, <http://www.che.itb.ac.id/sntki2009/daftar/prosiding/TPL05.pdf>, Akses, 29 November 2009.
- Rahmayetty. 2003. Pengolahan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit dengan Kombinasi Proses Anaerob Dua Fasa dan Membran. Tesis Magister Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sinaga, L. 1992. Perubahan Koalitas Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Selama Proses Pengolahan Dalam Kolam Pengendalian.
- Soehadi Reksowardojo 1999: Menuju Perwujudan Industri Proses Dengan Produksi Bersih. Litbang UPPT – PT. Pupuk Kalimantan Timur. ITB, 19 – 20 Oktober 1999.
- Southworth, A. 1979. Palm Oil Factory Effluent Treatment by Anaerobic Digestion in Lagoons. *Proc. 35th ind. Waste Conf.* Purdue University, Purdue.
- Speece, R.E. 1996. *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater.* Tennessee, USA.
- Suharno, 2009. Pelepah Sawit Sebagai Pakan Ternak Alternatif. www.disnak.jambiprov.go.id/content.php. Akses 13 Juni 2009.
- Sulaeman, 2008. Zero Waste: Prinsip Menciptakan Agro-industri Ramah Lingkungan. http://203.190.36.25/layan_informasi/pengolahan_hasil_pertanian/zero_waste_dlm_agro-industri.pdf. Akses, 20 Maret 2010.
- Supranto. 2001. Kinetika Pengerinan Pelapah Kelapa Sawit. Prosiding Seminar Nasional: Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2001. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Surabaya, 8 -9 Nopember 2001.
- Suprpto.2010. Klaster Industri Sawit Riau. <http://riaubisnis.com/index.php/opini-news/50-opini/274-klaster-industri-sawit-riau->. Akses 13 Juni 2009.
- Syafila M., A. H. Djajadiningrat, M. Handajani. 2003. Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase. *Prociding ITB Sains & Tek.* Vol. 35 A.
- Thanh, N.C. 1980. High Organic Wastewater Control and Management In The Tropics, *Water Pollution Control Conf. CDG. AIT-ERL, Bangkok.*
- Umar, S. 2009. Potensi perkebunan kelapa sawit sebagai Pusat pengembangan sapi potong dalam Merevitalisasi dan mengakselerasi Pembangunan peternakan berkelanjutan. USU, Medan.
- Vigneswaran, S, 1996. *Anaerobic Wastewater treatment-Attached Growth and Sludge Blanket Process.* Tennessee, USA.
- Widjaja, T., A. Altway, P. Prameswarhi, dan F. S. Wattimena. 2008. Pengaruh HRT dan Beban COD Terhadap Pembentukan Gas Metan pada Proses Anaerobic Digestion Menggunakan Limbah Padat Tepung Tapioka. Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Willyanto, S. 1999. Pembuatan Pulp Kertas Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit

(TKKS) Secara Biokimia-Mekanis.
Prosiding Seminar Teknik Kimia
Soehadi Reksowardojo 1999:
Menuju Perwujudan Industri Proses
Dengan Produksi Bersih. Litbang
UPPT – PT. Pupuk Kalimantan
Timur. ITB, Bandung.