INHIBITOR PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH OLEOKIMIA SECARA UPFLOW ANAEROBIK SLUDGE BLANKET (UASB)

Inhibitor on Oleochemical Waste Water Treatment by Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Oleh :
Robiatun *)

Abstract:

Oleochemical waste water is a complex wastewater which contains inhibitor for example fatty oil, fatty acid and detergent which influence microorganisms growth on anaerobic waste treatment. To overcome the problem, the waste need to be pretreated to remove or reduce the inhibitor, in order to be treated easily by UASB system. From several researchs showed that inhibitor on oleochemical waste can be removed by flotation, but the result is not good enough, therefore it is need further research for pretreatment of oleochemical waste water.

Keyword : Inhibitor, Waste Water Treatment and Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

Intisari:

Air limbah industri oleokimia bersifat kompleks karena mengandung inhibitor tertentu seperti minyak lemak, asam lemak dan deterjen yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada pengolahan air limbah anaerobik. Untuk mengatasi problem tersebut air limbah oleokimia perlu dihilangkan atau dikurangi kadar inhibitorynya untuk memudahkan dilakukan proses pengolahan secara UASB. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa inhibitor dalam limbah oleokimia dapat dihilangkan atau direduksi dengan melakukan proses flotasi, tetapi hasilnya belum optimal oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pengolahan pendahuluan limbah oleokimia.

PENDAHULUAN

Industri Oleokimia dikenal sebagai produk industri kimia yang menggunakan minyak dan sejenis tumbuhan palma serta turunannya. Minyak kelapa sawit adalah penyumbang paling besar dalam perkembangan sektor ini. Dalam industri oleokimia, terdapat 3 golongan senyawa utama yaitu asam lemak, alkohol lemak dan gliserin atau gliserol.

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan pertanian maka industri oleokimia juga berkembang pesat terutama di negara asia tenggara. Perkembangan industri tersebut juga disertai problem pencemaran sebagai bagian dari proses produksi. Air limbah dari industri tersebut dapat merusakkan sumber air sehingga penggunaan air terbatas karena kualitas air yang tersedia tidak memenuhi persyaratan. Pengolahan air limbah yang sesuai serta penggunaan sumber daya air yang efektif sangat penting untuk mencegah problem pencemaran.

Teknologi pengolahan air secara anaerobik konvensional telah digunakan dalam skala besar maupun kecil untuk menguraikan beberapa limbah organik selama lebih dari 100 tahun. Proses anaerobik ini memiliki beberapa keuntungan melebihi proses aerobik, misalnya kebutuhan energi lebih sedikit, pro-

duksi lumpur dan nutrien yang digunakan sedikit, serta dapat menghasilkan bahan bakar yang bersih yaitu gas metana. Namun reaksinya sangat lambat dan waktu pengolahannya sangat lama, sekitar 10 – 30 hari selain itu penggunaannya terbatas (5).

Dalam beberapa puluh tahun kemudian, teknologi tersebut telah berkembang terutama untuk mengolah beberapa air limbah industri yang mengandung bahan organik konsentrasi tinggi yang larut dan mudah terurai. Keberhasilan ini dicapai oleh teknologi anaerobik modern, diantaranya *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, *Fluidized Bed* dan *Fixed Bed*. Ketiga tipe proses ini menggunakan konsentrasi biomasa yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe pertumbuhan tersuspensi yang konvensional, sehingga pertumbuhan biofilm yang melekat atau lumpur granular dapat memberikan unjuk kerja yang lebih baik (4,5). Dari ketiga proses tersebut UASB adalah proses yang paling banyak digunakan.

UASB adalah suatu proses pengolahan air limbah anaerobik dengan menggunakan granular bakteri konsentrasi tinggi untuk mengolah air limbah. UASB umumnya digunakan dalam pengolahan air limbah kompleks. Air limbah kompleks adalah air limbah yang mengandung bahan pencemar dengan konsentrasi tinggi juga disertai bahan penghambat/inhibitor.

*) Balai Besar Kimia dan Kemasan

Air limbah industri oleokimia termasuk air limbah kompleks karena umumnya mengandung: BOD 5000- 20.000 mg/L: COD 6000 – 30.000 mg/L: minyak lemak 500 – 700 mg/L: SS 100 – 250 mg/L dan pH 3 - 7. Minyak dan lemak dalam limbah oleokimia sering disebut zat inhibitor/penghambat karena menyulitkan dalam pengolahan limbah tersebut. Tulisan ini mengulas tentang zat inhibitor, pengaruhnya dalam proses pengolahan air limbah UASB dan cara mengatasi masalah tersebut.

INHIBITOR DAN PENGARUHNYA PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH OLEOKIMIA

Air limbah dapat digolongkan menjadi air limbah sederhana dan air limbah kompleks. Air limbah sederhana terutama terdiri dari bahan terlarut atau tidak mengandung bahan atau senyawa racun dan atau senyawa yang dapat menghasilkan buih atau lapisan mengapung. Termasuk kategori ini adalah air limbah yang mempunyai kadar sulfat, sulfit atau nitrat yang rendah. Sedang air limbah kompleks adalah air limbah yang mengandung bahan organik tidak larut, sulit mengendap termasuk bahan koloid, senyawa penghasil buih atau bahan mengapung, senyawa yang menyebabkan terbentuknya endapan anorganik, senyawa racun dan senyawa larut yang sulit terurai secara alami.

Di dalam proses pengolahan air limbah yang mengandung konsentrasi padatan terlarut tinggi secara anaerobik, padatan terlarut (SS) sangat penting untuk diperhatikan di dalam pemilihan proses pengolahan dan beban yang sesuai, karena konsentrasi padatan terlarut tertentu akan menghambat proses peruraian secara anaerobik. Hal ini disebabkan karena karakteristik padatan terlarut seperti kecepatan degradasi dan biodegradasinya, sifat flokulasi dan pengendapan serta pelekatan mikroorganisme pada media partikel yang dapat memberikan pengaruh kurang baik di dalam pengolahan secara anaerobik. Pengaruh kurang baik dari padatan terlarut tsb dapat berupa: (6)

- Terbentuknya lapisan buih yang disebabkan adanya bahan atau senyawa yang bersifat mengapung seperti lemak dan minyak. Lapisan buih ini berasal dari bahan organik yang kurang stabil dan karena kurangnya mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi tidak optimal untuk mendegradasi lemak. Sehingga menyebabkan mikroorganisme ikut keluar bersama dengan air limbah.

- Keluarnya granul bersama dengan limbah yang disebabkan karena tidak terjadi segregasi yang cukup antara partikel granul dan air limbah.
- Penurunan aktifitas bakteri metanogen secara keseluruhan karena terakumulasi sinya padatan terlarut.

Buih dan lapisan buih dapat dihasilkan karena adanya senyawa protein, surfaktan dan minyak. Air limbah yang mengandung buih tersebut akan mengganggu pemisahan biogas (gas metana) yang dihasilkan dan akan granul bakteri dari *mixed liquor* atau dapat menyebabkan penyumbatan keluarnya gas metana yang dihasilkan.

Inhibitor yang lain adalah endapan di dalam air limbah berasal dari bahan organik dan anorganik. Air limbah yang mengandung kedua tipe endapan tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri pengurainya karena adanya endapan di dalam atau yang mengelilingi lumpur bakteri.

Senyawa racun yang ada di dalam air limbah dapat meracuni bakteri yang digunakan untuk mengolah air limbah. Agar supaya bakteri dapat digunakan untuk mengolah air limbah yang mengandung racun maka dapat dilakukan adaptasi atau aklimatisasi bakteri yang akan digunakan untuk mengolah terhadap air limbah yang mengandung racun tersebut. Proses aklimatisasi ini memerlukan waktu yang cukup lama. Perlakuan pendahuluan dapat juga dilakukan secara biologi, fisika dan kimia. Jenis racun yang umum ada di dalam air limbah diantaranya:

- Amonia yang dapat menjadi racun pada konsentrasi melebihi 3000 mg/L, dan bersifat menghambat proses pada konsentrasi lebih dari 1500 mg/L. Gas amoniak lebih menghambat dari pada ionnya.
- Kadar garam, jumlahnya dibatasi sebesar TDS 15 gr/L Garam anorganik dengan konsentrasi rendah akan mendorong reaksi, sedang dalam konsentrasi tinggi menjadi racun.
- Sulfat, jika kadar sulfat dalam air limbah tinggi akan dihasilkan H_2S . Terbentuknya sulfida ini akan menghambat pembentukan gas metana dan mengurangi efisiensi peruraiannya. Kadar sulfida larut 200 mg/L masih dapat ditoleransi karena dengan adanya sulfida beberapa logam akan mengendap.
- Logam berat seperti Cu, Zn, Ni pada konsentrasi rendah tidak berbahaya dan dapat menjadi nutrient mikroba, akan tetapi pada konsentrasi tinggi akan mematikan mikroba pengurai.

- Asam lemak rantai panjang ($C_8 - C_{20}$) pada konsentrasi tinggi bersifat sebagai inhibitor. Pada konsentrasi 10mg/liter C_8 telah menunjukkan pengaruhnya dalam pertumbuhan mikroba, sedang deterjen akan memberikan pengaruh lebih jelek dari pada asam lemak rantai panjang. (8)

Faktor yang mempengaruhi proses peruraian secara anaerobik selain tersedianya mikroorganisme yang cocok serta inhibitor yang ada juga suhu reaksi berlangsung serta pH cairan. (5,8) Produksi gas metana yang optimal terjadi pada suhu mesofilik, $29 - 38^{\circ}\text{C}$ dan thermofilik, $49 - 57^{\circ}\text{C}$. Walau kecepatan reaksi lebih besar dalam rentang thermofilik, tetapi menjaga suhu tinggi adalah tidak ekonomis. Selain itu menarik untuk dicatat, bahwa kecepatan reaksi antara $45 - 48^{\circ}\text{C}$ pembentukan gas metana relatif menurun. (2,5)

Mikroorganisme penghasil metana tumbuh dengan baik pada pH 6,6 – 7,6 dengan pH optimum 7. Jika kecepatan pembentukan asam melebihi kecepatan pembentukan metana, maka proses tidak seimbang karena pH-nya turun (pH 4,5), sehingga tidak dihasilkan gas metana, tetapi gas CO_2 . Untuk menaikkan pH digunakan kapur, penggunaan yang berlebihan akan menghasilkan endapan CaCO_3 . Selain kapur juga dapat digunakan Na bikarbonat. (4)

UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET (UASB)

Proses pengolahan air limbah secara anaero-

bik juga disebut fermentasi metana, proses ini dikenal sebagai proses yang hemat energi, lumpur yang dihasilkan dan nutrisi yang digunakan sedikit. Dalam proses ini hampir semua bahan organik di dalam air limbah dirubah menjadi gas metana. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dalam tahun 1970 telah dapat ditunjukkan proses anaerobik modern dengan menggunakan mikroorganisme yang melekat pada media dan mikroorganisme dalam bentuk granul untuk mengolah air limbah konsentrasi tinggi lebih efektif. Proses atau system telah dikembangkan (7), yaitu:

Fixed Bed / Anaerobic Filter
Fluidized Bed
Upflow Anaerobic Sludge Blanket

UASB adalah suatu proses dimana mikroorganisme membentuk flok tanpa media pendukung, sedang Fixed Bed dan Fluidized Bed menggunakan pelekatan mikroorganisme pada media. Dengan proses anaerobik modern ini biaya operasi hanya $1/3 - 1/5$ dibandingkan dengan pengolahan secara aerobik (3,4). Beberapa industri makanan telah merubah proses pengolahan air limbah aerobik menjadi anaerobik. Kecenderungan ini diharapkan lebih luas lagi di masa yang akan datang. Untuk lebih jelasnya dari Tabel 1 dapat ditunjukkan perbandingan antara proses aerobik (lumpur aktif) dan proses anaerobik (fermentasi metana konvensional dan UASB). (9)

Tabel 1 : Perbandingan antara Proses Aerobik dengan Anaerobik

Bagian	Aerobik	Anaerobik	
	Lumpur aktif	Fermentasi metan Konvensional	UASB
Konsentrasi air limbah	Rendah sampai medium	Tinggi	Medium sampai tinggi
Loading COD, kg/m^3 hari	1 – 3	1 – 3	10 – 20
Waktu tinggal, hari	1	10 – 30	1 – 3
MLSS, mg/L	2000 – 5000	10000	50000
Penurunan COD, %	Minimum 95	60 – 90	60 – 90
Pembentukan Lumpur, %	50 – 60	10 – 20	10 – 20
Pengendapan lumpur, mm/menit	2	1	10 – 20
Bau	sedikit	Berbau	Berbau
Kebutuhan tenaga	Besar	Kecil	Kecil
Penambahan nutrisi	Banyak	Sedikit	Sedikit
Pengaturan pH	tidak perlu	Perlu	Perlu
Waktu mulai (start up), bln	0 – 5	2 – 4	2 – 4
Pembentukan gas bio	tidak ada	Terbentuk	terbentuk

Sumber: Goto, Totaro_1998, New Trends, New Technology in Water Treatment, Water Reuse Promotion Center, Japan.

1. Proses Upflow Anaerobic Sludge Blanket

Proses pengolahan air limbah secara UASB menggunakan dua tanki yang pertama tanki fermentasi asam dimana dalam proses ini tidak ditambahkan mikroorganisme, tanki kedua tanki fermentasi metana dimana dalam proses ini ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk granul.

Dalam proses pengolahan air limbah secara UASB ini bakteri anaerobik tidak menempel dan berkembang biak pada media, seperti halnya pada Fixed Bed dan Fluidized Bed tetapi berkumpul membentuk flok (granul). Sistem ini sekaligus digunakan untuk pembuatan granul bakteri selain untuk mengolah air limbahnya. Dengan mengalirkan air limbah yang sudah terfermentasi asam dari dasar ke atas tanki fermentasi metana melalui lumpur granul, bahan organik yang ada di dalam limbah diuraikan oleh bakteri berbentuk granul tersebut menjadi CO_2 , CH_4 dan air terolah (effluen) (gambar 1).

Gambar 1 : Flow proses anaerobik (UASB)

Dengan dihasilkannya gas, akan menyebabkan lumpur granul yang ada di dalam tanki teraduk perlahan-lahan dan akan membantu pembentukan dan pemeliharaan granul. Beberapa gas dihasilkan dan menempel pada granul. Gas yang bebas dan granul yang tertempel gas naik ke permukaan tanki. Granul yang naik ke atas mengenai dasar pemisah antara gas dan padatan yang menyebabkan gas yang menempel pada granul akan terbebas. Gas metana, CO_2 dan air terolah yang dihasilkan dikumpulkan di bagian atas tanki, sedang lumpur atau padatan

kembali ke bawah. Sedang air terolah yang masih mengandung lumpur granul keluar dan diendapkan dulu untuk memisahkan lumpurnya. Konsentrasi lumpur dalam tanki (MLSS) dipertahankan 40-60 gr/L. Konsentrasi ini tidak mungkin tercapai oleh proses anaerobik konvensional. Dengan tingginya konsentrasi lumpur granul diperoleh efisiensi pengolahan yang tinggi yang diakui sebagai teknik modern dalam bidang pengolahan air limbah secara anaerobik (UASB). Kadar Ca^{2+} sebesar 150 mg/L membantu pembentukan granul dan Fe^{2+} sebesar 5-10 mg/L membantu mengurangi filamen (3).

Proses peruraian secara anaerobik dari bahan organik dilakukan oleh beberapa mikroorganisme dan berlangsung dalam beberapa langkah. Pada umumnya urutan prosesnya terdiri dari Hidrolisa, Acetogenesis, Acetogenesis dan Methanogenesis (7). Karena bakteri tidak dapat mengambil bahan organik secara langsung dari air limbah, maka perlu dilakukan degradasi anaerobik dengan menghidrolisa

polimer yang ada di dalam air limbah oleh enzim untuk menghasilkan molekul lebih sederhana. Enzim yang menghidrolisa beberapa bahan organik yaitu: sakarase yang menghidrolisa sukrosa menjadi glukosa; amilase menghidrolisa pati atau glikogen menjadi glukosa; protease dan peptidase menghidrolisa protein menjadi asam lemak dan NH_3 ; selulase menghidrolisa selulosa menjadi glukosa; lipase menghidrolisa lemak menjadi gliserol dan asetat. Selanjutnya produk larut hasil hidrolisa dari air limbah diuraikan oleh mikroorga-

nisme asidogen menghasilkan piruvat yang selanjutnya difermentasi menjadi produk-produk metabolik seperti butirat, propionat, asetat, H_2 dan CO_2 .

Bakteri acetogen mengoksidasi produk yang dihasilkan dari fase asidogenesis menjadi substrat yang sesuai untuk proses metanogenesis. Dalam proses acetogenesis asam organik hasil dari proses asidogenesis dirubah menjadi asetat, H_2 dan CO_2 .

Tahap akhir perubahan anaerobik bahan organik menjadi gas metana dan CO_2 dilakukan oleh bakteri metanogen dengan menggunakan substrat yang terdiri asam asetat atau senyawa C (formiat), CO_2 dan

tian ini berasal dari pabrik oleokimia Southern Acids di Kuala Lumpur, Malaysia. (8)

Air limbah oleokimia mempunyai komposisi sebagai berikut:

pH	:4,2 – 4,84
COD, mg/L	:3460–10660
Padatan terlarut, mg/L	:55 - 980
Minyak lemak, mg/L	:154 - 1600
Detergen, mg/L	:100 - 500
Asam lemak rantai panjang	:terdeteksi

Skema proses pengolahan air limbah oleokimia secara anaerobik UASB dapat dilihat pada. Gambar 2.

Gambar 2 : Skema Proses Pengolahan Air Limbah Oleokimia

H_2 . Pembentukan metana kira-kira 70% dan energi yang dihasilkan 90%.

Bakteri metanogen yang dapat merubah asam asetat menjadi metana, yaitu *Methanotrix* dan *Methanosarcina*. *Methanotrix* mempunyai aktifitas rendah, sedangkan *Methanosarcina* menghasilkan aktifitas 3 kali *Methanotrix* jika tersedia nutrisi yang cukup. Nutrien tersebut yaitu besi, cobalt, nikel, molybdenum, selenium, kalsium, magnesium dan vitamin B12.

Secara umum dalam peruraian limbah secara anaerobik UASB dilakukan di dalam 2 tangki dengan lingkungan yang berbeda. Yang pertama dari proses hidrolisa sampai acetogenesis dengan menggunakan pH 5 (fermentasi asam), dan lainnya proses methanogenesis dengan menggunakan pH 7 (fermentasi metana).

2. CARA PENANGANAN MASALAH INHIBITOR LIMBAH OLEOKIMIA SECARA UASB

Berikut disajikan cara mengatasi masalah inhibitor dalam air limbah industri oleokimia dengan contoh studi kasus hasil penelitian air limbah secara anaerobik UASB (skala pilot 6 m^3) untuk mengolah air limbah pabrik oleokimia.

Air limbah yang digunakan dalam peneli-

Sebelum diolah secara anaerobik terlebih dahulu air limbah dilakukan perlakuan pendahuluan dengan menggunakan proses *flotation* untuk memisahkan bahan penghambat/inhibitor yaitu minyak lemak, asam lemak dan deterjen. Bahan yang ditambahkan dalam proses flotasi adalah koagulan poli aluminium klorida/PAC dalam suasana pH netral. Dengan perlakuan pendahuluan tersebut dapat menurunkan COD sebesar 20 – 40% dan penurunan minyak lemak 20 – 70%. Setelah dilakukan perlakuan pendahuluan, air limbah dimasukkan ke tanki anaerobik yang terdiri dari tanki fermentasi asam (tanpa mikroorganisme) dan tanki fermentasi metana dengan granul bakteri sebesar 35% dan beban 2 kg/m^3 hari dan konsentrasi COD 10.000mg/L, ternyata tidak menghasilkan gas seperti yang diperkirakan dan pH turun.

Walaupun COD dan minyak lemak sudah diturunkan konsentrasinya dengan proses flotasi untuk menghilangkan senyawa inhibitor/penghambat, proses pertumbuhan mikroorganisme anaerobik masih terhambat, sehingga hasil pengolahan yang dicapai masih jauh dari memuaskan. Hal ini disebabkan karena masih adanya minyak lemak sebesar 124 – 1280 mg/liter di dalam air limbah yang

akan diolah secara anaerobik. Konsentrasi minyak lemak yang masih cukup tinggi tersebut merupakan inhibitor yang menyebabkan proses peruraian secara anaerobik tidak berjalan lancar. Kadar asam lemak rantai panjang C_8 serta deterjen dalam proses fermentasi metana umumnya harus lebih kecil dari 10 mg/liter dan 50 mg/liter. Penelitian dilanjutkan lagi dengan mengganti granul dengan yang baru dan dimulai dengan COD loading 1kg/m^3 hari dengan konsentrasi COD 2100 mg/liter ternyata diperoleh penurunan COD sebesar 80%. Setelah pengolahan limbah berjalan normal dapat dihasilkan gas metana tetapi cenderung turun setelah 22 hari, sedang asam lemak konsentrasinya naik, pH menjadi rendah asam propionat lebih banyak dari pada asam asetat dan penurunan COD menjadi berkurang.

Dari data yang diperoleh ternyata sangat sulit untuk mengolah air limbah kompleks (dalam hal ini air limbah oleokimia). Untuk mengatasi hal ini, kemungkinan diperlukan adanya optimalisasi perlakuan pendahulunya sehingga inhibitor yang masih ada di dalam air limbah dapat dipisahkan dan tidak mengganggu di dalam proses anaerobik UASB. Cara lain adalah dengan penambahan bakteri granul di dalam tanki fermentasi asam dengan tujuan untuk mempercepat pembentukan asam asetat sehingga akan banyak gas metana yang dihasilkan sehingga tercapai loading serta penurunan COD yang tinggi.

3. Keuntungan dan kerugian UASB

Dibandingkan dengan system anaerobik lain (Fixed Bed dan Fluidized Bed), UASB memiliki keuntungan dalam pengolahan limbah oleokimia yaitu konsentrasi mikroorganisme tinggi dibanding dengan proses lain; tidak menggunakan media untuk melekatnya mikroorganisme, toleransi tinggi pada fluktuasi beban dan waktu proses pendek, serta sekaligus dapat digunakan untuk pembuatan granul. (2) Sedangkan kerugiannya perlu waktu kira-kira 6 bulan untuk pembentukan granul bila pengolahan berjalan normal, tetapi hanya perlu waktu 1 bulan kalau sudah ada granul. Granul bakteri sulit terbentuk jika dalam air limbah mengandung padatan terlarut, protein dan lemak dalam konsentrasi tinggi (2).

KESIMPULAN

1. Adanya inhibitor di dalam air limbah kompleks/oleokimia seperti COD, minyak lemak, deterjen dan asam lemak rantai panjang sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam pengolahan air limbah secara UASB.
2. Untuk mengurangi adanya inhibitor dalam air limbah kompleks/oleokimia dapat dilakukan perlakuan pendahuluan diantaranya dengan flotasi atau pengendapan flotasi dan koagulasi sedimentasi. Cara lain dapat dilakukan dengan penambahan bakteri granul di dalam tanki fermentasi asam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, 1989, *Industrial Pollution Control, General Review and Practice Japan*, vol.1 Air and Water, Revised Industrial Pollution Control Association Japan, Tokyo, Japan
2. Anonymous, 1997, High rate methane fermentation system (high strength waste-water treatment system) Toshikazu Corporation.
3. Eckenfelder, 1989, *Industrial Pollution Control, Second Edition*, MC Graw Hill Inc New York.
4. Hideki, Hirada, 1999, *Present State and New Development of Anaerobic Wastewaters Treatment Technology in Japan* Presented in Seminar R and D Cooperation for Simple Purification System of Industrial Wastewaters in Asian Region, Kuala Lumpur, Malaysia.
5. Kenji, Kida, 1998, Development of Efficient Methane Fermentation Process for Global Environmental Protection, Department of Applied Chemistry and Biochemistry, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Japan.
6. Lier, 1997, *Anaerobic Reactor Technology*, Wageningen Agricultural University, IHE Depft.
7. Lubberding, 1997, *Microbiology of Anaerobic System*, Agricultural University, IHE Depft.
8. Hashim, Rohani, 2001, Highlights of Technology Activities (1995-1996) SIRIM NEDO Industrial Wastewater Treatment Project on The Anaerobic Treatment of Oleochemical Wastewater, Environmental and Energy Technology Center. SIRIM Berhad, Malaysia.
9. Goto, Totaro, 1998, *New Trends, New Technology in Water Treatment, Water Reuse Promotion Center*, Japan.

SARI PUSTAKA

1. Neyens Elisabeth, Baeyens Jan, Dewil Raf and Heyder Bart de.

**ADVANCED SLUDGE TREATMENT
MEMPENGARUHI BAHAN-BAHAN
POLIMER EKSTRA-SELULAR UNTUK
MENINGKATKAN DEWATERING
LUMPUR AKTIF.**

Journal of Hazardous Materials, 106 B
(2004) 83-92

Pengelolaan Lumpur Limbah (*sludge*) merupakan bagian dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang memerlukan biaya yang sangat mahal. Cara pengolahan lumpur yang umum dilakukan adalah *dewatering*. Saat ini dikembangkan cara *Advanced Sludge Treatment* (AST) untuk meningkatkan kemampuan *dewatering* lumpur dan pembuangannya. AST adalah suatu teknologi pengolahan lumpur menggunakan proses hidrolisa termal, termokimia atau oksidasi kimia menggunakan hidrogen peroksida. Percobaan-percobaan mulai dari skala laboratorium sampai skala pilot telah dilakukan oleh penulis. Dalam proses AST, peranan penting ditentukan oleh bahan polimer ekstra seluler (EPS) karena EPS membentuk matriks biofilm yang sangat kuat menarik air dan didalamnya terdapat mikroorganisme. AST dapat mendegradasi EPS yang terdiri dari polisakarida dan protein yang merupakan komponen penahan air. Pada perlakuan secara termokimia dapat merusak protein polisakarida sangat cepat bila ditambahkan asam (23%) sedang bila hanya secara termohidrolisa hanya mampu merusak 13%. Akan tetapi dengan menggunakan hidrogen peroksida ternyata lebih efisien yaitu mampu merusak protein dan polisakarida 27%. Metoda AST dapat meningkatkan kemampuan *dewatering* Lumpur dalam dua cara, yaitu: (1) AST mendegradasi protein dan polisakarida EPS dengan menurunkan sifat-sifat pengikatan air dan (2) meningkatkan flokulasi dengan menurunkan jumlah flok-flok kecil.

2. Vaajasari Kati, Kulovaara Maaret, Joutti Anneli, Schultz Eija dan Soljamo Kari.

**SIFAT BAHAYA RESIDU CAT DARI
INDUSTRI FURNITURE**

Journal of Hazardous Materials 106 A
(2004) 71-79

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti 9 macam residu cat terhadap bahaya lingkungan dan mengevaluasi pembuangannya pada penimbunan limbah B3 dan non B3. Residu tersebut dihasilkan dari proses pengecatan furniture secara penyemprotan dan diklasifikasikan berdasar sifat leachate dan ekotoksikologinya seperti yang disyaratkan oleh European Standard SFS-EN 12457-2. Toksisitas dari air lindi diuji dengan bioassay terhadap tanaman, bakteri dan penghambat enzim. Total organik karbon, formaldehida dan konsentrasi pelarut dianalisa dari air lindi limbah padat. Formaldehida yang terlepas ke lingkungan tampaknya merupakan penyebab toksisitas akut yang sangat tinggi. Hipotesa tersebut berdasarkan kenyataan bahwa konsentrasi formaldehida pada air lindi dari test leachate 62-75 kali lebih tinggi daripada nilai EC₅₀ dari formaldehida. Contoh residu pelarut aromatik dengan TOC tertinggi adalah yang paling toksik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi kontak antara senyawa berbahaya yang terdapat pada limbah padat dengan air pada tempat penimbunan limbah. Penulis juga menunjukkan keuntungan dari memadukan pengujian kimia dan ekotoksikologi dalam menguji potensi bahaya lingkungan dari campuran organik kompleks yang ditemukan dalam limbah.

3. El Sayed A.Hegazy, H.Kamal, N.Maziad, A.M.Dessouki.

**PENGUNAAN MEMBRAN DARI MO-
NOMER BINARY DENGAN RADIASI**

GRAFTING UNTUK PENYERAPAN LOGAM BERAT DARI AIR LIMBAH INDUSTRI.

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 151(1999) 386-392

Membran sintetik yang terbuat dari radiasi grafting asam akrilat (AAc) dengan styrene (Sty) baik sebagai campuran monomer individu maupun monomer binary kedalam Polietilen dengan density rendah (LDPE) untuk menyerap logam-logam berat dari air limbah industri. Faktor faktor yang mempengaruhi dalam grafting juga diteliti seperti dosis iradiasi, konsentrasi monomer, komposisi comonomer dan pelarut yang digunakan. Sedangkan parameter dari fungsi derajat grafting adalah swelling behaviour, konduktivitas listrik, stabilitas thermal dan sifat-sifat mekanik dari membran. Membran yang dibuat mempunyai sifat listrik dan mekanis yang baik, stabilitas thermal yang tinggi dan mempunyai sifat yang baik dalam proses pemisahan. Membran yang digrafting juga mempunyai afinitas yang baik untuk mengabsorpsi atau membentuk chelat dengan ion Feri (Fe^{3+}) dan ion timbal (Pb^{2+}) baik pada campuran dengan logam berat lain atau larutan tunggal. Serapan ion feri meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan mencapai maksimum pada 60 menit. Perpanjangan waktu tidak menunjukkan perbedaan nyata dalam menyerap logam. Sedang untuk penyerapan kadmium maksimum serapannya setelah 20 menit.

4. Reed, BE, Vaughan Ronald and Jiang Liqiang.

PENGUNAAN FE-OKSIDA YANG DI-IMPREGNASIKAN KEDALAM KARBON AKTIF UNTUK MENURUNKAN ARSEN (III,V), MERKURI DAN TIMBAL.

Journal of Environmental Engineering, September 2000(869-873).

Penelitian tentang penurunan konsentrasi logam-logam As (III, V), Hg (II) dan Pb (II) dengan menggunakan ferioksida yang diresapkan (impregnasi) kedalam karbon aktif (FeAC). Impregnasi Feoksida dapat

meningkatkan pH dari karbon aktif dari 7,5 menjadi 8,2-8,7, tetapi tidak mengubah luas permukaan dan volume pori. Sejumlah asam atau basa diperlukan untuk mencapai pH yang ditentukan, diikuti impregnasi Feoksida yang ditunjukkan bahwa FeAC lebih aktif dari pada yang tidak dilakukan impregnasi. Penurunan konsentrasi logam merupakan fungsi dari pH. Penurunan konsentrasi logam meningkat dengan meningkatnya pH untuk logam Hg (II) dan Pb (II) dan menurun dengan meningkatnya pH untuk As(V). Pada penurunan logam As (III) tidak dipengaruhi oleh fungsi pH terutama di bawah pH 5. Penurunan konsentrasi logam meningkat dengan mencapai maksimum pada pH 7, kemudian akan turun dengan meningkatnya pH. Impregnasi ferioksida ini tampaknya lebih efektif untuk kontaminan anionik.

5. Whiteaker, Jeffrey R and Prather, Kimberly A.

DETEKSI RESIDU PESTISIDA PADA TIAP-TIAP PARTIKEL

Analytical Chemistry, Vol 75 No.1, January 2003

Aerosol Time of Flight Mass Spectrometer (ATOFMS) telah digunakan untuk menganalisa ukuran dan komposisi dari tiap-tiap partikel yang mengandung pestisida. Residu pestisida ditemukan di udara sebagai hasil dari proses penyempitan, penguapan dan bentuk suspensi yang melapisi tanah. Kemampuan ATOFMS mengidentifikasi adanya kontaminan pada tiap partikel yang dihitung untuk partikel yang dibentuk oleh larutan murni dan beberapa pestisida yang umum digunakan. Pestisida yang umum digunakan atau dipelajari adalah 2,4D, antrazine, chlorpyrifos, malathion, permethrine dan propoxur. Analisa mass spektro menghasilkan 1 dan 2 langkah penyerapan/ionisasi laser dari kandungan pestisida dalam partikel, diikuti dengan identifikasi dari puncak-puncak yang dapat digunakan untuk deteksi residu-residu pestisida pada ambient aerosol. Identifikasi puncak tersebut digunakan untuk memperkirakan deteksi

limit dari pestisida yang digunakan pada tanah yang merupakan tingkatan fraksi monolayer untuk tiap partikel. Teknik ini dapat digunakan untuk menganalisa waktu pemisahan yang nyata dan pendistribusian pestisida di udara segera setelah disemprotkan di daerah pertanian.

6. Jyh Cherng Chen, Ming Yen Wey and Zhen Shu Liu

MEKANISME PENYERAPAN LOGAM-LOGAM BERAT PADA SORBENT SELAMA PEMBAKARAN

Journal of Environmental Engineering, Vol 127 No.1, January 2001

Mekanisme penyerapan logam berat Cr, Cu, Pb dan Cd pada sorbent selama pembakaran dengan teknologi: Penyerapan panas dari logam-logam berat dengan sorbent, identifikasi jenis logam berat yang diserap dalam sorbent dengan

teknik difraksi sinar x, simulasi persamaan termodinamika dari logam berat dengan sorbent dan mikrofografi dari sorbent dengan mikroskop scanning electron. Hasil percobaan menunjukkan bahwa mekanisme penyerapan dari logam berat pada sorbent disebabkan penguapan dari jenis logam yang terbentuk pada temperatur tinggi dan reaktivitas kimia dengan sorbent. Untuk logam Cr dan Cu yang tidak mudah menguap, mekanisme penyerapan yang utama adalah reaksi kimia dan pembentukan partikel yang disebabkan kondensasi, koagulasi dan sedimentasi. Untuk logam Cd dan kebanyakan logam lain yang tingkat penguapannya tinggi maka mekanisme proses pertumbuhan partikel adalah penyerapan molekul secara fisika. Logam yang mudah menguap umumnya diserap pada permukaan sorbent. Sedang untuk Pb, mekanisme penyerapan secara kimia dan fisika.