

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERCETAKAN UANG KERTAS (UTAS) MENGGUNAKAN PROSES BIOLOGIS ANAEROB

Oleh :

Rudi Nugroho*, Ikbal *dan Nurtya Sulasmi**

*Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan - BPPT

** Mahasiswi Jurusan Bioteknologi - Institut Teknologi Indonesia

Abstract

A research of wastewater treatment technology come from money producing industry was conducted in laboratory scale using 10 lt of Anaerobic Fixed Bed Reactor. The money producing wastewater was treated by mixing with domestic wastewater with various compositions. The wastewater was fed into the bioreactor by draw and fill daily. The results show that the optimum of COD removal is 52,5%, optimum loading is 0, 95 g-COD/l/day and optimum flowrate is 0,5 l/day. The optimum composition of money producing wastewater towards domestic wastewater is 30%. These optimum conditions can be used as a designed criteria for full scale of anaerobic bioreactor in the money producing industry.

Katakunci : Wastewater, Anaerobic, Fixed Bed Reactor

1. PENDAHULUAN

Menurut Mahida (1984), limbah cair adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat yang komponen terbesarnya terdiri dari air yang telah digunakan dan kira-kira 0,1% terdiri dari benda-benda padat organik dan anorganik. Limbah cair juga menjadi tempat perkembangbiakan jasad renik seperti bakteri, virus, dan protozoa.

Limbah cair memberikan ciri yang dapat diidentifikasi secara visual dan secara pengujian di laboratorium. Identifikasi limbah cair secara visual dapat diketahui dari kekeruhan, warna limbah, rasa, dan bau yang ditimbulkan, tetapi kandungan senyawa kimia limbah cair harus diidentifikasi secara laboratorium untuk memastikannya. Pada umumnya di dalam limbah cair sering ditemukan padatan terlarut, padatan tidak larut, mikroorganisme, dan senyawa kimia organik (Gintings, 1992). Menurut sumbernya dapat dibedakan menjadi limbah cair domestik dan limbah cair industri (Rudi Nugroho, 2006).

Limbah cair domestic merupakan limbah yang dikeluarkan dari aktifitas manusia seperti mandi, cuci, kantin mushola dan lain sebagainya. Kandungan pencemar terbesar dari limbah cair ini adalah senyawa organik. dimana kuantitasnya antara (60-80)% dari rata-rata pemakaian air bersih (Rudi Nugroho, 2006). Sesuai dengan sumbernya, maka limbah cair domestik mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Secara garis besar karakteristik limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 1 (Metcalf and Eddy, 1991).

Limbah cair ndustri merupakan limbah cair yang dikeluarkan dari proses produksi di suatu industri.

Komposisi dari limbah cair ini sangat bervariasi tergantung dari jenis industri.

Secara umum kualitas limbah cair industri berbeda dengan limbah cair domestik. Kandungan organik dalam limbah cair domestik sebagian besar bersifat *biodegradable* artinya bisa diurai secara biologis. Sedangkan limbah cair industri belum tentu, kecuali industri-industri pemroses hasil pertanian dan industri peternakan. Limbah cair domestik maupun industri apabila tidak diolah dengan benar akan berdampak terhadap pencemaran lingkungan. Salah satu industri yang mengeluarkan limbah cair dengan kandungan polutan dengan konsentrasi yang sangat tinggi adalah limbah cair dari Industri Percetakan Uang.

Di Indonesia, Industri percetakan uang adalah PT. X yang berlokasi Daerah Kerawang Jawa Barat. Limbah cair yang dihasilkan berasal dari proses produksi uang kertas (utas) dan kegiatan domestik. Limbah dari proses utas merupakan bahan-bahan yang banyak mengandung tinta, minyak dan bahan kimia lainnya dengan karakteristik COD dan BOD sangat tinggi. Selain limbah cair utas, dengan banyaknya karyawan, maka limbah cair domestik seperti dari kantin, toilet karyawan, kamar mandi dan wastafel yang dihasilkan juga banyak, dan kedua jenis limbah ini sangat berpotensi sekali menimbulkan pencemaran lingkungan perairan sekitar apabila tidak dilakukan pengolahan dengan benar.

Dalam proses pembuatan uang kertas, menggunakan mesin cetak yang dinamakan mesin cetak intaglio. Mesin ini secara periodik dilakukan pembilasan sisa-sisa tinta yang menempel di permukaan cetakan menggunakan

larutan. Larutan yang digunakan untuk membilas terdiri dari campuran minyak jarak, sodium hidroksida dan air. Larutan ini dinamakan "wipping solution". Di Industri percetakan uang PT. X, proses pencucian berlangsung secara tertutup. Artinya larutan yang telah dipakai untuk mencuci diproses dan kemudian dipakai kembali. Namun setelah periode 3 bulan, larutan ini sudah tidak layak lagi sehingga harus diganti dengan larutan yang baru, sehingga menghasilkan limbah cair utas yang harus diolah.

Dari hasil survei lapangan dan diskusi dengan pihak industri, Industri percetakan uang ini menghasilkan limbah cair utas yang memiliki konsentrasi COD sekitar 60.000 – 80.000 mg/l dengan jumlah sekitar 150 m³ per 3 bulan, sedangkan untuk limbah cair domestiknya sekitar 120 m³/hari. Kedua limbah cair ini belum dilakukan pengelolaan dengan baik sehingga limbah cair yang dibuang ke lingkungan masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan pemerintah yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995.

Dalam makalah ini diulas mengenai hasil penelitian pengolahan limbah cair industri percetakan uang secara terpadu untuk limbah produksi utas dan kegiatan domestik. Penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan teknologi proses biologis anaerob skala laboratorium. Alat yang digunakan berupa bioreaktor Anaerob tipe unggun tetap (*Anaerobic Fixed Bed Reactor*). Umpan reaktor (influen) terdiri dari campuran limbah cair utas dalam limbah cair domestik dengan perbandingan tertentu.

2. TUJUAN

Penelitian ini bermaksud untuk mengkaji kinerja *Anaerobic Fixed Bed Reactor* untuk menurunkan polutan dalam limbah cair utas, ditinjau dari faktor konsentrasi limbah cair utas dalam limbah cair domestik dan faktor jumlah influen. Sedang tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan maksimal dari *Anaerobic Fixed Bed Reactor* dalam mendegradasi limbah cair utas dengan 3 parameter yang diamati yaitu nilai COD, pH, dan warna pada variasi konsentrasi limbah cair utas dan variasi jumlah influen. Pada akhirnya diharapkan akan diperoleh konsentrasi limbah cair utas, jumlah influen dan beban COD yang optimal. Selanjutnya kondisi yang optimal ini dapat digunakan untuk menentukan besarnya instalasi pengolahan limbah cair industri percetakan uang.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan

Limbah cair yang menjadi obyek penelitian ini adalah limbah cair utas yang merupakan cairan yang berasal dari pencucian mesin pencetak uang (Intaglio Printing), yang terdapat pada industri percetakan uang PT. X. Sedangkan mikroba yang digunakan dalam penelitian adalah mikroba anaerob yang diambil dari bioreaktor anaerob Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (IPAI RPH) Cakung. Dalam bioreaktor penelitian, mikroba ini tumbuh dan melekat pada media penyangga (*support material*) dengan tipe *bioball* yang terbuat dari plastik polietilen, berdiameter 4 cm, porositas 91%, berat jenis 0,97 kg/m³, luas permukaan 230 m²/m³ dan berwarna hitam. Media penyangga *bioball* tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Media Penyangga *Bioball*

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian adalah Bahan-bahan kimia penunjang untuk analisa meliputi akuades sebagai pelarut, larutan K₂Cr₂O₇ 0,25N sebagai reagen untuk analisa COD, H₂SO₄ pekat sebagai bahan untuk pembuat reagen COD, Ag₂SO₄ sebagai bahan pencampur dengan H₂SO₄ untuk pembuatan reagen yang digunakan untuk analisa COD, buffer 4 dan 7 sebagai bahan standarisasi untuk analisa pH, HCl dan kertas lakmus.

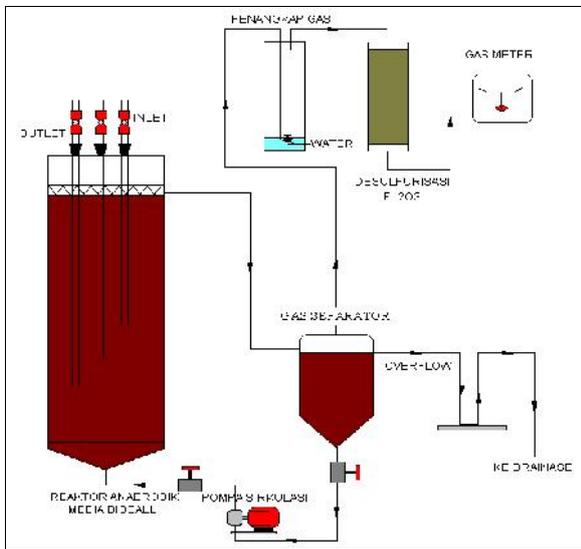
3.2. Peralatan

3.2.1. Peralatan Analisa

Peralatan utama analisa yang digunakan adalah HORIBA pH meter F-22, spektrofotometer Hach DR 2000, COD Reaktor Hach dan KOKUSAN *Sentrifuge* H-103 N series. Peralatan analisa penunjang adalah labu erlenmeyer, labu ukur 50 ml dan 100 ml, *beaker glass*, pipet ukur, propipet, botol COD, COD reaktor, ember, gayung, *siring glass* 100 ml, oven bersuhu 105°C, desikator, serta alat pemanas.

3.2.1. Peralatan Penelitian

Bioreaktor anaerob yang digunakan untuk mengolah limbah cair utas adalah tangki berbentuk silinder yang terbuat dari bahan akrilik dengan dimensi tinggi 48 cm, diameter 20 cm dan volume operasi 12 l. Pengadukan isi bioreaktor dilakukan dengan sirkulasi cairan di dalam bioreaktor dengan bantuan pompa sirkulasi jenis Iwaki Matering Pump dengan tipe Ex-B30VH-100S dengan kapasitas 100 ml/menit yang beroperasi 24 jam. Sirkulasi ini diperlukan untuk membebaskan biogas yang terbentuk serta menjaga homogenitas isi bioreaktor. Gambar 2 dan 3 adalah skema dan rangkaian peralatan yang digunakan untuk penelitian limbah cair Industri Percetakan Uang dengan proses pengolahan biologis anaerob.



Gambar 2. Skema Peralatan Penelitian Pengolahan Limbah Cair Percetakan Uang

Cara kerja bioreaktor anaerob ini diawali dengan memasukkan influen limbah cair ke dalam bioreaktor yang sudah berisi *bioball* dan mikroorganisme anaerob, lalu limbah tersebut dialirkan ke gas separator dengan bantuan pompa melalui *weir* dengan tujuan agar aliran limbah pelan-pelan atau laminar. Kemudian dari gas separator dialirkan kembali ke dalam bioreaktor dengan bantuan pompa pula.

Proses anaerob akan menghasilkan gas metan. Gas metan ini akan dibebaskan dalam gas separator selanjutnya akan mengalir ke pipa penangkap gas lalu ke bak desulfurisasi yang didalamnya berisi Fe_2O_3 . Fe_2O_3 berfungsi sebagai pengabsorpsi senyawa H_2S yang dihasilkan dari penguraian senyawa-senyawa sulfat dan merupakan senyawa racun bagi mikroorganisme serta bersifat korosif.

Pada gas separator terdapat dua pipa, yaitu pipa pertama yang menghubungkan

dengan bioreaktor anaerob dan pipa kedua untuk mengalirkan kelebihan cairan pada saat memasukkan influen. Pipa kedua ini berbentuk "U" yang di dalamnya terdapat air yang berfungsi agar udara dari luar tidak masuk sehingga kondisi di dalam bioreaktor akan tetap anaerob.



Gambar 3. Rangkaian Peralatan Penelitian Pengolahan Limbah Cair Percetakan Uang

3.3. Proses Penelitian

Pada awal penelitian, *bioball* dan 10 l lumpur mikroorganisme dimasukkan ke dalam bioreaktor anaerob. Mikroorganisme yang digunakan berasal dari bioreaktor anaerob RPH Cakung dan sebelum penelitian dilakukan, mikroorganisme ini telah digunakan untuk mengolah limbah cair pewarna rambut. Setelah itu dimasukkan influen limbah cair ke dalam bioreaktor.

Pengolahan limbah cair utas pada proses anaerob ini dilakukan secara *draw and fill* yaitu pengambilan sampel dari bioreaktor anaerob untuk analisa terlebih dahulu lalu memasukkan limbah cair utas. Pada penelitian ini akan dicoba konsentrasi limbah cair utas yang berbeda-beda, yaitu 5%, 20%, 30%, dan 40% limbah cair utas dalam limbah cair domestik. Setiap konsentrasi limbah cair utas dalam limbah cair domestik dilakukan pula variasi jumlah umpan atau influen mulai dari 0,25 l/hari, 0,50 l/hari, 0,75 l/hari, dan 1 l/hari secara *draw and fill*.

Limbah cair utas sebelum digunakan sebagai influen dilakukan penetralan. Pada awalnya dilakukan percobaan dengan konsentrasi limbah cair utas dan jumlah influen terendah, yaitu konsentrasi limbah cair utas 5% dengan jumlah influen 0,25 l/hari. Dalam percobaan ini, dilakukan analisa COD, pH, dan

warna dari influen maupun efluen setiap harinya. Dengan analisa tersebut akan mendapatkan nilai efisiensi penurunan COD. Efisiensi penurunan COD ini merupakan parameter dalam keseharian penelitian untuk perubahan atau pergantian jumlah influen dan konsentrasi limbah cair utas. Pergantian jumlah influen dan konsentrasi limbah cair utas dilakukan apabila diperoleh tingkat efisiensi penurunan COD yang stabil. Rumus efisiensi penurunan COD yaitu :

$$\text{Efisiensi penurunan COD (\%)} = (a - b) \times 100\%$$

keterangan : a = konsentrasi COD influen (mg/l)
b = konsentrasi COD efluen (mg/l)

Apabila sudah terlihat stabil, tetapi efisiensi penurunan COD masih dibawah 50%, maka dilakukan penambahan jumlah influen menjadi 0,5 l/hari dengan konsentrasi limbah cair utas tetap 5%. Selanjutnya dilihat efisiensi penurunan COD setiap hari sampai diperoleh kondisi stabil. Begitu pula dengan besarnya efisiensi penurunan COD dilihat apakah lebih rendah atau lebih tinggi dari sebelumnya.

Pada kondisi nilai efisiensi penurunan COD lebih rendah dari jumlah influen sebelumnya, maka dilakukan penurunan jumlah influen agar mikroorganisme tidak mengalami beban yang cukup tinggi untuk mendegradasi limbah cair dalam bioreaktor. Akan tetapi apabila kondisi nilai efisiensi penurunan COD lebih tinggi dari sebelumnya, maka dilakukan penambahan jumlah influen atau penambahan konsentrasi limbah cair utas.

Demikian seterusnya, dilakukan percobaan dengan memvariasikan konsentrasi limbah cair utas dan jumlah influen setiap hari sampai dicapai kondisi yang optimum. Kondisi optimum dicapai apabila efisiensi penurunan COD tinggi, waktu tinggal yang singkat dengan beban COD yang tinggi pula.

Konsentrasi limbah cair utas dalam limbah cair domestik dan jumlah influen berhubungan terhadap kinerja mikroorganisme dalam mendegradasi limbah cair. Nilai Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) dan beban COD adalah diantaranya. WTH adalah waktu tinggal atau lamanya mikroorganisme mendegradasi limbah cair (influen) dalam suatu bioreaktor. Rumus dari WTH ini adalah :

$$\text{WTH (hari)} = \frac{\text{volume bioreaktor (l)}}{\text{jumlah influen (l/hari)}}$$

Sedangkan beban COD adalah jumlah polutan yang masuk ke dalam suatu bioreaktor per satuan waktu, dinyatakan dalam g COD per liter

volume reaktor per hari. Rumus beban COD adalah sebagai berikut:

Beban COD (g/l.hari)

$$= \frac{\text{Jmlh influen (l/hari)} \times \text{konsentrasi COD (g/l)}}{\text{Volume reaktor (l)}}$$

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Analisa Komposisi Limbah Cair

Tabel 2 menunjukkan hasil analisa laboratorium limbah cair utas yang diambil dari proses pencucian mesin cetak uang kertas. Nilai *Total Suspended Solid* (TSS) limbah cair utas ini sebesar 1.660 mg/l, merupakan angka yang sangat tinggi melebihi baku mutu KEPMEN-51 tahun 1995 yaitu sebesar 400 mg/l. Sedang untuk warna mempunyai nilai 1.341 PtCo yang dalam baku mutu parameter warna ini tidak ada ketentuannya. Untuk nilai pH, BOD₅, COD, dan *Metylen Blue Active Substance* (MBAS) berturut-turut yaitu 12, 18.960 mg/l, 64.200 mg/l, dan 12,06 mg/l yang apabila dikaitkan dengan baku mutu KEPMEN-51 tahun 1995 sebesar 6-9, 150 mg/l, 300 mg/l, dan 10 mg/l, semuanya berada di atas baku mutu.

Tabel 2. Komposisi Limbah Cair Industri Percetakan Uang

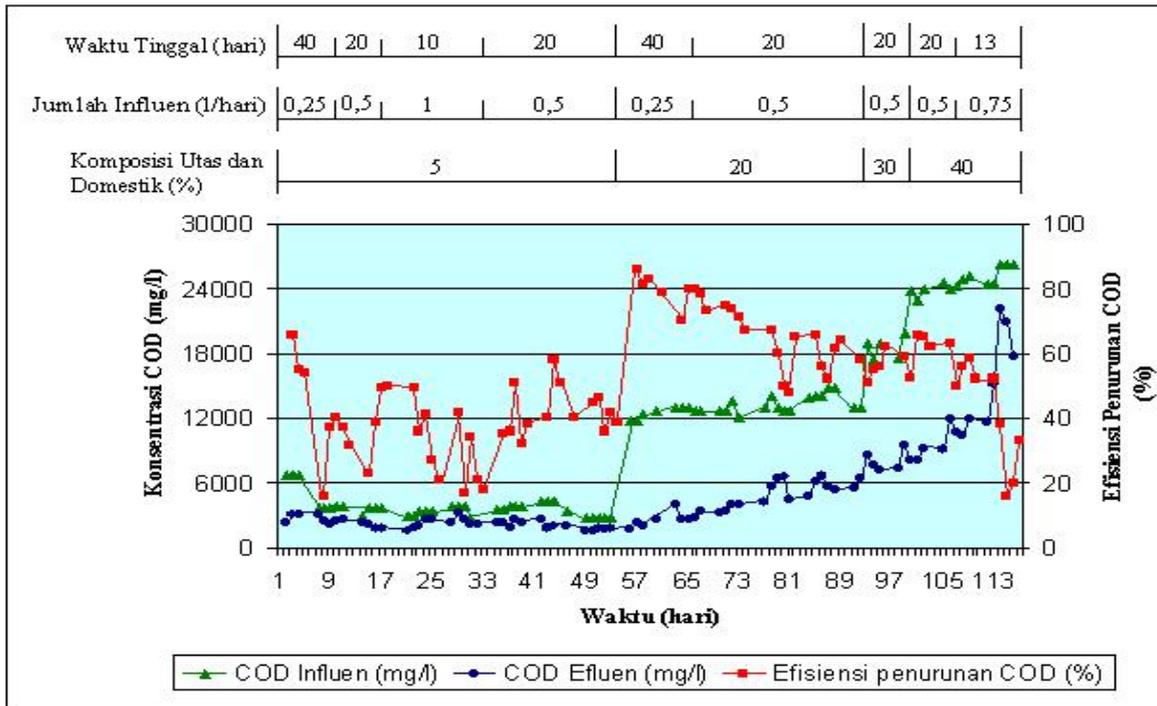
No.	Parameter	Satuan	Hasil
A. Fisika			
1.	TSS	mg/l	1.600
2.	pH	-	12
3.	Warna	PtCo	1.341
B. Kimia			
1.	BOD ₅	mg/l	18.960
2.	COD	mg/l	64.200
3.	MBAS	mg/l	12,06
4.	Minyak & Lemak	mg/l	0,6

4.2. Hasil Penelitian Konsentrasi COD

Gambar 4 memperlihatkan hubungan perbedaan jumlah influen dan konsentrasi limbah cair utas dalam limbah cair domestik pada perubahan konsentrasi COD dan efisiensi penurunan COD. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa pada konsentrasi limbah cair utas 5% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,25 l/hari, 0,5 l/hari, 1 l/hari, dan 0,5 l/hari pada waktu tinggal 40 hari, 20 hari, 10 hari, dan 20 hari menghasilkan efisiensi

penurunan COD berturut-turut sebesar 37%, 47%, 21% dan 34%. Terlihat bahwa efisiensi penurunan COD pada konsentrasi limbah cair utas 5% dalam limbah cair domestik nilainya masih dibawah 50% untuk setiap variasi jumlah influen. Sedang untuk konsentrasi limbah cair utas 20% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,25 l/hari dan 0,50 l/hari pada waktu tinggal 40 hari dan 20 hari diperoleh efisiensi penurunan COD sebesar 80% dan 51%. Konsentrasi limbah cair utas 30% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,50 l/hari

pada waktu tinggal 20 hari menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 52,5%. Percobaan terakhir yang dilakukan dengan konsentrasi limbah cair utas 40% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,50 l/hari dan 0,75 l/hari dengan waktu tinggal 20 hari dan 13 hari diperoleh efisiensi penurunan COD sebesar 50% dan 33%. Pada konsentrasi limbah cair utas 40% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,75 l/hari menghasilkan nilai efisiensi penurunan COD semakin rendah pada hari-hari berikutnya.



Gambar 4. Grafik Hubungan Perbedaan Jumlah Influen Dan Konsentrasi Limbah Cair Utas Pada Konsentrasi COD Dan Efisiensi Penurunan COD

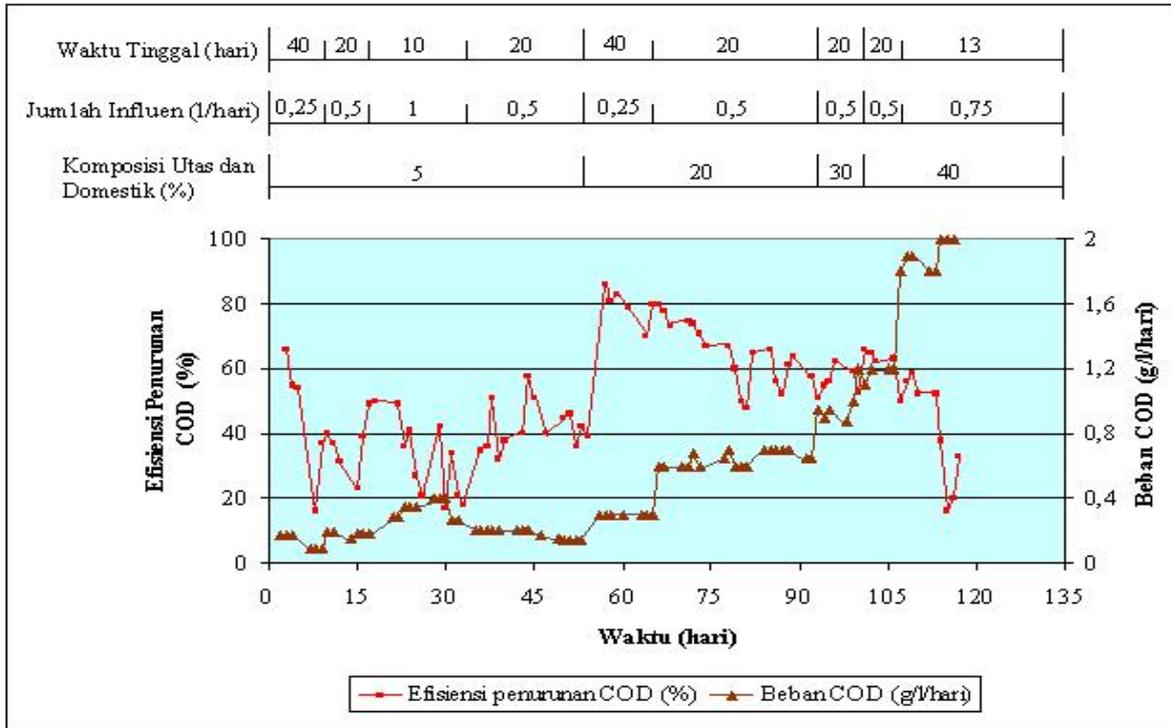
Gambar 5 memperlihatkan hubungan perbedaan jumlah influen dan konsentrasi limbah cair utas pada efisiensi penurunan COD dan beban COD. Pada konsentrasi limbah cair utas 5% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,25 l/hari, 0,5 l/hari, 1 l/hari, dan 0,5 l/hari menghasilkan beban COD berturut-turut sebesar 0,09 g/l.hari, 0,18 g/l.hari, 0,35 g/l.hari, dan 0,18 g/l.hari. Sedang untuk konsentrasi limbah cair 20% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,25 l/hari dan 0,50 l/hari menghasilkan beban COD sebesar 0,3 g/l.hari dan 0,6 g/l.hari. Konsentrasi limbah cair utas 30% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,50 l/hari memperoleh beban COD sebesar 0,95 g/l.hari. Percobaan terakhir pada konsentrasi limbah cair utas 40% dalam limbah cair domestik dengan jumlah influen 0,50 l/hari dan 0,75 l/hari diperoleh beban COD sebesar 1,2 g/l.hari dan 1,8 g/l.hari.

Berdasarkan Gambar 4, pada konsentrasi limbah cair utas 5% dalam limbah cair domestik, efisiensi penurunan COD terlihat masih di bawah 50% dikarenakan proses anaerob tidak cocok untuk mengolah limbah dengan konsentrasi polutan yang sangat rendah. Sedang untuk konsentrasi limbah cair utas 40% dalam limbah cair domestik dengan jumlah umpan 0,75 l/hari, menghasilkan konsentrasi COD efluen naik secara drastis sehari setelah penambahan. Naiknya konsentrasi COD menyebabkan efisiensi penurunan COD menjadi turun tajam. Disini dapat disimpulkan bahwa kondisi *over load* di dalam bioreaktor sudah tercapai sehingga tidak dapat diteruskan lagi proses degradasi limbah secara anaerob.

Apabila dilihat pada Gambar 5, maka didapatkan konsentrasi limbah cair utas yang optimum yaitu sebesar 30% dalam limbah cair domestik. Pada konsentrasi limbah cair utas 30%

dengan jumlah influen 0,5 l/hari dan beban COD 0,95 g/l.hari menghasilkan efisiensi penurunan COD 52,5% serta memiliki waktu tinggal 20 hari. Kondisi yang optimum tersebut adalah kondisi dimana efisiensi penurunan COD tinggi pada

waktu tinggal yang singkat dengan beban COD yang tinggi pula dan merupakan perpotongan antara garis efisiensi penurunan COD dan kenaikan beban COD.



Gambar 5. Grafik Hubungan Perbedaan Jumlah Influen Dan Konsentrasi Limbah Cair Utas Pada Efisiensi Penurunan COD Dan Beban COD

Kondisi optimum ini nantinya akan dapat digunakan untuk merencanakan besarnya bioreaktor anaerob yang dapat diterapkan di Industri Percetakan Uang. Pada kondisi optimum dengan konsentrasi COD limbah cair yang masuk ke bioreaktor 19.900 mg/l dapat menghasilkan konsentrasi COD air hasil olahan 9450 mg/l. Konsentrasi COD air olahan ini masih tergolong tinggi sehingga perlu proses lanjutan untuk dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Pada proses anaerob ini memiliki waktu tinggal yang optimum selama 20 hari yang merupakan waktu tinggal cukup lama karena berdasarkan Tabel 3, pada umumnya kinerja proses anaerob dari berbagai jenis limbah cair kurang dari 20 hari (Eckenfelder, 1989).

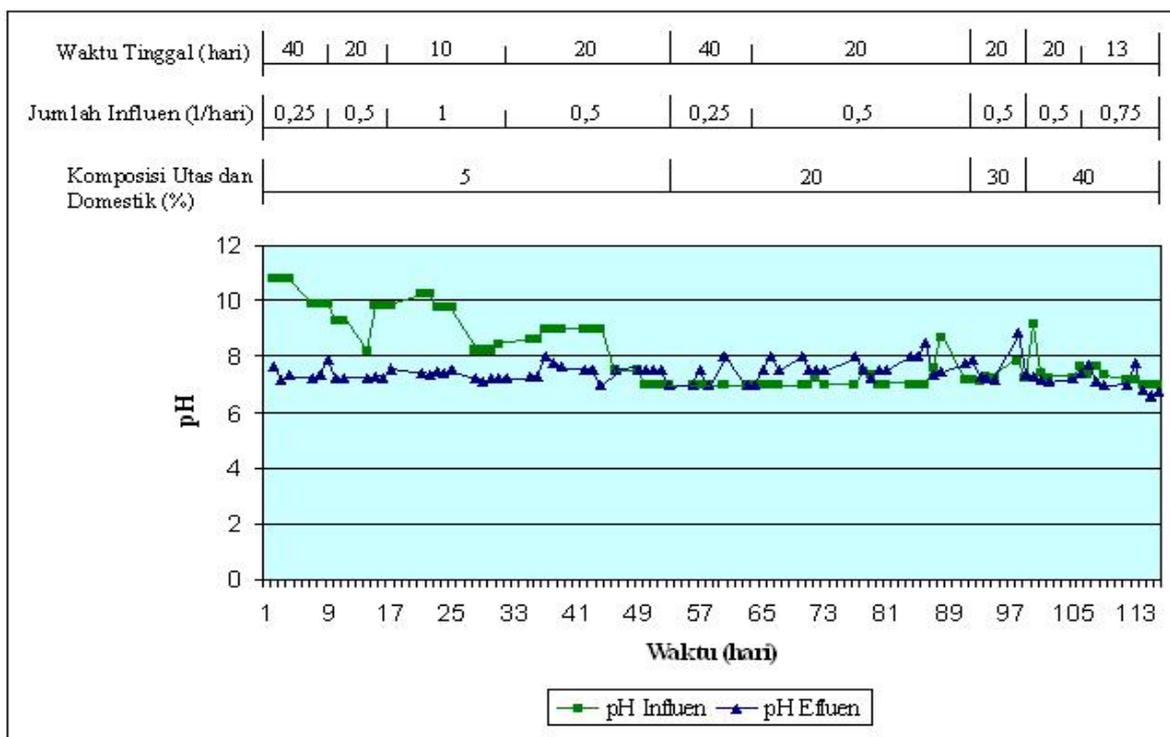
4.3. Hasil Penelitian Nilai pH

Gambar 6 memperlihatkan hubungan perbedaan jumlah influen dan konsentrasi limbah cair utas pada perubahan nilai pH. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada hari ke 1 sampai dengan hari ke 43, nilai pH influen bioreaktor berkisar 8-11. Kemudian kenaikan

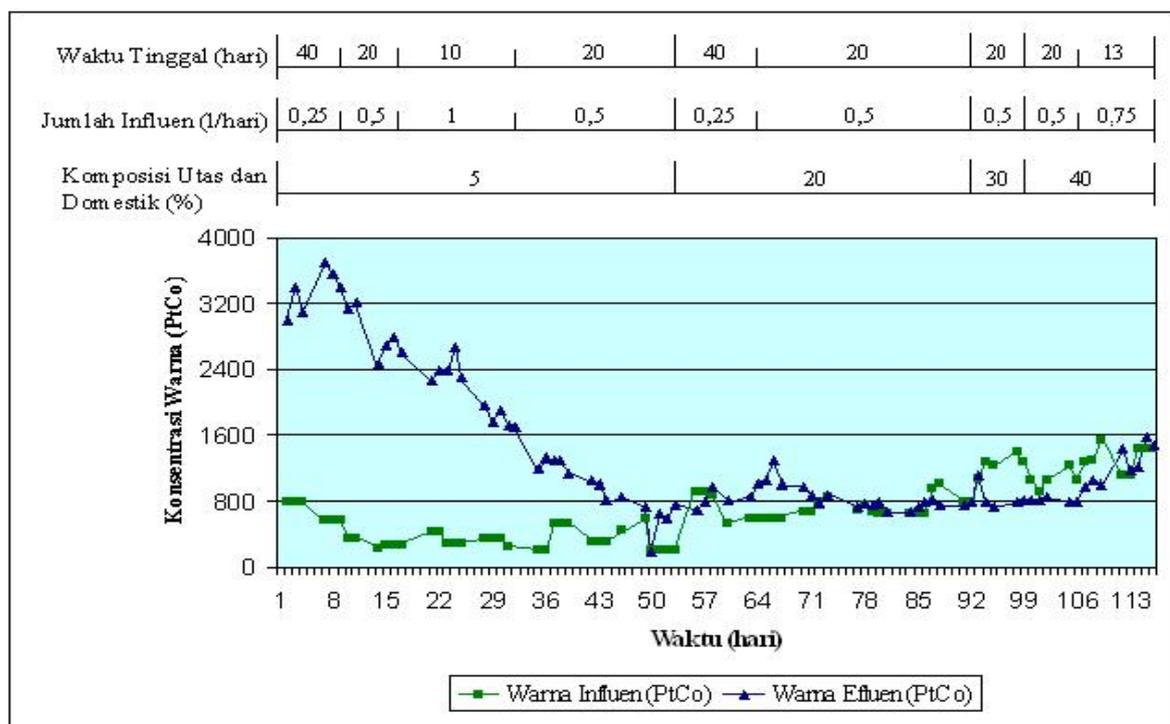
jumlah influen yang dilakukan secara bertahap dari 0,25 l/hari sampai dengan 1 l/hari juga hampir tidak mempengaruhi pH dalam bioreaktor. Selama penelitian berlangsung, nilai pH effluen tetap netral dan stabil berkisar antara 7-8.

Dengan netralnya pH pada effluen, dapat disimpulkan bahwa jumlah influen, konsentrasi limbah cair utas dalam limbah cair domestik, dan waktu tinggal tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai effluen pH. Netralnya pH disebabkan oleh seimbangannya reaksi-reaksi yang terjadi pada proses anaerob, yaitu reaksi antara *Acetogenesis* dan *Methanogenesis*.

Pada proses *Acetogenesis* akan menghasilkan asam asetat, H₂, dan CO₂. Asam asetat ini di dalam air dapat menurunkan nilai pH. Akan tetapi pada proses terakhir dalam pengolahan limbah cair secara anaerob, yaitu *Methanogenesis*, CO₂ akan direaksikan dengan H₂ oleh bakteri metan yang menghasilkan gas metan dan H₂O. Selain itu senyawa NH₃ dari hasil penguraian senyawa organik pada proses anaerob akan bereaksi dengan H₂O membentuk NH₄OH yang dapat menaikkan nilai pH, sehingga didapatkan pH limbah cair hasil olahan dari bioreaktor anaerob (effluen) stabil.



Gambar 6. Grafik Hubungan Perbedaan Jumlah Influen Dan Konsentrasi Limbah Cair Utas Pada Perubahan Nilai Ph



Gambar 7. Grafik Hubungan Perbedaan Jumlah Influen Dan Konsentrasi Limbah Cair Utas Pada Perubahan Nilai Konsentrasi Warna

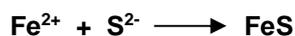
4.4. Hasil Penelitian Konsentrasi Warna

Gambar 7 memperlihatkan hubungan perbedaan jumlah influen dan konsentrasi limbah cair utas pada perubahan nilai konsentrasi warna yang diamati selama 115 hari. Seperti terlihat pada gambar tersebut, konsentrasi warna pada awal penelitian sangat tinggi yaitu pada hari pertama sampai dengan hari ke 42. Akan tetapi mulai hari ke 43 sampai dengan hari ke 91 konsentrasi warna influen dan efluen stabil dan kecenderungannya hampir sama yaitu sekitar 800 PtCo.

Pada pengamatan visual dan analisa warna untuk sampel-sampel hasil penelitian, konsentrasi influen limbah cair utas 5% berwarna kuning dikarenakan kandungan limbah cair utasnya lebih sedikit dibanding dengan kandungan limbah cair domestik atau dapat dikatakan mengalami pengenceran. Pada konsentrasi limbah cair utas 20%, efluennya berwarna coklat muda dibanding warna influen yang berwarna kuning tua kemungkinan dikarenakan mikroorganisme dapat mendegradasi limbah cair tersebut lebih sempurna.

Sedang untuk konsentrasi limbah cair utas 30%, warna limbah cair efluen lebih jernih dibanding influen yaitu 1275 PtCo untuk konsentrasi influen dan 825 PtCo untuk konsentrasi efluen. Penurunan warna ini sebagai akibat terjadinya proses degradasi polutan atau senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada konsentrasi limbah cair utas 40%, konsentrasi warna efluen lebih tinggi dibanding konsentrasi warna influen yaitu 1475 PtCo untuk efluen dan 1450 PtCo untuk influen. Kondisi ini kemungkinan disebabkan karena mikroorganisme yang berada di dalam bioreaktor anaerob tidak dapat mendegradasi limbah cair tersebut atau mikroorganisme mengalami *over load*.

Pada kondisi konsentrasi warna efluen lebih tinggi dari pada konsentrasi warna influen, kemungkinan dikarenakan unsur sulfida dalam limbah cair bereaksi dengan logam berat seperti besi (Fe) sehingga membentuk FeS. Senyawa FeS ini berwarna kehitaman sehingga mempengaruhi warna di dalam limbah cair. Menurut Svehla, G. (1979), reaksi sulfida dengan logam berat Fe dapat dilihat seperti di bawah ini :



5. KESIMPULAN

Teknologi pengolahan limbah cair untuk industri percetakan uang (utas) dapat dilakukan dengan menggunakan *Anaerobic Fixed Bed Reactor* Dalam penelitian proses pengolahannya,

limbah cair utas ini dicampur dengan limbah cair domestik. Dari data penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Anaerobic Fixed Bed Reactor* dapat mendegradasi polutan organik yang ada dalam limbah cair utas. Kondisi yang optimum pada prosesnya yaitu dengan perbandingan konsentrasi limbah cair utas 30% dalam limbah cair domestik, jumlah umpan 0,5 l/hari, beban COD 0,95 g/l.hari, dan waktu tinggal 20 hari. Pada kondisi optimum ini efisiensi penurunan COD yang dapat dicapai adalah sebesar 52,5%, yaitu COD dapat turun dari 19.900 mg/l menjadi 9.450 mg/l.
2. Nilai pH efluen dari bioreaktor anaerob berkisar 7-8 dan sudah memenuhi baku mutu. Sedangkan konsentrasi warna efluen masih pada angka 825 Pt.Co.

B. Saran

Limbah cair utas hasil pengolahan dari efluen bioreaktor anaerob konsentrasinya dalam hal ini konsentrasi COD masih tinggi sehingga perlu diolah lebih lanjut dengan proses biologis aerob sebelum dibuang ke perairan.

Adapun teknologi proses aerob yang dapat diterapkan untuk pengolahan lanjutan efluen bioreaktor anaerob diantaranya adalah sistem lumpur aktif, sistem Rotating Bio Contactor atau sistem lagoon. Dan ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alaerts, G. A. dan S. S. Santika. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
2. Eckenfelder, W. Wesley. 1989. *Industrial Water Pollution Control*. Mc Graw-Hill, Inc. Singapura.
3. Gintings, P. 1992. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
4. Ikkal, 2006. *Teknologi Pengolahan Limbah Sistem Anaerobik dan Pemanfaatan Biogas Sebagai Sumber Energi*. PTL-BPPT. Jakarta.
5. Japanese Industrial Standards Committee (JIS). 1989. *Testing Methods for Industrial Wastewater*. Japanese Standards Association. Tokyo.
6. Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Terjemahan G. A. Ticoalu. CV Rajawali. Jakarta.
7. Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. 3rd edition. Mc Graw-Hill, Inc. USA.

8. Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engeneering : Treatment and Reuse*. 4th edition. Mc Graw-Hill, Inc. USA.
9. Nugroho, R. 2005. *Proses Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Lumpur Aktif*. PTL-BPPT. Jakarta.
10. Nugroho, R. 2006. *Pemilihan Teknologi yang Tepat untuk Pengolahan Air Limbah Domestik di Perkotaan*. PTL-BPPT. Jakarta.
11. Scragg, A. H. 1991. *Bioreactors in Biotechnology : A Practical Approach*. Ellise Horwood Limited. England.
12. Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI-Press. Jakarta.
13. Svehla, G. 1979. *Vogel : Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Bagian I. Longman Group Limited. London.

LAMPIRAN

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Domestik

Kontaminan	Satuan	Kelas dan Konsentrasi		
		Lemah	Sedang	Kuat
Total Solid (TS)	mg/l	350	700	1200
- Terlarut, Total (TDS)	mg/l	250	500	850
= Tetap	mg/l	195	300	525
= Volatil	mg/l	105	200	325
- Padatan Suspensi (SS)	mg/l	100	200	350
= Tetap	mg/l	30	50	75
= Volatil	mg/l	70	150	275
Padatan Terendapkan	mg/l	5	10	20
BOD ₅ , 20°C	mg/l	100	200	300
TOC	mg/l	100	200	300
COD	mg/l	250	500	1000
Nitrogen (Total sbg N)	mg/l	20	40	85
- Organik	mg/l	8	15	35
- Ammonia Bebas	mg/l	12	25	30
- Nitrit	mg/l	0	0	0
- Nitrat	mg/l	0	0	0
Pospor (Total sbg P)	mg/l	6	10	20
- Organik	mg/l	3	3	5
- Anorganik	mg/l	4	7	15
Klorida	mg/l	20	50	100
Sulfat	mg/l	20	30	50
Alkalinitas (sbg CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Lemak (Grease)	mg/l	50	100	150
Total coliform	nol/100 ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹
VOC	µg/l	< 100	100 - 400	> 400

Tabel 3. Kinerja Proses Pengolahan Anaerob Dari Berbagai Jenis Limbah

Wastewater	Proses	Beban kg/(m ³ .hari)	WTH (hari)	Suhu (°C)	Removal (%)
<i>Meat packing</i>	<i>Anaerob</i>	3,2 (BOD)	12	30	95
<i>Meat packing</i>	<i>contact</i>	2,5 (BOD)	13,3	35	95
<i>Keiring</i>		0,085 (BOD)	62,4	30	59
<i>Slaughter house</i>		3,5 (BOD)	12,7	35	95,7
<i>Citurs</i>		3,4 (BOD)	32	34	87
<i>Synthetic</i>	<i>Upflow</i>	1,0 (COD)	-	25	90
<i>Pharmaceutical</i>	<i>filter</i>	3,5 (COD)	48	35	98
<i>Pharmaceutical</i>		0,56 (COD)	36	35	80
<i>Gaur gum</i>		7,4 (COD)	24	37	60
<i>Rendering</i>		2,0 (COD)	36	35	70
<i>Landfill leachate</i>		7,0 (COD)	-	25	89
<i>Paper-mill foul</i>		10-15 (COD)	24	35	77
<i>Condensate</i>					
<i>Synthetic</i>		0,8-4,0 (COD)	0,33-6	10-3	80
<i>Paper-mill foul</i>	<i>Expanded</i>	35-48 (COD)	8,4	35	88
<i>Condensate</i>	<i>bed</i>				
<i>Skimmed milk</i>		71 (COD)	5,3	30	90
<i>Sauerkraut</i>	USAB	8-9 (COD)	-	-	90
<i>Potato</i>		25-45 (COD)	4	35	93
<i>Sugar</i>		22,5 (COD)	6	30	94
<i>Champagne</i>		15 (COD)	6,8	30	91
<i>Sugar beet</i>		10 (COD)	4	35	80
<i>Brewery</i>		95 (COD)	-	-	83
<i>Potato</i>		10 (COD)	-	-	90
<i>Paper-mill foul</i>		4-5 (COD)	70	35	87
<i>Condensate</i>					
<i>Potato</i>		0,2 (COD)	360	25	90
<i>Corn starch</i>	ADI-BFV	0,45 (COD)	168	35	85
<i>Dairy</i>		0,32 (COD)	240	30	85
<i>Confectionary</i>		0,51 (COD)	336	37	85