

Karakterisasi Proses Anaerobik Perombakan Substrat Multi-Karbon dengan Teknologi Sel Amobil

Joni Agustian,^{1,*} Lilis Hermida¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

*E-mail: joni.agustian@eng.unila.ac.id

Abstrak

Pengolahan limbah cair secara anaerobik untuk campuran limbah cair dari industri tapioka, gula dan pengolahan minyak kelapa sawit merupakan proses berprospek baik karena senyawa karbon dalam limbah cair cukup tinggi. Umpan campuran limbah cair dengan perbandingan tertentu diolah dengan proses anaerobik sel amobil UASB skala laboratorium. Evaluasi dilakukan terhadap konsentrasi COD dengan beban maksimal 15.000 mg/L, waktu tinggal hidrolis 10-20 jam, pH dan nutrisi umpan yang alami dan dikontrol dimana perbandingan volume 1:1:12 dibuat agar diperoleh kandungan COD campuran awal diatas 15.000 mg/L. Campuran limbah cair menghasilkan influen yang berwarna coklat keruh dengan pH sekitar 5. Reduksi kandungan COD pada setiap kelompok eksperimen berada pada rentang yang cukup baik, yaitu sekitar 67,07%-82,52% pada laju beban organik 6-36 kgCOD/m³/hari. Kondisi pH-nutrisi alami menghasilkan tingkat reduksi COD yang lebih besar daripada kondisi limbah cair yang memiliki pH dan nutrisi dikontrol. Jumlah gas yang diakumulasi berada pada rentang rata-rata 140-370 mL/jam. Pada kondisi pH 5,5-6,5 proses degradasi COD limbah cair campuran berjalan lebih maksimal daripada biodegradasi dengan kondisi pH yang cenderung asam atau mendekati 7. Proses biodegradasi dengan pH kontrol menghasilkan reduksi COD sebesar 42-92%, sedangkan reduksi COD pada kondisi pH alami adalah lebih tinggi (sekitar 61-97%).

Kata kunci: Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor, Limbah Cair Tapioka, Limbah Cair Gula, Limbah Cair Kelapa Sawit.

1. Pendahuluan

Keberadaan industri gula tebu, tepung tapioka dan *crude palm oil* (CPO) telah meningkatkan pendapatan dan penyediaan lapangan kerja di propinsi Lampung. Tetapi proses produksi ketiga jenis industri ini menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar dengan konsentrasi COD dan BOD yang tinggi, sehingga harus diolah sebelum dialirkan ke pembuangan akhir (lingkungan badan air) agar ramah lingkungan.

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ketiga jenis industri tersebut bersifat open-circuit on-factory dimana limbah cair diolah dalam kolam-kolam terbuka (*lagoon/pond*) yang berlokasi di area pabrik secara anaerobik/anaerobik fakultatif untuk waktu tinggal yang cukup

lama. Sistem proses biologi konvensional tersebut efektif menyisihkan kandungan karbon, nitrogen dan fosfor limbah cair.

Proses *open-circuit* tersebut sering menimbulkan masalah seperti bau busuk dan kebutuhan area kolam pengolahan yang relatif luas. Lebih dari itu, karena bersifat anaerobik, terjadi pelepasan gas metana (CH₄) ke udara terbuka sehingga dapat mencemari lapisan atmosfer. Oleh karena itu sangat dibutuhkan penerapan pengolahan limbah cair yang bersifat closed-circuit seperti teknologi proses berbasis reaktor UASB yang telah banyak dipakai didunia (Pol dkk, 1998; van Lier, 2006).

Penerapan pengolahan limbah cair secara *on-factory* didasarkan atas kewajiban pabrik untuk mengolah buangan/limbah

yang dihasilkan. Hal tersebut mengakibatkan pihak pabrik harus menyediakan pembiayaan investasi dan pengoperasian unit IPAL. Sistem pond/lagoon tersebut digunakan pihak industri dengan pertimbangan faktor biaya pengolahan yang relatif rendah dibandingkan metode pengolahan lainnya (Metcalf dan Eddy, 1991) dan unit IPAL menghasilkan produk yang tidak dapat dijual. Dengan beban pengeluaran tersebut, harga jual produk pabrik menjadi lebih tinggi. Agar proses produksi pabrik memiliki biaya yang relatif rendah dan pihak pabrik dapat lepas dari beban mutu limbah cair, salah satu cara adalah mengubah karakter IPAL dari *on-factory* menjadi *off-factory*. Hal tersebut sangat menguntungkan pihak pabrik. Lebih dari itu, lahan/area untuk unit IPAL dapat dikonversi ke lahan perkebunan, sehingga produksi dapat bertambah.

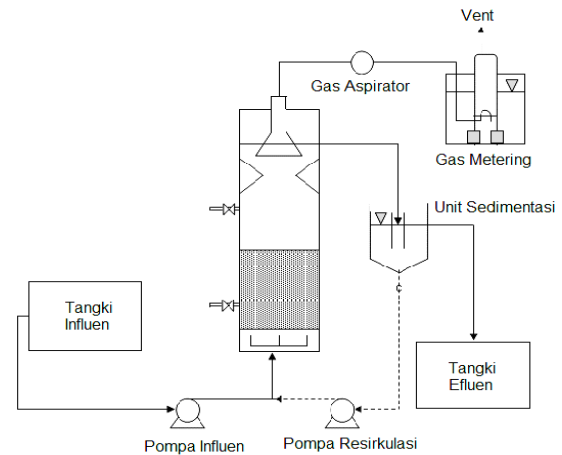
Berdasarkan uraian diatas, penelitian tentang karakterisasi proses anaerobik perombak substrat multi-karbon dengan teknologi sel terimobilisasi UASB (upflow anaerobik sludge blanket) berguna mengkaji pengembangan IPAL *closed-circuit* yang mengolah limbah cair dari industri-industri tersebut (*off-factory*), sehingga upaya untuk mewujudkan suatu industri dengan prinsip *wastewater treatment, energy generation and water preparation* dapat diterapkan.

2. Metodologi

Sistem proses yang akan digunakan (Gambar 1) terdiri atas tangki influen (1 unit, 20L), pompa peristaltik (2 unit), reaktor UASB (akrilik, 1 unit, 2,5 L, ϕ 10 cm), tangki settler (1 unit, 1 L), tangki effluent (1 unit, 20L) dan unit pengukur gas (1 unit, 1 L). Reaktor UASB dilengkapi dengan unit kolektor gas (1 unit), sampling ports dan baffle.

Setiap limbah cair diukur nilai pH, COD (total), kandungan zat padat (TSS),

kandungan nitrogen (total), kandungan fosfat (total fosfat) dan kekeruhan (APHA, 1992).



Gambar 1. Sistem proses UASB

Observasi inderawi juga dilakukan untuk mengetahui kondisi limbah cair secara cepat. Stok limbah cair industri yang disimpan dalam tangki penampungan dicampur dengan perbandingan yang telah ditetapkan untuk umpan ke reaktor UASB, dan diatur pH-nya sekitar 6,5 (Metcalf dan Eddy, 1991) dengan penambahan sodium hidroksida 0,1 M (Fang dan Chui, 1993). Umpan limbah cair campuran diatur pada beban konsentrasi proses yang diperoleh dengan pengenceran larutan stok campuran. Kandungan nutrisi umpan diatur pada rasio COD:N:P = 300:5:1 dengan penambahan urea dan TSP sebagai sumber nitrogen dan fosfat (Anh, 1998). Lumpur berasal dari unit IPAL PPKS yang menggunakan proses anaerobik lagoon. Lumpur diambil dari bagian dasar dengan alat khusus sekitar 2 liter dan kemudian disimpan dalam jeriken yang ditutup rapat. Lumpur inokulum disimpan dalam lemari pendingin sebelum digunakan. Seeding reaktor UASB dilakukan dengan menginokulasi lumpur inokulum sebesar 40-60% volume kerja reaktor. Selanjutnya umpan dengan konsentrasi awal sekitar 2.500 mg/L dengan pH sekitar 6,5 dialirkan secara batch recycle untuk jangka waktu 15 hari. Selama proses start-up tersebut,

observasi difokuskan pada reduksi konsentrasi COD. pH influen diamati setiap hari, jika pH umpan kurang dari 5 maka dialirkan umpan baru kedalam reaktor UASB.

Proses kontinyu baru dapat dilaksanakan setelah perombakan kandungan karbon mencapai 80%. Dalam tahap ini, dilakukan beberapa variasi untuk dilihat pengaruhnya terhadap kinerja proses anaerobik UASB, yaitu: a) konsentrasi COD umpan: 2.500, 5.000, 10.000, 15.000 ; b) kandungan nutrisi: kontrol nutrisi, nutrisi alami ; c) waktu tinggal hidrolis: 20 jam; 15 jam; 10 jam ; d) pH umpan: pH 6,5 ; pH alami. Pengamatan selama proses beroperasi dilakukan setiap 3 hari sekali terhadap konsentrasi COD umpan, konsentrasi COD effluent, kandungan zat padat (total solids, total dissolved solids, total suspended solids dan volatil suspended solids), total nitrogen dan total fosfat. pH dan temperatur umpan dan effluent diobservasi setiap hari.

3. Hasil dan Pembahasan

Besarnya reduksi kandungan COD limbah cair merupakan parameter yang paling penting dalam menilai proses degradasi limbah cair industri yang menggunakan proses biologi seperti pada sistem bioreaktor UASB. Dalam penelitian, umpan limbah cair yang digunakan berasal dari campuran/gabungan dari 3 (tiga) jenis limbah cair industri, yaitu limbah cair industri tepung tapioka rakyat, limbah cair pabrik pengolahan CPO dan limbah cair pabrik gula. Umpan dialirkan pada konsentrasi 5.000, 10.000 dan 15.000 mg-COD/L, tetapi laju alir umpan untuk proses start up reaktor diatur pada konsentrasi 2500 mg-COD/L. Sedangkan waktu tinggal yang digunakan adalah 10, 15 dan 20 jam, dan kondisi pH adalah pada pH 5,5-8. Campuran limbah cair kontak dengan unggun mikroorganisme yang terimobilisasi di bagian bawah reaktor. Selama pengontakan berlangsung, reduksi

kandungan zat organik dalam campuran limbah cair terjadi. Besarnya reduksi COD selama proses beroperasi bergantung pada pengaturan kondisi operasi di bioreaktor.

3.1. Kondisi Influen

Limbah cair yang digunakan sebagai influen pada penelitian merupakan kombinasi limbah cair industri yang diperoleh dengan jalan mencampurkan limbah cair pabrik CPO, industri gula tebu dan industri tepung tapioka dengan rasio tertentu.

Secara visual, limbah pabrik gula berwarna kuning kecoklatan dengan kandungan padatan yang sedikit dan mudah mengendap, memiliki bau yang segar dan beraroma manis serta nilai pH yang mendekati netral (> 6). Sedangkan limbah cair industri tapioka berwarna putih kekuningan dengan kandungan padatan terlarut yang lebih besar daripada limbah cair pabrik gula dimana limbah ini berbau asam, dan dari hasil pengukuran pH didapatkan bahwa limbah cair tapioka memiliki nilai sekitar 4,03. Sedangkan limbah cair pabrik pengolahan sawit memiliki warna coklat pekat dengan jumlah padatan tinggi. Limbah sawit memiliki bau serupa dengan limbah cair gula yang beraroma manis dan tidak menyengat dengan pH yang cenderung asam, yaitu: sekitar 5,02.

Dalam penelitian, campuran ketiga limbah cair industri inilah yang digunakan dengan terlebih dahulu memperhitungkan penetapan perbandingan volume limbah cair yang disesuaikan dengan target akhir beban COD yang diterapkan (perbandingan tetap). Perbandingan karakteristik limbah cair kombinasi pada rasio volume 1:1:1 seperti dalam Tabel 1.

Dari tabel 1 dapat diamati bahwa campuran limbah cair pada rasio volume cairan 1:1:1 menghasilkan nilai COD yang tidak terlalu tinggi, tetapi limbah cair gabungan memiliki nilai kekeruhan dan TSS yang

cukup tinggi. Campuran ketiga jenis limbah cair pada penelitian ini menghasilkan limbah cair yang berwarna coklat keruh dengan pH sekitar 5.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair gabungan (rasio volume = 1:1:1)

Variabel	Nilai
COD (mg/l)	8.800
TSS (mg/l)	2.500
Kekeruhan (FAU)	1.400
pH	5,00

Untuk memperbesar nilai COD umpan, maka dalam eksperimen digunakan perbandingan volume 1:1:12 agar diperoleh kandungan COD campuran awal diatas 15.000 mg/L yang kemudian dapat diencerkan sesuai dengan target penggunaan.

3.2. Kondisi Effluen

Pengamatan secara visual terhadap kondisi effluen menunjukkan karakteristik berbeda untuk kondisi operasi yang dilakukan. Pada tahap adaptasi mikroorganismenya, yaitu pada periode start-up reaktor, effluen yang keluar reaktor berwarna coklat pekat. Warna coklat pekat tersebut disebabkan oleh adanya sejumlah lumpur yang terbawa oleh aliran effluen karena kondisi lumpur anaerobik yang belum mengendap dengan baik. Setelah start-up reaktor selama 10 (sepuluh) hari, kondisi effluen semakin jernih.

3.3. Kondisi Lumpur Anaerobik

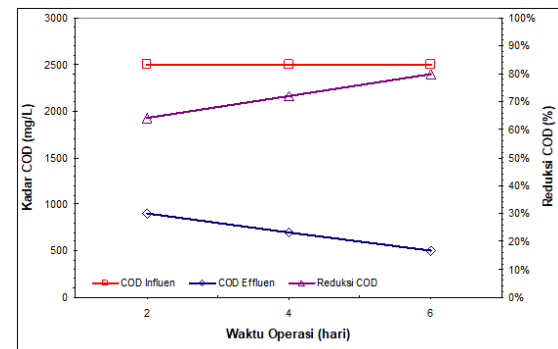
Inokulum mikroorganismenya yang digunakan sebagai bibit lumpur anaerobik aktif pada penelitian berasal dari lumpur anaerobik pengolahan limbah cair industri pengolahan CPO. Lumpur anaerobik yang berasal dari kolam pengolahan limbah sawit berwarna hitam pekat dengan sedikit kandungan air, sehingga lumpur terlihat kental.

3.4. Kondisi Settler

Pada awal perjalanan reaktor UASB, terlihat banyak padatan terbawa ke aliran effluen yang selanjutnya mengendap di tangki sedimentasi. Observasi visual memperlihatkan bahwa partikel padat yang melayang juga terdapat didalam tangki sedimentasi. Setelah proses kontinyu berjalan, aliran effluen yang keluar dari tangki sedimentasi tidak lagi terlihat membawa lumpur anaerobik.

3.5. Start-up Proses Bioreaktor UASB

Konsentrasi limbah cair yang digunakan untuk start-up proses proses di bioreaktor secara kontinyu adalah ± 2.500 mgCOD/L. Selama tahap inisiasi tersebut dilaksanakan, kondisi COD influen dan effluen dan pH diamati dengan cermat. Start-up proses diobservasi setiap hari, tetapi analisis COD dilakukan setiap 2 (dua) hari sekali yang hasilnya dapat diamati pada **Gambar 2**.

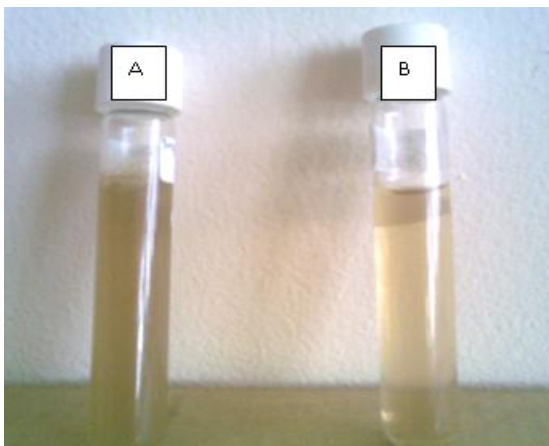


Gambar 2. Analisis reduksi COD selama fase start-up

COD telah mencapai $\pm 72\%$ dan selanjutnya mencapai tingkat reduksi sebesar $\pm 80\%$ pada hari ke-enam. Pada hari selanjutnya, diamati bahwa nilai reduksi COD stabil diatas 80%, sehingga proses kontinyu dengan beban COD lebih besar dapat dilakukan.

Pada fase start-up, mulai diamati perubahan warna limbah cair. Perubahan warna yang sangat kontras diperlihatkan oleh limbah cair influen dan effluen. Warna coklat pekat yang mendominasi influen berubah menjadi keruh. Pada fase

ini, juga mulai diamati terbentuknya gelembung-gelembung gas. Disamping itu, sejumlah lumpur anaerobik juga ikut terbawa ke aliran effluen, sehingga perubahan warna effluen juga diamati di tangki settler. Perbandingan kondisi warna influen limbah cair start-up dengan kondisi effluen pada akhir periode start-up diilustrasikan pada Gambar 3. Secara visual dapat dilihat warna limbah cair hari ke-tujuh start-up bioreaktor berwarna kuning terang dengan kandungan endapan yang lebih sedikit daripada kondisi awal limbah cair yang berwarna coklat pekat dan kandungan endapan yang tinggi.



Gambar 3. Perbandingan kondisi limbah cair pada fase start-up

(A = Influen awal ; B = Effluen hari ketujuh)

Perbedaan bau juga diobservasi selama fase start-up tersebut. Bau menyengat yang terdapat pada influen limbah cair awal tidak ditemukan lagi pada effluen pada akhir fase start up.

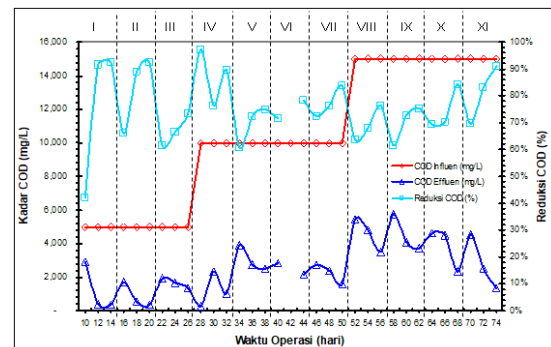
3.6. Kinerja Proses Kontinyu

3.6.1. Profil Reduksi COD Terhadap COD Umpa

Perubahan kandungan COD limbah cair pada akhir proses degradasi di bioreaktor UASB diilustrasikan dalam Gambar 4 berikut. Reduksi kandungan COD limbah cair pada setiap kelompok eksperimen berada pada rentang yang cukup baik, yaitu

sekitar 67,07%-82,52%. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai reduksi COD yang paling besar (>80%) berada pada run II (pH kontrol, nutrisi alami) dan XI (pH alami, nutrisi alami). Dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme yang berasal dari lumpur anaerobik aktif yang diambil dari unit pengolahan limbah cair pabrik CPO dapat beraktivitas dengan tinggi dalam campuran limbah cair yang digunakan.

Peningkatan konsentrasi COD umpa cukup mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Dari gambar dapat diketahui bahwa peningkatan konsentrasi COD umpa mengakibatkan turunnya nilai reduksi COD limbah cair, tetapi hal tersebut berlangsung hanya dalam sementara dimana, seperti diuraikan dalam gambar diatas, mikroorganisme mulai menunjukkan peningkatan aktivitas reduksinya kembali 1 (satu) hari setelah dilakukan perubahan nilai COD umpa.



Gambar 4. Perubahan nilai COD limbah cair selama proses biodegradasi

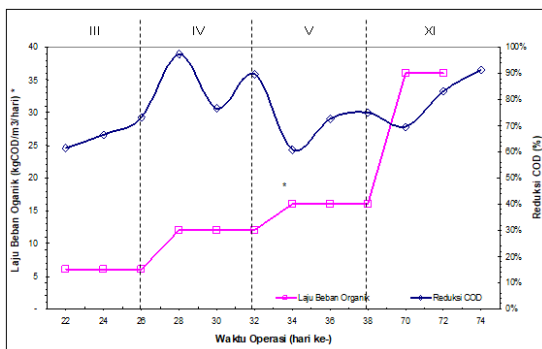
Nilai reduksi COD tersebut jika dibandingkan dengan reduksi kandungan COD untuk masing-masing limbah cair seperti diuraikan sebelumnya adalah cukup baik. Nilai COD influen berada pada rentang yang lebih besar dari standar nilai akhir yang ditetapkan oleh pemerintah untuk baku mutu limbah cair industri. Tetapi pada beberapa perlakuan (COD influen = 5.000 mg/L) terdapat nilai yang mendekati standar ambang batas

maksimum yang ditetapkan pemerintah (<250 mg/L).

Jika dilihat pada data dapat diketahui bahwa pada setiap run eksperimen, nilai reduksi COD semakin meningkat dengan semakin bertambahnya waktu operasi. Sehingga dibutuhkan pengamatan lebih mendalam tentang tingkat reduksi yang terdapat pada satu perlakuan eksperimen agar dapat diketahui nilai reduksi maksimum COD yang dihasilkan oleh suatu perlakuan dalam penelitian ini.

3.6.2. *Reduksi COD Pada Laju Beban Organik Kondisi Alami Versus Terkontrol*

Kinerja reduksi kandungan COD limbah cair pada kondisi pH-nutrisi alami dan pH-nutrisi terkontrol ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.

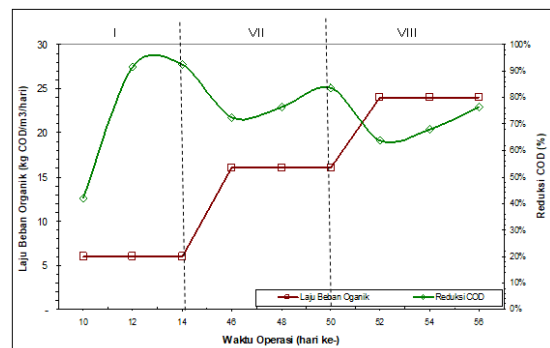


Gambar 5. Laju beban organik versus reduksi COD pada pH-nutrisi alami

Secara umum reduksi COD pada beragam laju beban organik untuk kondisi pH-nutrisi alami, seperti pada **Gambar 6**, berada pada rentang 60-90%. Peningkatan laju beban organik cenderung memperbesar nilai reduksi COD limbah cair. Secara pH-nutrisi alami, mikroorganisme anaerobik membutuhkan untuk beraktivitas kembali seperti semula setelah laju beban organik dinaikan, kecuali pada laju beban organik yang rendah dimana tidak terjadi penurunan aktivitas mikroorganisme.

Pada run III hari ke-1 reduksi COD adalah sebesar 61,4%, yang meningkat menjadi

66,6% pada hari ke-3 dan menjadi 73,2% pada hari terakhir waktu run III. Ketika beban COD influen ditingkatkan dari 5.000 mg/L menjadi 10.000 mg/L dengan waktu tinggal yang tetap (20 jam) didapatkan peningkatan reduksi COD menjadi 89,65% pada hari terakhir operasi run IV. Hal ini membuktikan bahwa mikroba yang terdapat di dalam sludge telah beradaptasi terhadap laju beban organik yang besar dengan baik dengan waktu tinggal yang sama. Pada run V, ketika laju beban organik ditingkatkan dengan menurunkan waktu tinggal dan beban COD influen dibuat tetap ternyata berpengaruh terhadap menurunnya reduksi COD, yaitu 60,8% di hari ke-1 operasi kemudian 73,5% di hari ke-3 operasi serta 74,9% pada hari terakhir operasi. Ketika laju beban organik meningkat secara drastis dari 16 kg/m³hari menjadi 36 kg/m³hari ternyata menyebabkan meningkatnya reduksi COD yang disebabkan oleh mikroba dalam sludge telah beradaptasi dengan baik pada kondisi akhir run yang memiliki OLR tinggi, masa recovery mikroba dalam sludge juga terhitung cepat, pada hari ke-1 run XI dihasilkan reduksi COD 69,6 % menjadi 84,3 % pada hari ke-3 lalu meningkat menjadi 91,1% pada akhir run tersebut.



Gambar 6. Laju beban organik versus reduksi COD pada kontrol pH-nutrisi

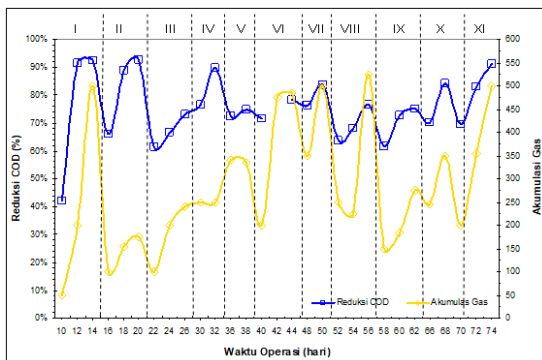
Kondisi tingkat efisiensi biodegradasi COD limbah cair gabungan pada tahap pH-nutrisi terkendali dapat dilihat pada

Gambar 7 berikut. Tingkat reduksi COD berada pada rentang 42-92%. Dapat diamati bahwa laju beban organik yang lebih tinggi cenderung menghasilkan tingkat reduksi COD yang lebih rendah.

Dengan membandingkan kedua kondisi tersebut diatas dapat diketahui bahwa kondisi pH-nutrisi alami menghasilkan tingkat reduksi COD yang lebih besar daripada kondisi limbah cair yang memiliki pH dan nutrisi terkendali.

3.6.3. Tinjauan Akumulasi Gas Terhadap Reduksi COD dan Laju Beban Organik

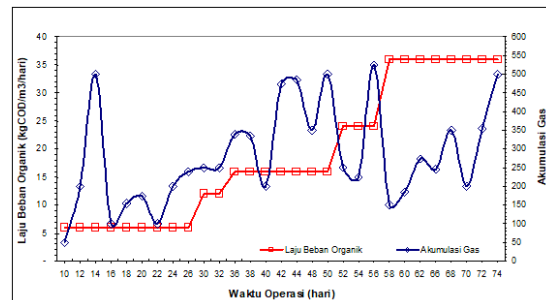
Pembentukan gas sangat terkait dengan proses biodegradasi yang berlangsung. Selama penelitian dilaksanakan, akumulasi gas yang didapatkan sangat fluktuatif, seperti diilustrasikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan reduksi COD terhadap pembentukan gas

Dari gambar dapat diamati bahwa jumlah gas yang terakumulasi bertambah dengan naiknya tingkat reduksi COD limbah cair. Tingkat reduksi yang rendah menghasilkan akumulasi gas yang kecil. Jumlah gas yang diakumulasi berada pada rentang rata-rata 140-370 mL/jam dimana akumulasi terendah berada pada run II, sedangkan yang paling tinggi berada pada run VI. Tetapi akumulasi gas selama eksperimen tidak mengindikasikan total gas yang dihasilkan oleh proses biodegradasi, karena pada penelitian diamati juga aliran gas yang ikut bersama effluen menuju ke tangki settler (kebocoran gas).

Pernyataan diatas dapat disimak dari hubungan diantara laju beban organik terhadap akumulasi gas yang diuraikan dalam Gambar 8. Pada laju beban organik yang rendah akumulasi gas yang dihasilkan cenderung rendah. Tetapi ketika laju aliran ditingkatkan, jumlah akumulasi gas mulai meningkat. Namun hal yang bertolak belakang terjadi, yaitu ketika laju beban organik semakin diperbesar maka akumulasi gas justru semakin rendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa jumlah gas yang terbentuk ada yang terbawa ke aliran effluen.

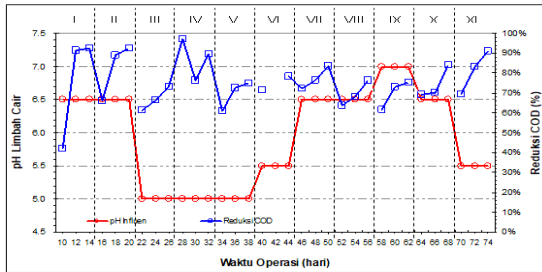


Gambar 8. Kondisi Hubungan variasi OLR terhadap pembentukan gas keseluruhan

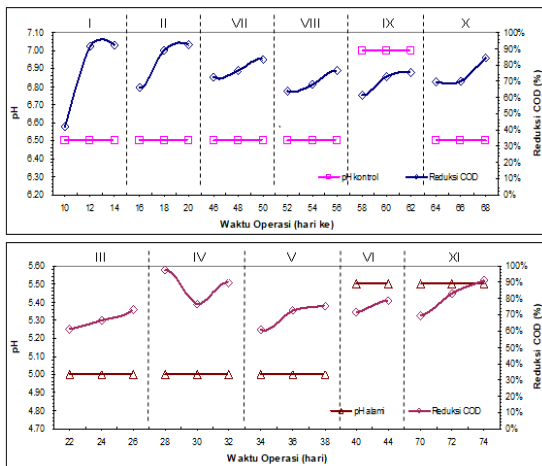
3.6.4. Karakteristik Degradasi Pada Variasi pH

Kondisi reduksi COD terhadap variasi pH secara keseluruhan dapat diamati pada Gambar 9 berikut. Tingkat reduksi COD yang sebesar 67,07%-82,52% (rata-rata) dihasilkan oleh proses biodegradasi yang berada pada rentang 5,0-7,0. dari gambar dapat diamati bahwa nilai pH 5,5 dan 6,5 menghasilkan nilai reduksi COD sebagian besar diatas 70%, sedangkan pada kelompok pH 5,0 dan 7,0 nilai reduksi COD mayoritas berada pada level 70%. Terlihat bahwa pada kondisi pH 5,5-6,5 proses degradasi COD limbah cair campuran berjalan lebih maksimal daripada biodegradasi dengan kondisi pH yang cenderung asam atau mendekati 7. Mikroba dalam lumpur anaerobik dapat bekerja secara optimal pada rentang pH

5,5-8, namun masih dapat beraktivitas pada pH dibawah pH 5,5. Pada penelitian ini pengaruh pH influen terhadap proses degradasi COD effluen diamati dengan cara memvariasikan pH influen, yaitu pH kontrol 6,5 dan 7,0 dan pH alami 5,0 dan 5,5 seperti pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Kondisi reduksi COD terhadap variasi pH keseluruhan



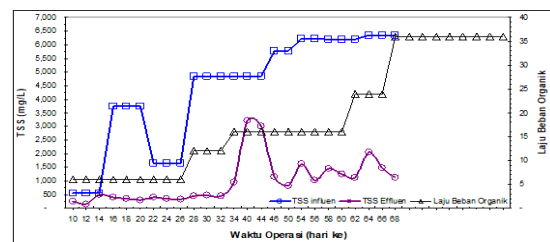
Gambar 10. Perbandingan kondisi pH terhadap reduksi COD (atas: pH kontrol; bawah: pH alami)

Pada proses biodegradasi dengan pH kontrol, nilai reduksi COD yang dihasilkan berada pada rentang 42-92%, sedangkan pH alami menghasilkan nilai reduksi COD yang lebih tinggi, yaitu sebesar 61-97%. Reduksi COD dengan pH kontrol pada nilai pH 6,5 memiliki tingkat reduksi yang lebih besar dibandingkan dengan reduksi COD dengan pH kontrol 7,0, sedangkan tingkat reduksi COD pada pH alami 5,5 adalah lebih besar daripada tingkat reduksi pada kelompok 5,0. Dan jika dibandingkan

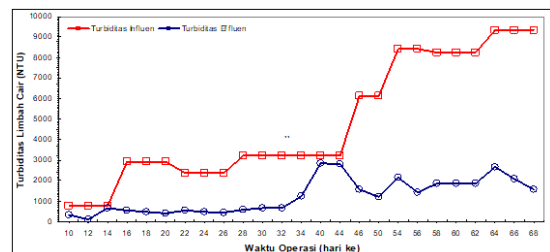
kedua kondisi diatas dapat ditemui bahwa pH alami 5,5 dan pH kontrol 6,5 memiliki nilai yang lebih baik dari kelompok pH lainnya, dengan tingkat reduksi berada pada rentang 70-80%.

3.6.5. Kandungan TSS dan Faktor Kekeruhan Limbah Cair

TSS yang terkandung pada limbah cair yang digunakan cukup besar. Kandungan TSS yang terdapat di influen dan effluen diperlihatkan pada Gambar 11. Dari gambar dapat diamati bahwa kandungan TSS effluen berada pada rentang 315-3.113,5 mg/L. Unggun lumpur anaerobik yang terdapat di reaktor UASB cukup efektif dalam menyaring kandungan TSS influen. Tetapi kandungan TSS effluen tersebut adalah tinggi jika dibandingkan dengan standar baku mutu industri, sehingga dibutuhkan penanganan lebih lanjut akan hal tersebut. Demikian juga dengan tingkat kekeruhan effluen limbah cair, seperti diilustrasikan dalam Gambar 12.



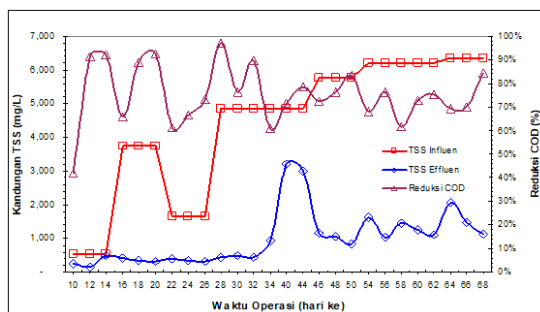
Gambar 11. Hubungan kandungan TSS Influen-Effluen dengan laju beban organik



Gambar 12. Tingkat kekeruhan influen-effluen

Seperti diuraikan sebelumnya, batasan aman konsentrasi SS didalam influen limbah cair untuk umpan reaktor UASB

adalah tidak lebih dari 1.000 mg/L (Anh, 1998). Dalam eksperimen ini, kandungan TSS yang diumpangkan ke bioreaktor UASB adalah 553-6.350 mg/L, yang ternyata masih dapat ditolerir oleh unggun mikroorganisme anaerobik, sehingga tingkat reduksi COD masih tinggi pada kandungan TSS yang tinggi seperti diuraikan dalam Gambar 13. Dari gambar dapat diamati bahwa tingkat reduksi pada saat beban COD tinggi (> 4.000 mg/L) adalah tetap tinggi (60-85%), sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam eksperimen didapatkan bahwa bioreaktor UASB masih dapat mengolah limbah cair campuran industri dengan tingkat efisiensi yang cukup tinggi pada saat kandungan TSS > 4.000 mg/L).



Gambar 13. Hubungan TSS dengan reduksi COD

4. Kesimpulan

Dalam eksperimen digunakan perbandingan 1:1:12 (v.v) agar diperoleh COD campuran > 15.000 mg/L dengan pH sekitar 5. Mikroorganisme yang berasal dari lumpur anaerobik aktif unit pengolahan limbah cair CPO dapat beraktivitas dengan baik dimana reduksi COD limbah cair berada pada rentang yang cukup baik, yaitu: 67,07%-82,52%. Kondisi pH-nutrisi alami berada pada rentang 61-97%, secara pH-nutrisi alami, sedangkan pada tahap pH-nutrisi terkendali reduksi COD berada pada rentang 42-92%. Jumlah gas yang diakumulasi berada pada rentang rata-rata 140-370 mL/jam, tetapi hasil tersebut tidak mengindikasikan total gas oleh proses biodegradasi, karena

selama penelitian diamati aliran gas yang ikut bersama effluen. Tingkat reduksi COD berada pada rentang 5,0-7,0 dimana proses degradasi kondisi pH 5,5-6,5 berjalan lebih maksimal daripada kondisi pH yang cenderung asam atau mendekati 7. Dan jika dibandingkan kedua kondisi diatas dapat ditemui bahwa pH alami 5,5 dan pH kontrol 6,5 memiliki nilai yang lebih baik dari kelompok pH lainnya. Mayoritas nilai pH effluen berada pada nilai diatas 6,0. Unggun lumpur anaerobik yang terdapat di reaktor UASB cukup efektif dalam menyaring kandungan TSS influen dan mereduksi tingkat kekeruhannya, tetapi nilai TSS dan kekeruhan effluen adalah tinggi dibandingkan dengan standar baku mutu industri, sehingga dibutuhkan penanganan lebih lanjut.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departement Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan Hibah Bersaing Penelitian Nomor 028/SP2H/PP/DP2M/III/2007.

Daftar pustaka

- Anh, N.T. 1998. *Methods for UASB Reactor Design*. Camber Southeast, Inc. <http://www.waterandwastewater.com/>
- APHA (1992), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 16th ed., American Public Health Association, Washington DC.
- Fang, H.H.P., Chui, H.K. (1993) Maximum COD loading capacity in UASB reactors at 37°C, *Journal of Environmental Engineering*, 119, 103-119.
- Metcalf dan Eddy, Inc. (1991) *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*, 3rd ed., Mc Graw Hill Inc., New York.
- Pol, L.H., Euler, H., Scroth, S., Wittur, T. dan Groszanz, D. (1998) *GTS secroral project "promotion of*

anaerobic technology for the treatment of municipal and industrial wastes and wastewaters, Proc. 5th Lat. Am. Worksh-Sem. “Wastewater Anaerobic Treatment, Chile.

van Lier, J. B. (2006). *Anaerobic industrial wastewater treatment; perspectives for closing water and resource cycles*. Paper presented at Invited Key-note Speaker, <https://edepot.wur.nl/39480>

