

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LABORATORIUM MIKROBIOLOGI INDUSTRI MENGGUNAKAN LUMPUR AKTIF AEROBIK DAN ANAEROBIK

Ayunda Nuradhithana, Dyah Wirasanti, Agus Hadiyanto*)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Laboratorium Mikrobiologi Industri Jurusan Teknik Kimia Undip secara periodik menghasilkan limbah cair organik dengan COD_{Mn} 2000-6000 mg/L yang dibuang tanpa melalui proses pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah tersebut agar kandungan organiknya berkurang, dengan menggunakan proses biokimia lumpur aktif aerob dan anaerob. Secara khusus tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu degradasi terhadap penurunan kadar COD_{Mn} limbah pada proses pengolahan aerobik dan anaerobik, mengetahui pengaruh konsentrasi MLSS terhadap penurunan COD_{Mn} limbah, serta mengetahui efisiensi penurunan COD_{Mn} limbah pada pengolahan limbah cair secara aerob dan anaerob. Penelitian ini terdiri dari dua langkah yaitu proses seeding lumpur aktif dan pengolahan limbah secara aerob maupun anaerob. Variabel bebas yang digunakan adalah MLSS 1000 mg/L dan 4000 mg/L. Limbah Laboratorium Mikrobiologi Industri jika diolah secara aerob dengan MLSS 4000 mg/L dapat menurunkan konsentrasi COD_{Mn} sebesar 56% dalam waktu 7 jam mengikuti persamaan pemodelan $COD_{Mn}(t) = COD_{Mn(0)}e^{-0,156t}$. Sedangkan jika diolah secara anaerob dengan MLSS 4000 mg/L dapat menurunkan konsentrasi COD_{Mn} sebesar 90,9% dalam waktu 10 hari mengikuti persamaan $COD_{Mn}(t) = COD_{Mn(0)}e^{-0,013(t-34)}$, dengan COD_{Mn} konstan hingga jam ke-34. Pada MLSS 4000 mg/L, penurunan COD_{Mn} limbah lebih besar dibandingkan pada MLSS 1000 mg/L. Proses lumpur aktif aerobik lebih cocok untuk mengolah limbah Laboratorium Mikrobiologi Industri, dengan penurunan COD_{Mn} sebesar 56% dalam waktu 7 jam untuk MLSS 4000 mg/L.

Kata kunci : lumpur aktif, limbah cair, aerobik, anaerobik

Abstract

Industrial Microbiology Laboratory of Chemical Engineering Department of Diponegoro University periodically produces organic wastewater with 2000-6000 mg/L of COD_{Mn} which is discarded without any processing. This study aims to treat wastewater in order to reduce the organic content, by using biochemical process; aerobic and anaerobic activated sludge process. The specific purpose of this research was to determine the effect of degradation time on the reduction of COD_{Mn} of wastewater on aerobic and anaerobic treatment process, investigate the effect of MLSS concentration on reduction of COD_{Mn} on wastewater, and also find out the efficiency of COD_{Mn} reduction of wastewater in aerobic and anaerobic treatment processes. This research is consisted of two processes: activated sludge seeding and aerobic/anaerobic wastewater treatment. The free variables used are MLSS of 1000 mg/L and 4000 mg/L. If the wastewater of Industrial Microbiology Laboratory is treated aerobically with 4000 mg/L MLSS could reduce the COD_{Mn} concentrations by 56% within 7 hours, following the modeling equation of $COD_{Mn}(t) = COD_{Mn(0)}e^{-0,156t}$. While if it is treated anaerobically with 4000 mg/L MLSS could reduce the COD_{Mn} concentrations by 90,9% within 10 days, following the modeling equation of $COD_{Mn}(t) = COD_{Mn(0)}e^{-0,013(t-34)}$, with constant COD_{Mn} up to 34th hour. In 4000 mg/L MLSS, the COD_{Mn} reduction is greater than in 1000 mg/L MLSS. The aerobic activated sludge process is more suited to treat the wastewater of Industrial Microbiology Laboratory, with COD_{Mn} reduction 56% within 7 hours for 4000 mg/L MLSS.

Keyword: activated sludge, wastewater, aerobis, anaerobic

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: agushadi55@gmail.com)

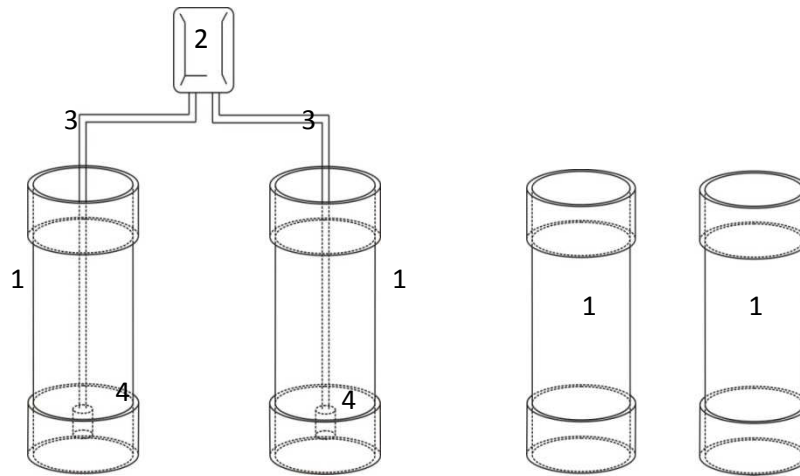
1. Pendahuluan

Laboratorium Mikrobiologi Industri merupakan salah satu laboratorium penyumbang limbah organik di Jurusan Teknik Kimia Undip. Limbah yang biasanya langsung dibuang tanpa pengolahan dapat merusak lingkungan sekitar meski jumlahnya tidak sebanyak limbah cair industri. Bahan yang terbuang sebagai akibat aktivitas praktikum antara lain adalah media agar, pepton, mikroba, enzim, alkohol, asam, $MgSO_4$, KH_2PO_4 , $NaOH$, HCl , $(NH_4)_2SO_4$, indikator PP, dan lain-lain. Hal inilah yang melatarbelakangi peneliti untuk melakukan penelitian bagaimana cara mengolah limbah cair yang dihasilkan dari Laboratorium Mikrobiologi Industri. Sifat limbah cair ini menyerupai limbah rumah sakit, yang juga mengandung banyak bahan organik dan mikroba. COD_{Mn} limbah yang terukur berkisar antara 2000-6000 mg/L.

2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Limbah cair Laboratorium Mikrobiologi Industri Jurusan Teknik Kimia Undip, $KMnO_4$ 0,1 N, H_2SO_4 4N, $H_2C_2O_4$ 0,01 N, aquadest, lumpur aktif aerob dan anaerob, pupuk NPK, ureum, dan H_3PO_4 .

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah wadah penampung limbah, Reaktor Tabung (Diameter: 10 cm, Tinggi: 40 cm), Aerator, Bubbler, Buret coklat, Kompom listrik, erlenmeyer, dan termometer. Peralatan utama tersaji dalam gambar 1 dan 2.



Gambar 1

Rangkaian Alat Sistem Aerob

Gambar 2

Rangkaian Alat Sistem Anaerob

Keterangan Gambar:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. Reaktor Tubular | 3. Pipa Aerator |
| 2. Aerator | 4. Bubbler |

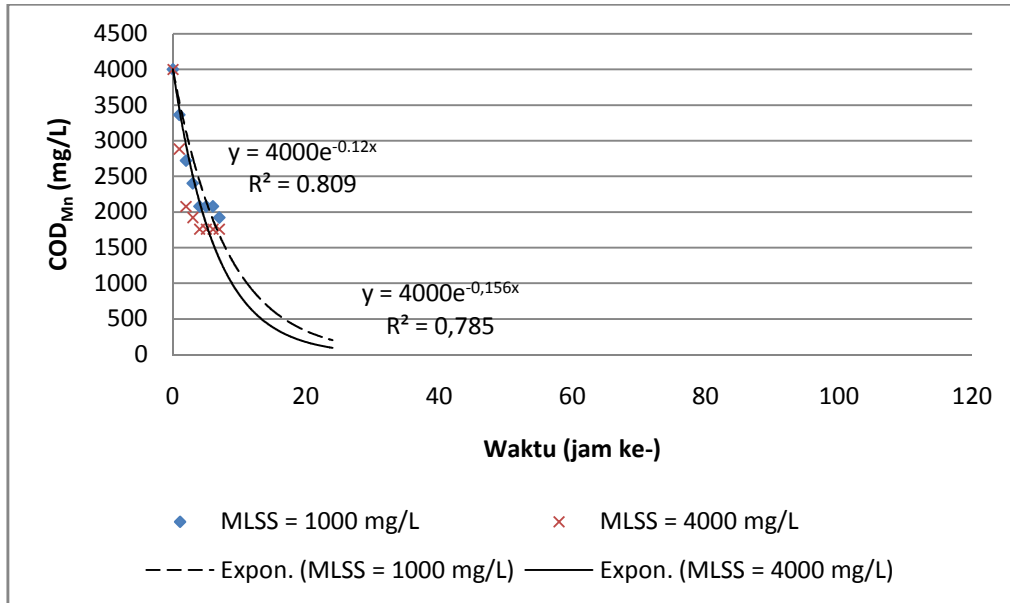
Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Pertama-tama dilakukan seeding lumpur aktif. Untuk proses aerob: Mengalirkan udara, substrat glukosa dan limbah cair yang diencerkan serta nutrient (pupuk NPK) hingga lumpur aktif aerob siap digunakan, selama kurang lebih 3 hari. Untuk proses anaerob: Memberikan substrat glukosa dan limbah cair yang diencerkan serta nutrient (pupuk NPK) hingga lumpur aktif aerob siap digunakan, selama kurang lebih 3 hari. Kemudian langkah ke dua adalah pengolahan limbah dengan menyaring limbah, mengukur COD_{Mn} awal, menetralkan pH, menambahkan nutrisi dan lumpur aktif sesuai variabel MLSS (1000 mg/L dan 4000 mg/L). Rasio nutrisi untuk proses aerob adalah $COD:N:P=200:5:1$ (Sagastume & Allen, 2003), sedangkan untuk proses anaerob $COD:N:P=350:7:1$ (Henze & Harremoes, 1982). Kemudian aerasi dengan laju oksigen 0,54 L/menit untuk proses aerob, inkubasi pada suhu lingkungan, dan mengukur COD_{Mn} sampel limbah sebagai fungsi waktu dan MLSS.

3. Hasil dan Pembahasan

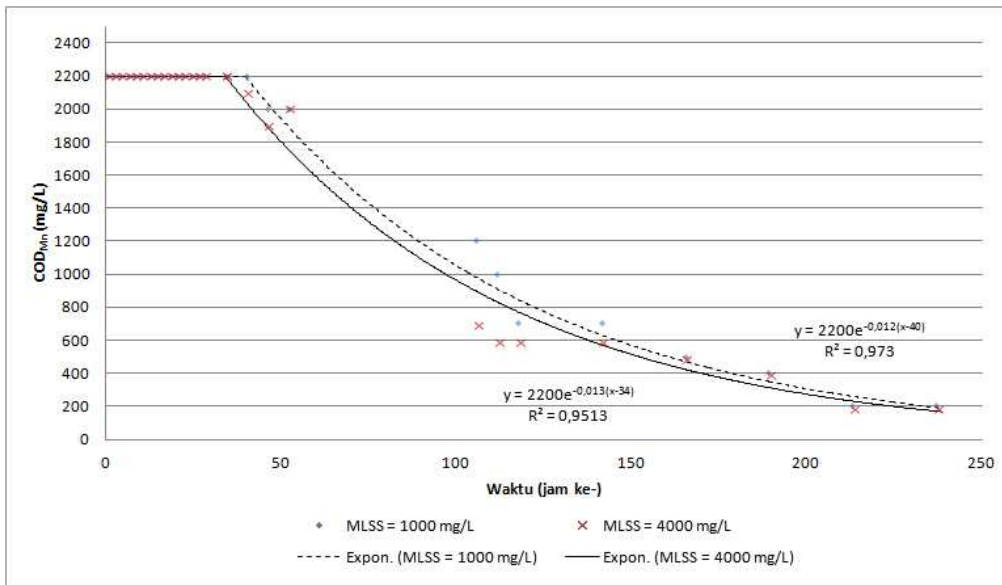
Sesuai dengan tujuan penelitian, kami akan mengkaji lebih dalam mengenai pengaruh waktu degradasi terhadap penurunan COD_{Mn} limbah, pengaruh MLSS terhadap penurunan kadar COD_{Mn} , serta perbandingan efisiensi COD_{Mn} removal. COD_{Mn} awal limbah aerob adalah 4000 mg/L sedangkan COD_{Mn} awal limbah anaerob adalah 2200 mg/L.

3.1. Pengaruh Waktu Degradasi terhadap Penurunan COD_{Mn} Limbah.

Penurunan COD_{Mn} limbah sebagai fungsi waktu pada pengolahan secara aerob dan anaerob ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Hubungan antara Waktu Dekomposisi dengan COD_{Mn} pada Pengolahan Secara Aerob



Gambar 4. Hubungan antara Waktu Dekomposisi dengan COD_{Mn} pada Pengolahan Secara Anaerob.

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 3 dan 4, diperoleh bahwa dengan proses lumpur aktif baik aerob maupun anaerob, COD_{Mn} yang terkandung dalam limbah menurun seiring dengan semakin lamanya waktu degradasi. Persamaan pemodelan yang digunakan adalah

$$COD_t = COD_0 e^{-kt} \text{ (Purwanto, 2005)}$$

Pada proses lumpur aktif aerobik, diperoleh penurunan COD_{Mn} sebesar 52% untuk MLSS 1000 mg/L dan 56% untuk MLSS 4000 mg/L dalam waktu 7 jam. Persamaan pemodelan yang diperoleh dari data penelitian adalah:

$$COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,124t} \text{ pada MLSS 1000 mg/L, dan}$$

$$COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,156t} \text{ pada MLSS 4000 mg/L}$$

Dari kedua persamaan di atas, dapat diprediksikan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penurunan COD_{Mn} sebanyak 90% dan 100% dengan proses lumpur aktif aerobik yang ditampilkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Prediksi waktu yang dibutuhkan untuk COD_{Mn} removal proses aerobik

Prediksi	Waktu			
	90% COD _{Mn} removal		100% COD _{Mn} removal	
MLSS 1000 mg/L	18,6 jam	0,8 hari	74,3 jam	3,1 hari
MLSS 4000 mg/L	14,8 jam	0,6 hari	59 jam	2,5 hari

Pada proses lumpur aktif anaerobik diperoleh penurunan COD_{Mn} sebesar 90,9% untuk MLSS 1000 mg/L dan 4000 mg/L dalam waktu 10 hari. Pada MLSS 1000 mg/L, COD_{Mn} konstan hingga $t=40$ jam, kemudian mulai $t=40$ jam berlaku persamaan $COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,012(t-40)}$

Sementara pada MLSS 4000 mg/L, COD_{Mn} konstan hingga $t=34$ jam, kemudian mulai $t=34$ jam berlaku persamaan $COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,013(t-34)}$

Prediksi yang diperoleh untuk mencapai COD_{Mn} removal sebanyak 90% dan 100% dengan proses lumpur aktif anaerobik ditampilkan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Prediksi waktu yang dibutuhkan untuk COD_{Mn} removal proses anaerobik

Prediksi	Waktu			
	90% COD_{Mn} removal		100% COD_{Mn} removal	
MLSS 1000 mg/L	231,9 jam	9,7 hari	999,4 jam	42 hari
MLSS 4000 mg/L	211,1 jam	8,8 hari	919 jam	38 hari

COD mewakili jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung di dalam limbah. Nilai COD yang kecil menunjukkan residu zat organik sedikit. Makin kecil nilai COD menunjukkan kualitas limbah cair hasil pengolahan semakin baik (Wignyanto, 2009). Dalam proses pengolahan limbah dengan lumpur aktif, mikroorganisme dalam lumpur berperan mendegradasi bahan-bahan organik dalam limbah. Oleh karena itu, seiring dengan waktu pengolahan, bahan organik akan terurai dan COD limbah akan menurun. Pada awal pengolahan, pH awal sistem diatur hingga 7 sehingga pengolahan berjalan optimal (Wignyanto, 2009). Kemudian setelah waktu tertentu, penurunan COD_{Mn} pada limbah melambat dan akhirnya konstan. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya nutrisi yang ada dalam sistem, terbentuknya produk yang beracun bagi mikroorganisme, dan terjadinya perubahan pH sistem, sehingga mikroorganisme memasuki stationary phase dan death phase (Hamdiyati, 2011).

3.2 Pengaruh MLSS terhadap Penurunan Kadar COD_{Mn} .

Dari Gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa penurunan COD_{Mn} , baik pada proses lumpur aktif aerobik maupun anaerobik, lebih cepat terjadi pada variabel yang menggunakan MLSS 4000 mg/L. Dapat dibuktikan dengan pemodelan persamaan yang telah dibuat, bahwa pada waktu yang sama, kadar COD_{Mn} yang terukur dalam sistem yang menggunakan MLSS 4000 mg/L lebih rendah dibandingkan pada MLSS 1000 mg/L.

Pada proses lumpur aktif aerob, jika COD awal 4000 mg/L maka:

$$MLSS\ 1000\ mg/L \rightarrow COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,124t};\ \text{pada } t=10\ \text{jam},\ COD_{Mn}= 1158\ mg/L$$

$$MLSS\ 4000\ mg/L \rightarrow COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,156t};\ \text{pada } t=10\ \text{jam},\ COD_{Mn}= 837\ mg/L$$

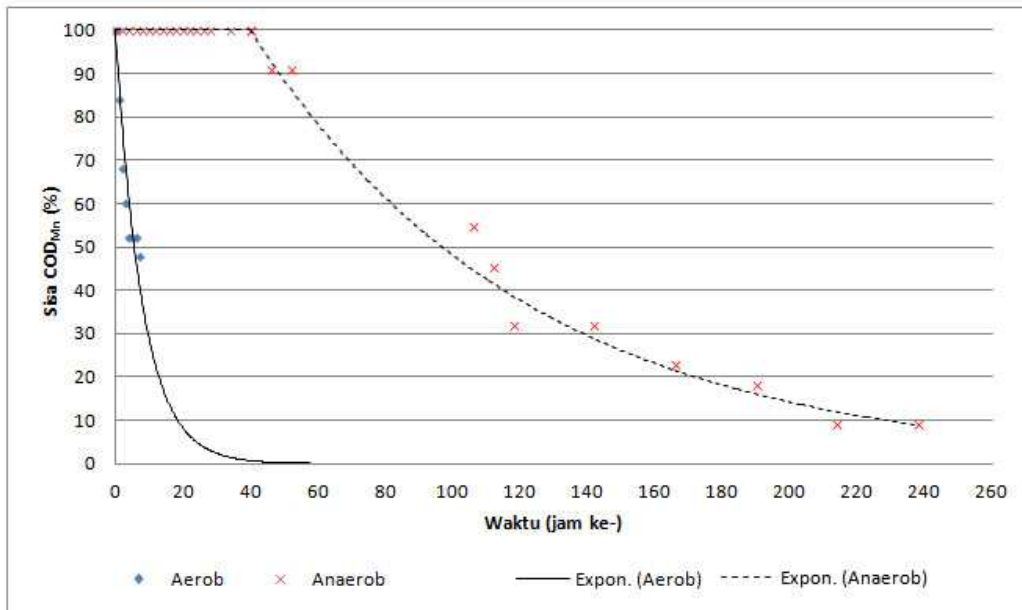
Dan pada proses lumpur aktif anaerob:

$$MLSS\ 1000\ mg/L \rightarrow COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,012(t-40)};\ \text{pada } t=90\ \text{jam},\ COD_{Mn}= 2195\ mg/L$$

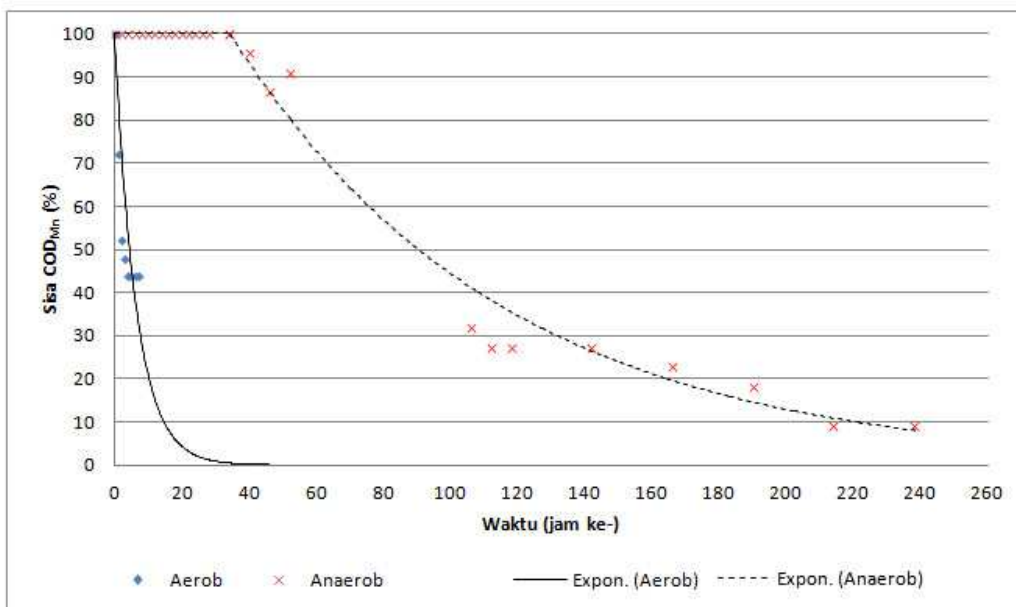
$$MLSS\ 4000\ mg/L \rightarrow COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)} e^{-0,013(t-34)};\ \text{pada } t=90\ \text{jam},\ COD_{Mn}= 1931\ mg/L$$

Dalam MLSS, terkandung berbagai mikroorganisme, baik aerob dan anaerob. Dalam proses aerob, mikroorganisme aerob lebih aktif dalam proses degradasi bahan organik dalam limbah, sedangkan pada proses anaerob, mikroorganisme yang aktif adalah mikroorganisme anaerob. Semakin banyak MLSS yang digunakan dalam sistem pengolahan, mengindikasikan bahwa terdapat lebih banyak mikroorganisme pengurai dalam sistem tersebut, sehingga aktivitas penguraian bahan organik yang terkandung dalam limbah terjadi lebih cepat (Altenbaher, 2011).

3.3 Perbandingan Efisiensi Penurunan COD_{Mn} pada Proses Aerobik dan Anaerobik



Gambar 5. Hubungan antara Waktu Dekomposisi dengan Sisa COD_{Mn} (%) pada MLSS 1000 mg/L



Gambar 6. Hubungan antara Waktu Dekomposisi dengan Sisa COD_{Mn} (%) pada MLSS 4000 mg/L

Dari Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa dalam waktu yang sama, proses aerob dapat menurunkan lebih banyak COD_{Mn} pada limbah dibandingkan dengan proses anaerob. Pada proses aerob, penguraian bahan organik dalam limbah terjadi dengan bantuan aerasi dengan laju oksigen 0,11 Liter/menit, yang juga berperan sebagai pengadukan pada sistem (Dart & Stretton, 1980).

Mikroorganisme aerob pada sistem lumpur aktif aerob dapat bekerja secara cepat. Sementara pada proses anaerob, penurunan COD terjadi secara bertahap. Pada awal pengolahan, terjadi proses hidrolisa, yaitu proses penguraian substrat organik menjadi zat terlarut yang nantinya akan difermentasikan oleh mikroorganisme (Metcalf & Eddy, 2003). Oleh karena itu, pada awal proses anaerob terjadi lag phase dalam pertumbuhan mikroorganisme, dimana mikroorganisme terlebih dahulu melakukan adaptasi dengan limbah dalam kondisi anaerob dan tanpa pengadukan, dan tidak beraktivitas selagi hidrolisa terjadi. Aktivitas penurunan COD_{Mn} proses anaerob mulai terlihat pada jam ke 40 (MLSS 1000 mg/L) dan jam ke 34 (MLSS 4000 mg/L), dimana zat

organik telah terhidrolisa menjadi zat yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk melakukan fermentasi. Fenomena ini seperti yang dipaparkan pada hasil pengamatan yang dilakukan oleh Magnaye (2009), dimana penurunan COD pada proses anaerob mulai terlihat pada jam ke-50.

Dari hasil prediksi, diperoleh bahwa proses pengolahan aerob dapat menurunkan kadar COD_{Mn} pada limbah dalam hitungan jam, jauh lebih cepat dibandingkan proses anaerob yang menurunkan kadar COD_{Mn} dalam hitungan hari. Pada MLSS 4000 mg/L, diprediksi penurunan COD_{Mn} mendekati 100% dalam waktu 59 jam (2,5 hari). Adanya penurunan COD menunjukkan bahwa bakteri pendegradasi mampu menguraikan bahan organik dalam limbah. Nilai COD yang kecil menunjukkan residu zat organik sedikit. Makin kecil nilai COD menunjukkan kualitas limbah cair hasil pengolahan semakin baik. (Wignyanto, 2009).

4 Kesimpulan

Limbah Laboratorium Mikrobiologi Industri jika diolah secara aerob (lumpur aktif dari Rimba Partikel Indonesia, Kendal) dengan MLSS 4000 mg/L dapat menurunkan konsentrasi COD_{Mn} sebesar 56% dalam waktu 7 jam mengikuti persamaan pemodelan $COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)}e^{-0,156t}$. Sedangkan jika diolah secara anaerob (lumpur aktif dari IPAL Tahu Mrican, Semarang) dengan MLSS 4000 mg/L dapat menurunkan konsentrasi COD_{Mn} sebesar 90,9% dalam waktu 10 hari mengikuti persamaan $COD_{Mn(t)} = COD_{Mn(0)}e^{-0,013(t-34)}$, dengan COD_{Mn} konstan hingga jam ke-34. Pada MLSS 4000 mg/L, penurunan COD_{Mn} limbah lebih besar dibandingkan pada MLSS 1000 mg/L. Proses lumpur aktif aerobik lebih cocok untuk mengolah limbah Laboratorium Mikrobiologi Industri, dengan penurunan COD_{Mn} sebesar 56% dalam waktu 7 jam untuk MLSS 4000 mg/L.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro yang telah membantu penelitian ini, dan pada Ir. Agus Hadiyanto, M.T. selaku dosen pembimbing penelitian.

Daftar Notasi

COD ₀	: Kadar COD pada waktu ke-0 (mg/L)
COD _t	: Kadar COD setelah selang waktu t jam (mg/L)
-k	: Kecepatan penurunan jumlah atau degradasi senyawa (jam ⁻¹)
t	: Waktu degradasi (jam)
COD _{Mn(0)}	: Kadar COD _{Mn} pada waktu ke-0 (mg/L)
COD _{Mn(t)}	: Kadar COD _{Mn} setelah selang waktu t jam (mg/L)

Daftar Pustaka

- Altenbaher, Brigita, et.al. 2011. *The Influence of MLSS Concentration on the Removal of Carbon and Nitrogen by a Submerged Membrane Bioreactor*. Amsterdam: MBR-Network.
- Dart, R.K. and R.J. Stretton. 1980. *Microbiological Aspects of Pollution Control*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publisher.
- Hamdiyati, Yanti. 2011. *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Henze, M. and P. Harremoës. 1982. "Anaerobic Treatment of Waste Water in Fixed Film Reactors". *IAWPR*, p. 1-94.
- Magnaye, Florante A., et.al. 2009. "Biological Nitrogen and COD Removal of Nutrient-Rich Wastewater Using Aerobic and Anaerobic Reactor". *J. Water Resource and Protection*, 2009, 1, 376-380.
- Metcalf & Eddy Inc. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th edition*. Mc Graw Hill Companies Inc.
- Purwanto. 2005. *Permodelan Rekayasa Proses dan Lingkungan*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Sagastume, Fernando Morgan & D.Grant Allen. 2003. "Effects of Temperature Transient Conditions on Aerobic Biological Treatment of Wastewater". *Water Research*, 37 (2003) 3590-3601.
- Sam, Arianto. 2011. "Macam-macam Limbah Cair". Diunduh dari <http://sobatbaru.blogspot.com/2010/12/macam-macam-limbah-cair.html> pada tanggal 28 April 2012.
- Wignyanto, dkk. 2009. "Bioremediasi Limbah Cair Sentra Industri Tempe Sanan Serta Perencanaan Unit Pengolahannya". *Jurnal Teknologi Pertanian Vol 10 No.2*.