

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI SUSU DENGAN SISTEM SEMI BATCH REACTOR

Ahmad Zakaria¹, Erizal Tanjung², Khansa Fay'i Safira¹, Aynuddin¹

¹Politeknik AKA Bogor, Tanah Baru, Bogor, Indonesia

²PT. Prasadha Pamunah Limbah Industri, Cileungsi, Bogor, Indonesia

Abstrak

Air limbah industri susu berasal dari susu dan produk jadi yang hilang karena kebocoran pipa, luberan (*overflow*) tangki penampungan, kegagalan proses produksi, atau buruknya proses *handling*. Air limbah industri susu juga mengandung beberapa senyawa kimia (NaOH, KOH, H₃PO₄, HNO₃, dan NaOCl) yang digunakan untuk membersihkan peralatan dan area produksi. Karakteristik limbah industri susu umumnya memiliki kandungan organik yang tinggi sehingga dalam pengolahannya dilakukan kombinasi pengolahan dengan metode biologi, fisika, dan kimia. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik effluent hasil pengolahan dengan sistem semi batch reactor dan membandingkannya dengan Baku Mutu Lingkungan yang berlaku (Permen LH No. 5/2014 Lampiran VIII). Tiga tahap percobaan meliputi persiapan contoh, proses pengolahan dan pengujian, serta interpretasi data. Berdasarkan percobaan didapatkan hasil bahwa rangkaian unit pengolahan ini mampu memperbaiki semua karakteristik limbah secara signifikan. Nilai parameter kualitas limbah yaitu pH 8,83; TDS 986 mg/L; COD < 100 mg/L; amonia < 1 mg/L; BOD 36 mg/L; minyak dan lemak dibawah limit deteksi; TSS 24 mg/L. Hasil pengolahan sudah memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku.

Kata kunci: industri susu, semi batch reactor, anaerob, koagulasi, flokulasi

Abstract

Dairy industry wastewater comes from milk and finished products lost due to leakage of pipes, overflow of storage tanks, failure of production processes, or poor handling processes. Dairy industrial wastewater contains several chemical compounds (NaOH, KOH, H₃PO₄, HNO₃, and NaOCl) used to clean production equipment and areas. Due to its high organic content, the dairy industry processes its wastewater by a batch system that combines the biological, physical, and chemical methods. This experiment aims to determine the effluent's characteristic value from processing with a semi-batch reactor system and compare it with the applicable Environmental Quality Standards (Permen LH No. 5/2014 Annex VIII). We did three experimental stages, which include preparation, processing and testing, and data interpretation. The data showed that these batch treatment units improved all of the waste characteristics significantly based on the experiment. Waste parameters value respectively are pH 8.83; TDS 986 mg / L; COD <100 mg / L; Ammonia <1 mg / L; BOD 36 mg / L; Oil and grease below the detection limit; and TSS 24 mg / L. The processing results have met the applicable environmental quality standards.

Keyword : dairy industry, semi-batch reactor, anaerobic, coagulation, flocculation

PENDAHULUAN

Perkembangan industri susu di Indonesia semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk olahan susu. Rata-rata volume air limbah industri susu sebesar 2,5 L per liter susu cair olahan atau

2 L per kg susu bubuk (EPA, 1997; Hendrawati, 2006). Salah satu perusahaan pengolahan susu di Indonesia setiap harinya mengolah 650.000 L susu cair menjadi 200 ton susu bubuk dan diperkirakan volume air limbah yang

dihasilkannya sekitar 400.000 L (Setyawan, 2015).

Air limbah industri susu berasal dari susu dan produk jadi yang hilang karena kebocoran pipa, luberan (*overflow*) tangki penampungan, kegagalan proses produksi, atau buruknya proses *handling*. Air limbah industri susu juga mengandung beberapa senyawa kimia (NaOH, KOH, H₃PO₄, HNO₃, dan NaOCl) yang digunakan untuk membersihkan peralatan dan area produksi (Liu dan Haynes, 2010). Air limbah industri susu pada tahap awal sebelum proses memiliki BOD sebesar 600-2000 mg/L, COD sebesar 800-4500 mg/L, total nitrogen sebesar 20-230 mg/L, kadar total fosfor sebesar 20-100 mg/L, kalium sebesar 6,78 mg/L, susbtansi lemak 80-250 mg/L, sedimen 12 mL/L dan pH bekisar 6-11 (Pambudi *et al.*, 2012; DWA, 2010).

Reaktor *semibatch* tidak dapat digambarkan secara akurat sebagai reaktor *continue* atau *batch*. Reaktor *semibatch* biasanya diklasifikasikan sebagai jenis reaktor transien. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat mengontrol panas reaksi yang sangat eksotermis dengan memasukkan umpan secara bertahap selama berlangsungnya reaksi, konsentrasi umpan dalam reaktor dapat dipertahankan lebih rendah daripada dalam operasi *batch* normal. Beberapa panas yang dilepaskan

selama reaksi digunakan untuk memanaskan bahan umpan, sehingga mengurangi kapasitas yang diperlukan dari koil pemanasan.

Percobaan ini bertujuan studi pengolahan air limbah industri susu dengan rangkaian unit anaerob, koagulasi, flokulasi, dan aerob dengan *semi batch reactor*. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran VIII.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan proses dan peralatan analisis. Peralatan yang digunakan untuk proses terdiri dari *Mini-Reactor Anaerobic*, *Mini-Reactor Aerobic*, *Aerator*, dan *Jar Test*. Peralatan yang digunakan untuk analisa adalah *Stirrer magnetic Rexim RSH-1DR*, Buret Makro *Pyrex 50 mL*, *Water Pump merck Soldex*, *Aerator Luckiness L-828*, pH meter *Orion 4star*, DO meter *Mettler Toledo*, Botol *Winkler 350 mL*, COD Reactor *HACH*, *Vial For COD Pyrex*, Spektrometer UV-VIS *Shimadzu*, Kertas Saring *Whatman*, Neraca Analitik merek

Saffron, Oven merek *Biobasse*, dan alat gelas lain untuk analisis

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yang digunakan adalah contoh limbah industri susu dan contoh air limbah proses evaporasi. Bahan kimia yang digunakan adalah larutan NaOH 3%, larutan H₂SO₄ 5N, larutan NaOH 10 N, larutan ammonium molibdat, larutan kalium antimonil tartrat, larutan asam askorbat, larutan Na₂CO₃, larutan HCl, larutan tetra kloroetilen, larutan Ag₂SO₄, Poliferisulfat (Fe₂(SO₄)₃)n, Lime (CaO) 10%, dan Poliakrilamida ((C₃H₅NO)n).

Metode Penelitian

Tahap Persiapan Contoh

Sludge dari kolam SBR (*Sequencing Batch Reactor*) dipisahkan dari campurannya, *sludge* dimasukan ke dalam botol kaca selama 16 hari. Indikator pematangan bakteri warna *sludge* yang berubah menjadi hitam dan tekstur mengental.

Aklimatisasi dilakukan selama 16-30 hari atau sampai nilai COD tidak fluktuatif dengan memasukan contoh air limbah industri susu murni melalui cerat inlet yang berada diatas reaktor menggunakan selang yang dipompakan secara peristaltik agar saat proses pengumpanan tidak perlu dibuka tutup

reaktor. *Sludge* mikroba diumpankan dengan volume 150 mL setiap 2 hari sekali selama proses aklimatisasi. Pada sisi samping reaktor terdapat cerat *outlet* yang berfungsi untuk sistem *decant* dan untuk memudahkan dalam mengambil contoh uji analisis pemantauan.

Tahap Pengolahan

Reaktor anaerob yang siap *running* proses dikosongkan limbah yang ada didalamnya, disisakan sebagian *sludge* yang dianggap adalah mikroba dari unit tersebut. Setelah proses *decant* dilakukan proses *feeding* dengan contoh air limbah murni.

Pengolahan secara anaerob dilakukan dengan cara mengumpankan contoh 250 mL melalui cerat dibagian atas reaktor. Penambahan bahan kimia NaOH 3% untuk menjaga pH pada kondisi netral. Selama proses dilakukan pengadukan menggunakan *strirer magnetic*. Proses ini dilakukan analisis pemantauan setiap harinya dengan parameter DO, pH, TDS, ammonia, alkalinitas, COD, MLSS, dan MLVSS.

Contoh uji sebanyak 1000 mL dimasukan ke dalam *beaker glass*. Proses koagulasi dilakukan dengan penambahan koagulan polyferi sulfat dan dilakukan pengadukan cepat 120-150 rpm selama 3-5 menit. Contoh uji ditambahkan *Lime* 10% dan dilakukan pengadukan selama 2-3

menit. Proses flokulasi ditambahkan flokulan poliakrilamida, dilakukan pengadukan lambat 30-45 rpm selama 1-2 menit. Setelah proses flokulasi, lakukan proses sedimentasi untuk memisahkan *sludge* dan *supernatant*. *Supernatant* dianalisis parameter pH, TDS, TSS, COD, amonia, dan fosfat.

Contoh uji diumpankan kedalam reaktor dengan variasi volume 65 mL dan 75 mL serta limbah evaporasi 1000 mL. Proses berlangsung selama tiga hari dan dilakukan dekantasi pada hari ketiga. Selama jalannya proses pengolahan pada sistem aerob dilakukan analisis *monitoring* dengan parameter DO, pH, TDS, COD, alkali, amonia, fosfat, dan MLVSS. Hasil dari pengolahan aerob dianalisis dengan paramter pH, TSS, Amonia, COD, BOD, dan Minyak lemak. Hasil analisis *effluent* dibandingkan dengan baku mutu lingkungan yaitu PERMEN LH No. 05 Tahun 2014.

Contoh uji awal sebagai *influent* dianalisis karakteristiknya, parameter yang diujikan sesuai dengan parameter yang ditetapkan didalam baku mutu lingkungan meliputi parameter pH, TSS, COD, BOD, amonia, dan minyak lemak. Selain itu, dianalisis parameter kunci sesuai *state* perusahaan dengan menganalisis parameter TDS dan fosfat. Contoh uji awal sebagai *effluent* dianalisis karakteristiknya, parameter yang diujikan sesuai dengan

parameter yang ditetapkan didalam baku mutu lingkungan meliputi parameter pH, TSS, COD, amonia, dan minyak lemak.

Tahap Interpretasi Data

Data hasil pengolahan yang didapatkan dibandingkan dengan regulasi pemerintah yaitu mengacu pada PERMEN LH No. 05/2014 Lampiran VIII.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Persiapan

Tahap aklimatisasi pada bakteri juga bertujuan untuk mengoptimalkan kerja bakteri dalam mendegradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. *Feeding* dimulai dengan dosis 150 mL hingga 250 mL perharinya sampai nilai COD anaerob konstan di bawah 40.000 mg/L. Efisiensi penyisihan bahan organik dan pembentukan mikroorganisme pada tahap aklimatisasi adalah 65,66%. Pada setiap tahap, efisiensi pembentukan mikroorganisme semakin kecil karena bahan organik yang digunakan sebagai substrat semakin kompleks.

Tabel 1. Data Aklimatisasi

Hari Ke-	Volume Feeding (mL)	OLR (kg day/m ³)	COD (mg/L)
1-3	150	4,64	35.750
4-6	175	5,41	34.550
7-9	200	6,19	33.483
10-16	250	7,73	28.343

Biasanya *organic loading* ditetapkan pada satuan Kg BOD (atau COD) per m³ volume tangki, namun hal ini juga didefinisikan sebagai kuantitas bahan organik yang diterapkan per hari melalui satuan area permukaan (Azhari, 2016).

Pengujian Influent

Parameter yang diujikan untuk contoh *influent* merupakan parameter yang sesuai dengan baku mutu lingkungan yang ditetapkan. Selain itu, dilakukan juga analisis parameter yang sesuai dengan *state* perusahaan. Hasil analisis parameter kunci contoh air limbah industri susu terlihat belum memenuhi standar acuan yang digunakan seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Influent Air Limbah Industri Susu

Parameter	Nilai	Standar Acuan	Satuan
pH	3,45	6-9	
TDS	2600	2000	mg/L
COD	92.800	100	mg/L
Amonia	29,6	1	mg/L
Fosfat	103,8	0,5	mg/L
BOD	53.885	40	mg/L
Minyak Lemak	146	10	mg/L
TSS	11200	50	mg/L

Nilai pH awal contoh sebesar 3,45 melalui proses anaerob nilai pH naik menjadi 5,80 – 7,01 sebagian besar data analisis *monitoring* harian cenderung asam dibawah pH 7 hal ini dikarenakan bakteri asidogenik menghasilkan asam organik yang cenderung menurunkan pH bioreaktor.

Pengujian Effluent

Hasil akhir dari rangkaian pengolahan ini dianalisis karakteristiknya sebagai data *effluent* untuk dibandingkan dengan baku mutu lingkungan yang sudah ditetapkan sebelum dibuang ke badan air. Berdasarkan Tabel 3 nilai *effluent* sudah memenuhi baku mutu lingkungan yang mengacu kepada Permen LH No. 05/ 2014 Lampiran VIII. Pengolahan air limbah industri susu dengan rangkaian unit *biological treatment, physical treatment, and chemical treatment* dapat disimpulkan bahwa hasil pengolahan limbah layak dibuang ke badan air.

Tabel 3. Nilai Effluent dibandingkan dengan Baku Mutu Lingkungan

Parameter	Nilai Effluent	Satuan	Regulasi	
			Permen LH	Keterangan
pH	8,83		6-9	Memenuhi
TSS	24	mg/L	50	Memenuhi
COD	93	mg/L	100	Memenuhi
BOD	36	mg/L	40	Memenuhi
Amonia	0,205	mg/L	10	Memenuhi
Oil and grease	0	mg/L	10	Memenuhi

Nilai pH untuk proses koagulasi-flokulasi berada pada nilai 6,08-6,10. Pengaturan pH menggunakan Lime 10% sebelum proses flokulasi. Nilai pH pada proses aerob cenderung basa diatas 7,5 hal ini dikarenakan dilakukan pengolahan secara *multi-waste* yaitu menggabungkan dua jenis atau lebih limbah untuk diolah didalam reaktor. Selain itu, ke fluktuatifan data pH pada proses aerob ini dipengaruhi oleh respirasi mikroorganisme pendegradasi yang berada di dalam reaktor (Danapriatna, 2010).

Berlebihnya kandungan amonia tidak diharapkan untuk proses anaerob karena dapat meracuni bakteri pendegradasi sehingga akan menyebabkan kematian pada mikroorganisme pengurai (Mojiri, 2012). Konsentrasi ammonia pada proses anaerob masih di bawah 1.500 mg/L menandakan konsentrasi ammonia di dalam reaktor tidak mempengaruhi proses

pengolahan secara anaerobik di dalam reaktor. proses koagulasi-flokulasi dapat menurunkan nilai amonia sebesar 34,34%, penurunan nilai amonia pada proses ini hanya bertujuan untuk membantu penurunan beban pengolahan sebelum masuk ke proses aerob.

Proses anaerob memiliki nilai efisiensi untuk mengurangi kadar COD contoh air limbah sebesar 71,42%. Proses koagulasi-flokulasi memiliki pengaruh penurunan nilai COD sebesar 27,45%. Penurunan nilai COD pada proses ini hanya bertujuan untuk mengurangi beban pengolahan bahan organik untuk diumpankan kedalam proses aerob. Proses aerob didapatkan nilai COD dibawah 100 mg/L yang artinya memenuhi baku mutu lingkungan yang mengacu kepada regulasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa rangkaian unit pengolahan secara biologis, fisika dan kimia dapat diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair industri susu tinggi kandungan organiknya. Hasil pengolahan dan pengujian proses anaerob memiliki nilai *organic loading rate* sebesar 7,73 kg/m³ perhari, pada proses Koagulasi-Flokulasi memiliki nilai Efisiensi 97,35% dalam menurunkan nilai TSS, dan pada

proses aerob memiliki nilai *organic loading rate* sebesar 0,41 kg /m³ perhari. Hasil pengolahan sudah memenuhi baku mutu lingkungan yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 Lampiran VIII sehingga dapat dibuang ke badan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta: Sekretariat Lingkungan Hidup.
- Azhari, A.R. 2016. Pendekatan Perencanaan WWTP Organic Loading (BOD, COD, dan VSS Loading). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang.
- Basri, A. H. 2016. Pengaruh Beban Organik dan Pengadukan Terhadap Penyisihan COD Lindi Terstabilisasi Secara Anaerob dengan Sistem Kontinu. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan. Program Studi Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
- Danapriatna, N. 2010. Biokimia Penambatan Nitrogen Oleh Bakteri Non Simbiotik. Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah. Vol. 1 No. 2.
- Hendrawati, T. 2006. Panduan Inspeksi Penataan Pengelolaan Lingkungan Industri Pengolahan Susu. Asisten Deputi Urusan Pengendalian Pencemaran Agroindustri, Jakarta Timur.
- Mojiri, A., AZIZ, A. H.; ZAMAN, N.Q. dan AZIZ, S.Q. 2012. A Review on Anaerobic Digestion, Bio-reactor and Nitrogen Removal from Wastewater and Landfill Leachate by Bio-reactor. *Advances in Env. Biology*, 6(7): 2143-2150.
- Pambudi, F.H., K. Sa'diyah, S.R. Juliastuti & N. Hendrianie. 2012. Peran Mikroorganisme *Azotobacter chroocuum*, *Pseudomonas putida*, dan *Aspergillus niger* pada Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah cair Industri Pengolahan Susu. *Jurnal Teknik Pomits*.1(1): 1-4.
- Permen Lingkungan Hidup** 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Setyawan, H. 2010. Nestle Indonesia Masuk ke Pasar Susu Murah. Kompas, 4 Maret 2010.<http://entertainment.kompas.com/read/20>

10/03/04/04003492/Nestle.Indonesi
a.Masuk.ke.Pasar.Susu.Murah.
Diakses tanggal 23 Maret 2018.

U.S. EPA. 1997. Exposure Factors
Handbook (1997, Final Report).
U.S. Environmental Protection
Agency. EPA/600/P-95/002F a-c.
Washington, DC.