



JRT PPI 7 (2) (2016)

Jurnal Riset
Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Journal homepage : ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi

Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

Pengolahan air limbah industri *bakery* menggunakan sistem *stripper*-lumpur aktif

Wastewater treatment of bakery industry using stripper-activated sludge system

Rizal Awaludin Malik*, Hanny Vistanty, Sartamtomo, Nanik Indah Setianingsih, Farida Crisnaningtyas, Nur Zen

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Jl. Ki Mangunsarkoro No 6 PO Box: 829, Semarang 50136, Indonesia

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel :

Diterima 23 Agustus 2016

Direvisi 07 Oktober 2016

Disetujui 07 Oktober 2016

Dipublikasikan online

23 November 2016

Keywords :

surfactant

wastewater

bakery

stripper

activated sludge

ABSTRAK

Air limbah industri *bakery* memiliki karakteristik kandungan organik, lemak, dan surfaktan yang tinggi. Keberadaan surfaktan pada air limbah dapat mengganggu proses degradasi kandungan organik dan lemak pada instalasi pengolahan air limbah khususnya pengolahan secara biologis/lumpur aktif. Studi ini membahas tentang performa integrasi sistem *stripper*-lumpur aktif yang diaplikasikan untuk mengolah air limbah industri *bakery* dalam skala *full scale*. Proses *stripper* dilakukan dengan menggunakan kolom yang diintegrasikan dengan bak aerasi pada kisaran HRT (waktu tinggal) 24 jam. Proses *stripper* memberikan efisiensi penurunan COD dan surfaktan tertinggi sebesar 96% dan 80%. Proses lumpur aktif digunakan untuk mengolah keluaran dari proses *stripper* dengan karakteristik lumpur aktif MLSS 4000-4500 mg/L, FM/ rasio 0,268, *sludge age* 11 hari dan HRT 24 jam, proses degradasi dengan lumpur aktif ini mampu memberikan efisiensi penurunan COD dan surfaktan sebesar 79% dan 88%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit IPAL dengan menggunakan sistem *stripper*-lumpur aktif memiliki efisiensi penurunan COD, TSS, dan BOD sebesar 98,9%, 87,9%, dan 96,4%, sehingga sistem ini merupakan teknologi yang tepat untuk diterapkan pada pengolahan limbah industri *bakery*.

ABSTRACT

Characteristic of bakery wastewater has high amount of organic, fat, oil and grease and surfactant. The presence of surfactant in wastewater treatment plants will disturb biological degradation processes. This study investigated the performance of integrated system of stripper-activated sludge on a full-scale application for bakery wastewater treatment. Stripper was applied using an integrated column with an aeration tank at HRT (Hydraulic retention time) 24 h. This system showed a high COD (chemical oxygen demand) and surfactant removal efficiency of 96% and 80%, respectively. Activated sludge process was used to treat the effluent of stripper. Activated sludge reactor ran with MLSS 4000-4500 mg/L, F/M ratio 0,268, sludge age 11 days and HRT of 24 h. Results showed that removal efficiency of COD and surfactant were 79% and 85%, respectively. The results showed that an integrated system of stripper-activated sludge gave a high COD, TSS (total suspended solids), and BOD (biological oxygen demand) removal efficiency of 98,9%, 87,9%, and 96,4%, respectively. This study proved that stripper-activated sludge system is the appropriate technology to be applied on bakery wastewater treatment.

© 2016 BBT PPI. All rights reserved.

*Alamat korepondensi :

E-mail : rizalmalik72@gmail.com (R.A. Malik)

1. PENDAHULUAN

Bakery merupakan salah satu komoditas makanan yang paling banyak di konsumsi oleh manusia. Tingginya permintaan produk *bakery* ini menyebabkan industri

bakery tumbuh dengan cepat. Industri *bakery* merupakan salah satu industri yang menghasilkan air limbah dalam jumlah besar. Sumber air limbah industri *bakery* umumnya berasal dari proses pencucian alat produksi dan ruang produksi, Air limbah yang dihasilkan dari proses tersebut

umumnya mengandung senyawa organik, minyak, lemak dan surfaktan (Chen dkk. 2006). Polutan yang terkandung dalam air limbah industri *bakery* berasal dari sisa-sisa tepung adonan dan olesan loyang, sedangkan surfaktan berasal dari sabun pencuci yang digunakan dalam proses pencucian.

Jenis surfaktan yang umum digunakan adalah LAS (*linier alkyl benzene sulphonate*) dan SDS (*sodium deodecylbenzenesulphonate*) (Tomczak-wandzel dkk. 2009). SDS merupakan surfaktan anionic yang lebih sulit terdegradasi jika dibandingkan dengan LAS. Senyawa SDS dalam air limbah akan sangat mempengaruhi performa dari pengolahan limbah karena dapat menurunkan potensial oksigen dalam reaktor pengolahan air limbah (Eichhorn dkk., 2002). Surfaktan bekerja dengan menurunkan tegangan permukaan sehingga molekul-molekul minyak-lemak dalam air akan membentuk emulsi (Wang dkk., 2012).

Kehadiran surfaktan dalam air limbah akan sangat mempengaruhi kinerja pengolahan yang ada karena surfaktan akan membentuk emulsi minyak dalam air (*oil in water*) yang stabil sehingga sulit terolah pada pengolahan menggunakan sistem biologis (Bitton, 2010). Telah banyak metode yang digunakan untuk memecah emulsi dalam air limbah, diantaranya adalah teknik pengendapan secara gravitasi (Feng dkk. 2004) dan adsorpsi menggunakan gel silika dan *super wetting film* (Wang dkk., 2012), namun metode-metode tersebut hanya efektif untuk droplet emulsi dengan ukuran lebih dari 20 μm (Liu dkk., 2016).

Metode konvensional untuk memecah emulsi minyak dalam air (o/w) yang umum digunakan adalah dengan memakai bahan kimia seperti AlSO_4 , ferro klorida dan ferro sulfid (Karpati dkk., 1995). Penggunaan bahan kimia ini tidak efektif dalam menurunkan kadar COD air limbah dan akan meningkatkan biaya pengolahan (Vidal dan Carvalho, 2000). Pengolahan air limbah yang mengandung minyak-lemak tinggi dengan proses biologi telah banyak dilakukan oleh para peneliti, diantaranya dengan menggunakan *membrane biological reactor* (MBR) Sutton dkk. (1994), lumpur aktif (Scott and Jones 2000).

Demulsifikasi menggunakan bahan kimia CaCl_2 , PAC, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FeCl_3 sebagai *pretreatment* telah dilakukan oleh Zhang dkk. (2014) dalam pengolahan air limbah menggunakan biofilm anaerobik-aerobik. Emulsi yang disebabkan oleh adanya surfaktan dalam proses lumpur aktif akan berdampak negatif terhadap pembentukan flok-flok lumpur aktif sehingga menurunkan efektivitas dari proses tersebut (Liwarska-bizukojc dan Bizukojc, 2006). Berdasarkan penelitian yang dilakukan

oleh Othman dkk. (2009), senyawa SDS dalam lumpur aktif dapat menurunkan ukuran flok, yang akan berdampak pada penurunan efektifitas pengendapan padatan pada clarifier. Oleh karena itu diperlukan alternatif teknologi pengolahan lain untuk mengolah limbah yang mengandung emulsi minyak dalam air (o/w) karena adanya surfaktan SDS. Berdasarkan penelitian Sartamtomo dkk. (2008), teknologi stripper dan aerasi bertingkat mampu mendegradasi surfaktan dalam air limbah industri shampoo sebesar hingga 99,84% dan COD sebesar 95,68%. Sistem aerasi-stripper ini merupakan salah satu alternatif yang lebih murah sebagai pengganti metode-metode lain dalam reduksi surfaktan dalam air limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi pengolahan air limbah *bakery* secara fisika-biologis (*stripper*-lumpur aktif) dalam skala *full-scale* hingga dapat memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Penggunaan unit *stripper* ini berfungsi sebagai pengganti *pretreatment* untuk mendemulsifikasi minyak-lemak yang terbentuk akibat adanya surfaktan, dimana limbah yang telah terpecah kestabilan emulsinya menjadi komponen minyak, organik, dan surfaktan akan diolah lebih lanjut dengan proses lumpur aktif.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan bahan

Air limbah industri *bakery* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan air limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Volume limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut adalah 3 m^3 /hari. Starter bakteri untuk lumpur aktif diambil dari unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dari salah satu industri minuman ringan di Kab. Semarang dengan MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*) sludge sebesar 6000-8000 mg/L. Pompa digunakan untuk mengatur aliran limbah dan *diffuser* digunakan untuk suplai udara pada unit aerasi dan lumpur aktif.

2.2. Karakteristik air limbah

Karakterisasi air limbah dilakukan untuk mengetahui karakter limbah sebelum diolah pada unit-unit IPAL. Parameter pengukuran yang digunakan dalam

karakterisasi air limbah dilakukan sesuai dengan Perda Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah untuk industri *bakery* yaitu TSS, BOD, COD, dan pH.

2.3. Desain eksperimen

Variabel waktu tinggal di unit aerasi-stripper ditentukan melalui proses uji coba di laboratorium menggunakan unit reaktor dengan volume kerja 2 L, dan menggunakan pompa peristaltik (*bench scale* Masterflex 7568-62) dengan variasi waktu tinggal 14, 24, 25, 26 dan 48 jam. Eksperimen dilakukan dengan menjalankan seluruh sistem secara kontinu.

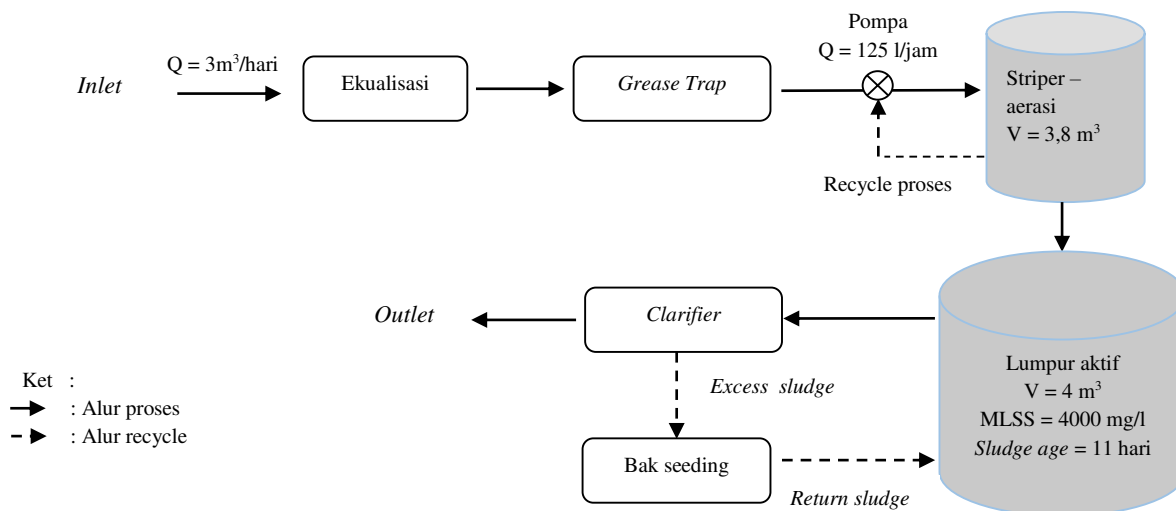
Pada uji coba full scale/operasional dilakukan perhitungan efisiensi penurunan kadar COD dan Surfaktan pada kompartemen *stripper* dan lumpur aktif didapatkan dengan menghitung persentase (%) pengurangan nilai sebelum memasuki dan setelah diolah pada masing-masing kompartemen. *Recycle* proses hanya dilakukan pada kompartemen *stripper*, *recycle* ini dilakukan dengan mengambil air limbah dari bak aerasi dengan menggunakan pompa Akuila AA-350, proses ini dilakukan sebanyak satu kali dengan tujuan untuk memaksimalkan degradasi surfaktan. Debit aliran limbah yang digunakan adalah 3 m^3 per hari. Pengambilan sampel air limbah dilakukan setiap pukul 17.30 WIB ketika seluruh proses produksi telah

selesai sehingga diharapkan kualitas dan kuantitas air limbah konsisten selama satu kali siklus pengolahan. Skema/diagram alir proses pengolahan limbah ditunjukkan pada Gambar 1.

2.4. Desain reaktor

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini merupakan reaktor dengan skala penerapan/aplikasi. Unit *stripper* terdiri atas kolom *stripper* dan kompartemen aerasi. Kolom *stripper* berdimensi $0,6 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \times 3,2 \text{ m}$, sementara kompartemen aerasi berdimensi $1,7 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 1,05 \text{ m}$ dengan volume efektif sebesar $3,8 \text{ m}^3$. Penambahan kompartemen aerasi bertujuan untuk memaksimalkan pemecahan senyawa-senyawa emulsi yang terdapat pada air limbah. Udara untuk aerasi pada unit ini disupply dari blower dengan kekuatan 1 pk.

Unit lumpur aktif berdimensi $2,52 \text{ m} \times 1,7 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}$ dengan volume efektif sebesar 4 m^3 , unit ini berada tepat setelah unit *stripper*, diantara kedua unit ini dipisahkan oleh bak antara untuk mencegah masuknya suspensi pada unit lumpur aktif. Titik outlet lumpur aktif dilengkapi dengan sekat/*baffle* untuk mencegah terikutnya flok-flok lumpur aktif.



Gambar 1. Diagram alir proses pengolahan air limbah industri bakery

Untuk keperluan desain awal unit lumpur aktif ditentukan dengan menggunakan perhitungan *sludge age*, F/M rasio, HRT dan volume limbah yang di hasilkan oleh industri. *Sludge age*/umur lumpur dihitung untuk mengetahui perkiraan waktu hidup efektif dari lumpur aktif yang digunakan, apabila telah memasuki masa kematian lumpur aktif maka diperlukan penambahan lumpur dari bak seeding. Pada saat operasional, MLSS pada lumpur aktif di atur pada nilai berkisar antara 4000-4500 mg/L, hal ini dilakukan agar menjaga efektifitas unit lumpur aktif tetap maksimal. Perhitungan persentase *sludge* yang harus dikembalikan dihitung menggunakan perhitungan % *return sludge*. Perhitungan *return sludge* dan *sludge age*/umur lumpur berdasarkan Gerardi (2002) adalah sebagai berikut:

$$\text{Sludge age} : \frac{MLSS \times \text{Volume reaktor}}{(TSS \text{ influen} \times \text{debit influen}) + (TSS \text{ effluen} \times \text{debit effluen})} \quad (1)$$

$$\% \text{ return sludge} = \frac{SVI \times 100}{1000 - SVI} \quad (2)$$

F/M rasio adalah rasio antara food/makanan dan mikroorganisme dalam unit lumpur aktif. F/M rasio ini sangat spesifik untuk tiap-tiap jenis limbah yang digunakan (Haandel dan Lubbe, 2012). Perhitungan F/M rasio lumpur aktif yang umum digunakan adalah menggunakan nilai BOD₅ inlet lumpur aktif dan MLVSS, namun kedua nilai tersebut akan sulit diterapkan pada saat proses operasional unit IPAL karena pengujian yang dilakukan memerlukan waktu yang cukup lama (5 hari untuk BOD₅). Oleh karena itu nilai BOD₅ dapat digantikan oleh nilai COD (Metcalf dan Eddy, 1991) dan nilai MLVSS dapat terwakili oleh nilai MLSS. Berikut adalah perhitungan yang digunakan :

$$F/M = \frac{COD \times \text{debit}}{MLSS \times \text{Volume reaktor}} \quad (3)$$

Untuk menentukan waktu tinggal atau HRT (*Hydraulic retention time*) efektif reaktor dilakukan perhitungan dan percobaan pada skala laboratorium dengan

melakukan aerasi pada lumpur aktif dengan menggunakan limbah asal sebagai substrat. Perhitungan HRT dilakukan berdasarkan Seviour dan Blackall (1999) adalah sebagai berikut :

$$HRT = \frac{\text{Volume reaktor} \times 24}{\text{debit}} \quad (4)$$

2.5 Analisa

Sampel air limbah diambil dari titik *inlet* dan *outlet* tiap unit dan dianalisa. Performa tiap unit dievaluasi menggunakan parameter COD dan surfaktan. Parameter lain, seperti BOD dan TSS dianalisa untuk mengetahui kualitas keluaran sistem terhadap baku mutu. Analisa COD dilakukan dengan metode refluks terbuka sesuai dengan SNI 06-6989.15-2004. Pengukuran surfaktan dilakukan dengan metode spektrofotometri (*metilen blue active substances*/MBAS) sesuai dengan SNI 06-6989.51-2005. Pengukuran parameter TSS menggunakan metode gravimetri sesuai dengan SNI 06-6989 3-2004. Pengukuran BOD₅ dilakukan dengan menggunakan metode titrimetri sesuai dengan SNI 06-6989.72-2009.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian karakterisasi air limbah yang dihasilkan oleh industri memiliki karakter tinggi kandungan organik, hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai COD dan BOD₅, hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter berdasarkan baku mutu Perda Jawa Tengah No. 5 tahun 2012

No	Parameter	Hasil Pengukuran (mg/L)	Baku mutu (mg/L)
1.	COD	4977	175
2.	TSS	448	85
3.	BOD ₅	1207	85
4.	pH	7,8	6-9

Untuk mengetahui waktu tinggal maksimal dalam mendegradasi air limbah menggunakan lumpur aktif maka

dilakukan uji coba aerasi lumpur aktif. Hasil uji coba aerasi lumpur aktif terhadap air limbah dapat dilihat pada gambar 2.

Dari hasil perhitungan (4) didapatkan HRT untuk limbah industri *bakery* adalah 32 jam. Selain berdasarkan perhitungan, dilakukan juga uji coba di laboratorium, dan didapatkan hasil bahwa efisiensi penurunan COD air limbah menggunakan lumpur aktif paling efektif adalah 24 jam, sedangkan setelah 24 jam penurunan COD tidak signifikan dan waktu tinggal 25-48 jam dinilai tidak lebih efektif dibandingkan dengan 24 jam dilihat dari efisiensi COD dan investasi yang diperlukan untuk pembuatan IPAL. Oleh karena itu digunakan waktu 24 jam sebagai acuan waktu tinggal (*hydraulic retention time*). F/M rasio pada unit lumpur aktif ini adalah 0,268, nilai tersebut merupakan nilai ideal untuk lumpur aktif dalam mengolah limbah industri *bakery* yang digunakan. Parameter F/M merupakan salah satu parameter untuk memonitoring efisiensi proses dari unit lumpur aktif.

Berdasarkan keterangan pihak industri, surfaktan yang digunakan adalah berjenis SDS, sehingga air limbah yang digunakan pada proses pengolahan ini didominasi oleh surfaktan berjenis *Sodium dodecylbenzene sulphonate* (SDS). SDS merupakan salah satu jenis surfaktan anionik yang termasuk dalam grup *linear alkylbenzene sulphonate* (LAS). Surfaktan anionik umumnya dapat didegradasi secara biologis pada lumpur aktif, namun penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa SDS dapat mempengaruhi morfologi, kuantitas dan kualitas biomassa flok lumpur aktif (Liwarska-bizukoje & Bizukoje 2006). Selain itu, surfaktan dalam air limbah dapat membentuk emulsi dengan minyak-lemak. Emulsi yang terbentuk oleh surfaktan bersifat stabil sehingga akan lebih sulit terolah pada sistem pengolahan secara aerobik. Oleh karena itu diperlukan *pretreatment* untuk mengurangi konsentrasi surfaktan dan mendemulsifikasi air limbah sebelum diolah dengan lumpur aktif.

Degradasi Surfaktan dan senyawa organik pada Unit *Stripper*

Berdasarkan penelitian Sartamtomo et al (2008), pengolahan air limbah yang mengandung surfaktan SDS pada skala laboratorium menggunakan metode sistem aerasi-*stripper*-lumpur aktif dapat menurunkan surfaktan hingga 99,84% dan COD sebesar 95,68%. Efisiensi penurunan kadar surfaktan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Efisiensi penurunan surfaktan berkisar antara 14% - 80% (Gambar 3), perbedaan persentase efisiensi tersebut disebabkan oleh fluktuasi kualitas air limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut, data yang disajikan pada tabel 1 merupakan gambaran umum mengenai inlet air limbah industri *bakery* yang digunakan. Penurunan kadar surfaktan terendah terjadi pada hari ke 6 dimana penurunan yang terjadi hanya sebesar 14 %, rendahnya penurunan surfaktan ini terjadi karena adanya *shock loading* pada hari ke 6 sehingga sistem tidak dapat berjalan dengan baik. Untuk memulihkan kondisi sistem lumpur aktif yang menurun karena *shock loading* maka dilakukan penambahan lumpur aktif dari bak seeding hingga MLSS sistem menjadi 4000-4500 mg/L agar sistem dapat kembali optimal dan stabil.

Efisiensi penurunan kadar surfaktan menggunakan sistem *stripper*-aerasi menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengolah surfaktan yang terkandung dalam air limbah hingga konsentrasi 252,2 mg/L. *Stripper* merupakan sebuah unit pengolahan limbah berbentuk kolom dan memiliki sekat-sekat di dalamnya. Sekat-sekat tersebut berfungsi sebagai bidang kontak untuk memecah emulsi-emulsi surfaktan secara fisik, kontak fisik antara surfaktan dengan plat-plat *stripper* menyebabkan molekul surfaktan melepaskan gugus sulfonat yang kemudian terdegradasi menjadi gugus sulfat (Sartamtomo dkk., 2008).

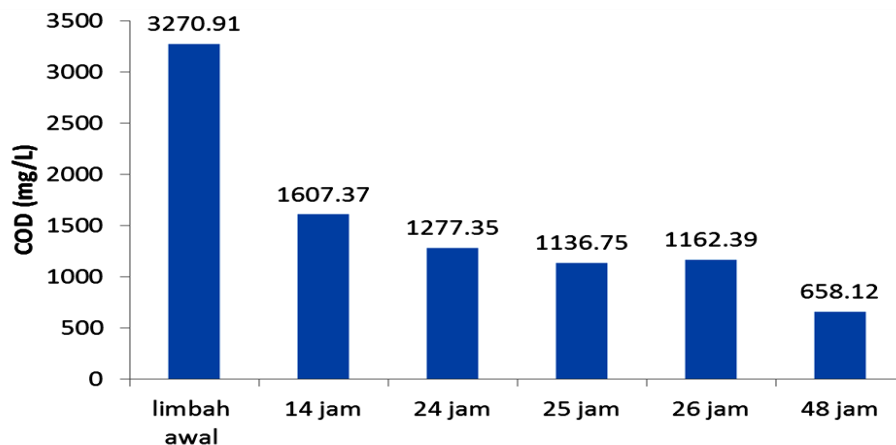
Dari hasil pengukuran COD pada unit *stripper* menunjukkan efisiensi penurunan COD dalam air limbah cukup tinggi berkisar antara 51%-96% (Gambar 4). Penurunan COD yang cukup tinggi ini disebabkan karena surfaktan yang mendominasi air limbah tersebut telah mengalami degradasi, adapun beberapa senyawa organik yang terpecah menjadi senyawa-senyawa volatil yang

menguap sehingga menurunkan kadar COD pada air limbah yang telah diolah pada unit *stripper*.

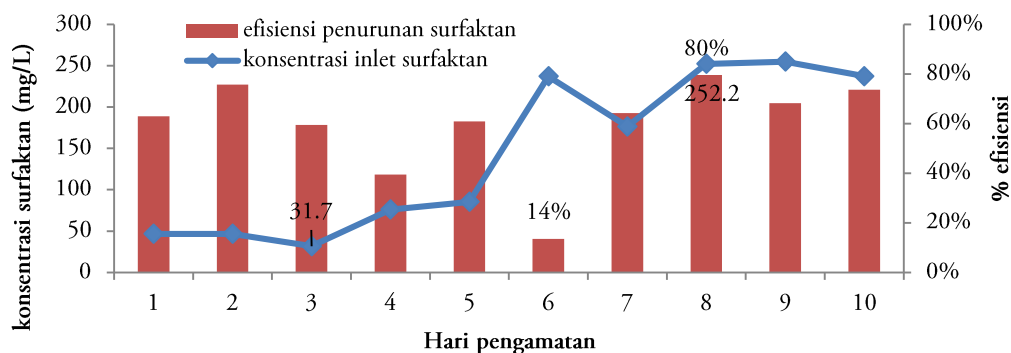
Degradasi senyawa organik pada unit lumpur aktif

Efek surfaktan terhadap pembentukan dan regenerasi flok-flok lumpur aktif telah dijelaskan oleh banyak peneliti, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Liwarska-bizukojc dan Bizukojc (2006) yang menunjukkan adanya perubahan bentuk morfologis dan kualitas flok lumpur aktif yang terpapar oleh surfaktan. Surfaktan memiliki sifat sebagai agen pendispersi, ketika terjadi kontak antara surfaktan dan partikel flok maka ikatan-ikatan di dalam flok akan melemah dan akan memecah flok menjadi partikel-partikel yang lebih kecil (Gerardi, 2002). Dispersi flok lumpur aktif ini akan berdampak pada ketidakstabilan keanekaragaman mikroorganisme dalam lumpur aktif sehingga efektifitas dari proses lumpur aktif tersebut akan menurun.

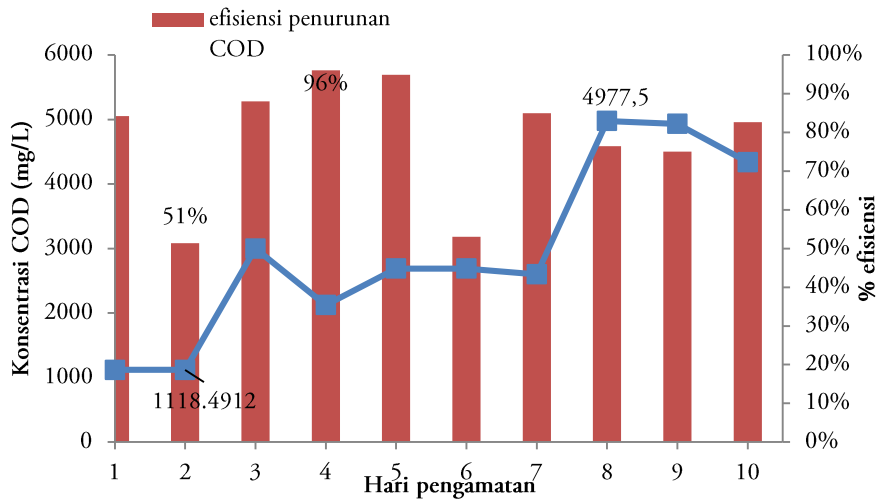
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan COD pada unit lumpur aktif berkisar antara 33-79%. Terdapat fluktuasi penurunan kadar COD pada pengamatan hari ke-3 dan 4, fluktuasi yang terjadi pada hari ke 3 dan ke 4 terlihat sangat tinggi sehingga sistem lumpur aktif mengalami *shock loading* (kenaikan COD influen dari 176 ke 3273 mg/L) dan hal ini sangat berpengaruh terhadap laju degradasi COD pada unit lumpur aktif. Mengingat beban limbah masuk yang sangat fluktuatif di unit lumpur aktif, proses penyegaran sludge dilakukan dengan memperhitungkan usia sludge (*sludge age*). Berdasarkan perhitungan, diketahui bahwa usia sludge/*sludge age* adalah 11 hari, sehingga apabila diperlukan maka proses penyegaran perlu dilakukan pada hari ke 9, sebelum sludge mati (*bulking*). Proporsi sludge yang dikembalikan dari bak seeding ke unit lumpur aktif adalah sebanyak 25% (% *return sludge*) berdasarkan perhitungan (2).



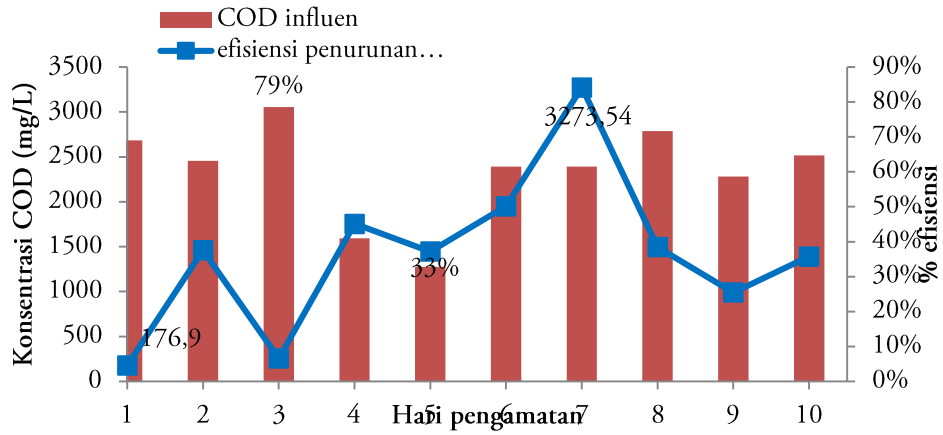
Gambar 2. Hasil percobaan aerasi limbah



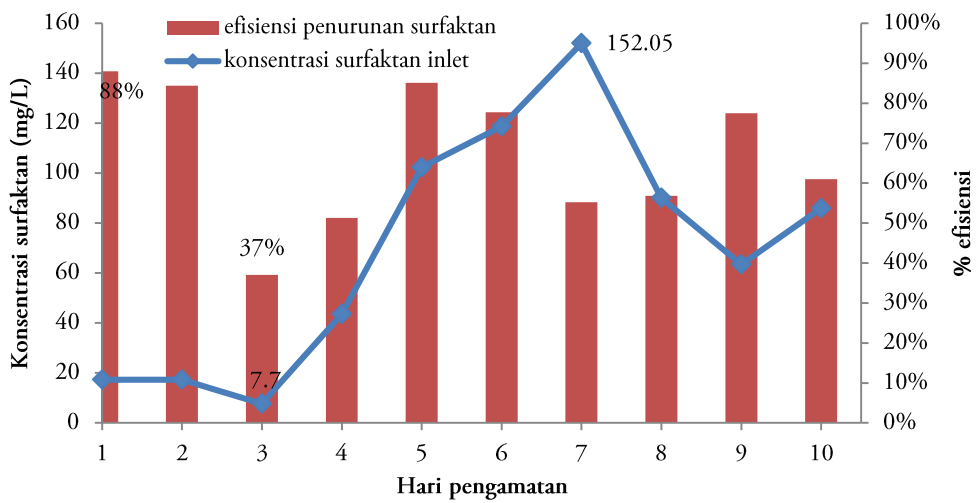
Gambar 3. Persentase penurunan kadar surfaktan pada unit *stripper*



Gambar 4. Efisiensi penurunan COD pada unit stripper



Gambar 5. Efisiensi penurunan kadar COD pada unit lumpur aktif



Gambar 6. Efisiensi penurunan surfaktan dalam lumpur aktif

Selain disebabkan oleh tingginya fluktuasi yang terjadi, penyebab lain dari penurunan efisiensi degradasi COD ini dipengaruhi juga oleh tingginya surfaktan yang masuk kedalam unit lumpur aktif. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Dereszewska dkk., (2015) menunjukkan bahwa surfaktan pada konsentrasi tinggi dapat membentuk gugus kompleks dengan substrat organik, sehingga substrat yang dibutuhkan sebagai sumber karbon oleh mikroorganisme untuk mengolah air limbah akan berkurang dan menurunkan efektifitas proses biologis. Pada konsentrasi rendah surfaktan dapat berperan sebagai substrat energi bagi mikroorganisme sehingga dapat menstimulasi degradasi polutan pada proses pengolahan di lumpur aktif (Karray dkk., 2016).

Gambar 6 menunjukkan bahwa sistem lumpur aktif memiliki efisiensi yang cukup tinggi dalam mendegradasi senyawa surfaktan yaitu berkisar antara 37%-88%. Efisiensi terendah yaitu 37% terjadi pada hari ke-3 dimana kadar surfaktan dalam unit lumpur aktif berjumlah sangat kecil yaitu 7,7 mg/L sehingga pengurangan kadar surfaktan tidak akan signifikan. Pada kadar surfaktan tersebut maka prevalensi degradasi bakteri maupun mikroorganisme pada lumpur aktif akan lebih dominan pada substrat utama yang senyawa-senyawa organik. Penurunan efisiensi terjadi lagi pada hari ke-7 dimana konsentrasi surfaktan terhitung sebanyak 152,05 mg/L dan efisiensi degradasi surfaktan sebesar 55%, hal ini menunjukkan bahwa pada kadar surfaktan 152,05 mg/L merupakan kadar yang tidak dapat didegradasi secara maksimal. Tingginya kadar surfaktan ini akan mengganggu proses degradasi secara keseluruhan. Efisiensi degradasi surfaktan yang paling tinggi terjadi pada hari ke-5 dimana kadar surfaktan inlet sebesar 102,35 mg/L dan efisiensi degradasi sebesar 85%, ini menunjukkan bahwa unit lumpur aktif dapat mendegradasi surfaktan hingga kadar 102 mg/L.

Hasil pengukuran effluent (Tabel 2) menunjukkan bahwa pengolahan air limbah industri *bakery* menggunakan sistem *stripper*-lumpur aktif memiliki efisiensi pengolahan sebesar 98,9% untuk COD, TSS sebesar 87,9%, dan BOD₅ sebesar 96,4% dibandingkan dengan inlet air limbah yang di proses (Tabel 1).

Tabel 2. Hasil pengukuran effluent

No.	Parameter	Hasil Analisa	Baku Mutu
		Kadar (mg/L)	Kadar Maks (mg/L)
1	TSS	54	85
2	BOD	42,78	85
3	COD	54,7	175
4	pH	8,3	6 – 9

4. KESIMPULAN

Penggunaan *stripper* sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan kadar surfaktan dalam air limbah telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 80% dalam air limbah industri *bakery*. Penurunan konsentrasi surfaktan dalam air limbah dapat mencegah terjadinya gangguan pada pengolahan secara biologis, sehingga proses pengolahan secara biologis dapat berjalan dengan baik.

Sistem pengolahan *Stripper*-lumpur aktif dalam mengolah air limbah industri *bakery* memiliki efisiensi yang tinggi yaitu sebesar 98,9% untuk COD, TSS sebesar 87,9%, dan BOD₅ sebesar 96,4%, hasil pengolahan tersebut memenuhi baku mutu yang telah dipersyaratkan. Pengolahan air limbah dengan menggunakan sistem *stripper*-lumpur aktif dapat direkomendasikan untuk diterapkan di industri *bakery*, maupun industri lain khususnya yang mengandung surfaktan tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pembimbing penulisan Dr. Haznan Abimanyu, Dipl. Eng yang telah memberikan masukan dan saran, juga pada kepala pejabat struktural yang telah memberikan kesempatan pada kami untuk melakukan riset, dan juga terimakasih pada penyelia dan analis laboratorium BBTPPI Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

Bitton, G., 2010. *Wastewater Microbiology: Fourth Edition*, Wiley-Liss. ISBN: 978-0-470-63033-4

- Chen, J. Paul, Lei Yang, dan Renbi Bai, 2006, *Waste Treatment in the Food Processing Industry*, Taylor and Francis Group, CRC PRESS.
- Dereszewska A., Cytawa S., Tomczak-Wandzel R., Medrzycka K., 2015, The Effect of Anionic Surfactant Concentration on Activated Sludge Condition and Phosphate Release in Biological Treatment Plant, *Polish Journal of Environmental Studies* 24 (1): 83–91.
- Eichhorn P., Rodrigues SV., Baumann W., Knepper TP., 2002, Incomplete Degradation of Linear Alkylbenzene Sulfonate Surfactants in Brazilian Surface Waters and Pursuit of Their Polar Metabolites in Drinking Waters, *Science of The Total Environment* 284 (1-3): 123–134.
- Feng L., Zhongyi Zhang, Zhenhong Mai, Yongmei Ma, Biqian Liu, Lei Jiang, dan Daoben Zhu, 2004, A Super-Hydrophobic and Super-Oleophilic Coating Mesh Film for the Separation of Oil and Water, *Angewandte Chemie* 116 (15). WILEY-VCH Verlag: 2046–2048.
- Gerardi MH., 2002, *Settleability Problems and Loss of Solids in the Activated Sludge Process*, Wastewater Microbiology Series. Vol. 1. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Haandel, A.C. van dan Lubbe, J.G.M. van der, 2012, *Handbook of Biological Wastewater Treatment*, Second Edition, IWA Publishing, ISBN 978-17-804-0080-8
- Karpati I, Bencze L, Borszerki L. R, (1995), New process for physico chemical pretreatment of dairy effluents with agricultural use of sludge produced, *Water Sci. Technol* 22:93-100.
- Karray F., Mezghani M., Mhiri N., Djelassi B., Sayadi S., 2016, Scale-down studies of membrane bioreactor degrading anionic surfactants wastewater: Isolation of new anionic-surfactant degrading bacteria. *International Biodeterioration & Biodegradation* 114:14-23.
- Liu M., Jing L., Zhiguang G., 2016, Polyaniline Coated Membranes for Effective Separation of Oil-in-Water Emulsions, *Journal of Colloid And Interface Science*, Elsevier Inc. 467: 261–70.
- Liwarska-Bizukojc E., Bizukojc M., 2006, Effect of Selected Anionic Surfactants on Activated Sludge Flocs, *Enzyme and Microbial Technology*, Elsevier Inc. 39: 660–68.
- Metcalf dan Eddy, 1991, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. Third Edition, Mc Graw-Hill Int Editions, ISBN 0-07-100824-1
- Othman, Maazuza Z, Liqiang Ding, dan Yi Jiao, 2009, Effect of Anionic and Non-Ionic Surfactants on Activated Sludge Oxygen Uptake Rate and Nitrification, *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering* 3 (10): 596–602.
- Sartantomo, Rifai M., Marlina B., (2008). *Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Deterjen Sistem Aerasi Bertingkat*, Maj. Ilm, Sultan Agung, XXXVIII.
- Seviour RJ., dan Black LL., *The Microbiology of Activated Sludge*. First Edition. Kluwer academic publisher. ISBN 978-94-001-3951-9
- Scott MJ., dan Jones MN., 2000, *The Biodegradation of Surfactants in the Environment*, *Biochimica et Biophysica Acta*. Elsevier Inc. 1508: 235-251.
- SNI 06-6989.15-2004. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka dengan Refluks Terbuka Secara Titrimetri*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 06-6989.51-2005. *Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer secara Metilen Blue*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 06-6989.3-2004. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) secara Gravimetri*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 06-6989.72-2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Sutton PM., Mishra PN., dan Crawford PM., 1994, *Combining Biological and Physical Processes for Complete Treatment of Oily Wastewaters Addition at*,

- International Biodeterioration & Biodegradation. Elsevier Inc. 33: 3–21.
- Tomczak-Wandzel R., Dereszewska A., Cytawa S., Medrzycka K., 2009, The Effect of Surfactant on Activated Sludge Process, Joint Polish-Swedish Reports 16 : 1–8.
- Vidal G., Carvalho A., 2000, Influence of the Content in Fats and Proteins on the Anaerobic Biodegradability of Dairy Wastewaters, *Bioresource Technology* 74: 231–39.
- Wang D., McLaughlin E., Pfeffer R., Lin YS., 2012, Adsorption of Oils from Pure Liquid and Oil-Water Emulsion on Hydrophobic Silica Aerogels, Separation and Purification Technology. Elsevier B.V. 99: 28–35.
- Zhang, Weijun, Ping Xiao, and Dongsheng Wang. 2014. “Bioresource Technology Central Treatment of Different Emulsion Wastewaters by an Integrated Process of Physicochemically Enhanced Ultrafiltration and Anaerobic–Aerobic Biofilm Reactor.” *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd 159: 150–156.