

## “PERBEDAAN WAKTU OPERASIONAL AERATOR LUMPUR AKTIF TERHADAP KADAR BOD, DO, SVI LIMBAH CAIR INDUSTRI SUSU”

Raditias, Rizcar Maulana<sup>1\*)</sup>, Tati Ruhmawati, Yosephina Ardiani, Teguh Budi<sup>1</sup>

<sup>1\*)</sup>Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, email:  
rizcarmaul@gmail.com

### ABSTRAK

Industri Susu merupakan industri yang memproduksi susu olahan siap minum, dan dari proses produksi tersebut menghasilkan limbah cair yang perlu diolah. *Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah parameter yang dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan dan lumpur aktif adalah pengolahan yang paling efektif. *Dissolved Oxygen* (DO) dan *Sludge Volume Index* (SVI) merupakan parameter yang dijadikan acuan untuk menilai keadaan lumpur aktif. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui perbedaan waktu operasional aerator dengan lumpur aktif selama 21 jam, 22 jam, 23 jam dan 24 jam terhadap kadar BOD, DO, dan angka SVI limbah cair industri susu. Penelitian ini merupakan eksperimen semu dengan jumlah sampel sebanyak 40 buah dari 5 kali pengulangan. Sampel diambil dengan metode *grab sampling* pada *influent* dan *effluent* bak lumpur aktif. Hasil uji Kruskal Wallis data Parameter BOD, P value  $0,162 > \alpha$  (0,05); hasil uji One Way ANOVA Angka SVI, P value  $0,482 > \alpha$  (0,05); hasil uji One Way ANOVA Kadar DO, P value  $0,719 > \alpha$  (0,05), dari hasil statistik, disimpulkan tidak ada hubungan antara perlakuan terhadap parameter yang diperiksa. Penurunan tertinggi parameter BOD persentase 98,73%, 24 jam waktu operasional; Penurunan tertinggi parameter SVI persentase 81,30%, 24 jam waktu operasional; Kenaikan tertinggi parameter DO persentase 75,86%, 23 jam waktu operasional.

**Kata kunci** : limbah cair industri susu, BOD, DO, SVI, waktu kontak aerator, lumpur aktif

### ABSTRACT

Milk Factory is an industry that produces ready to drink milk, and from the production generates liquid waste that needs to be processed. Biological Oxygen Demand (*BOD*) is a parameter that can cause problems for the environment and activated sludge is the most effective treatment to eliminate that parameter. *Dissolved Oxygen* (*DO*) and *Sludge Volume Index* (*SVI*) is a parameter used as a reference to assess the state of activated sludge. The purpose of this study was to determine the differences in the operational time of aerators with activated sludge for 21 hours, 22 hours, 23 hours and 24 hours on decreasing *BOD*, and *SVI*, as well as *DO* levels of milk industry liquid waste. This study is experimental type with a total sample of 40 pieces out of 5 repetitions. Samples were taken by grab sampling method on influent and effluent of activated sludge tank. Kruskal Wallis test results on *BOD* parameter data, P value  $0,162 > \alpha$  (0,05); One Way ANOVA test results on *SVI* rate, P value  $0,482 > \alpha$  (0,05); One Way ANOVA test results on *DO* Level, P value  $0,719 > \alpha$  (0,05), and from these statistical test, it can be concluded that there is no difference between the treatment given and the parameters examined. The highest reduction of BOD is 98,73%, 24 hours operational time; The highest reduction of SVI is 81,30%, 24 hours operational time; The highest increase of DO is 75,86%, 23 hours operational time.

**Key words** : milk industry liquid waste, *BOD*, *DO*, *SVI*, operational time of aerators, activated sludge

## PENDAHULUAN

Prospek industri susu yang semakin menjanjikan, berdampak pada peningkatan volume limbah cair yang dihasilkan. Sumber utama limbah cair industri susu adalah dari produk yang hilang selama operasi pencucian<sup>[1]</sup>. Instalasi Pengolahan Air Limbah yang digunakan memiliki proses pengolahan utama dengan bantuan mikroorganisme yang sangat cocok dalam mengurai cemaran yang terdapat pada limbah cair. Pengolahan limbah menggunakan bantuan mikroorganisme cukup efektif tetapi memiliki tantangan dalam hal perawatannya, dari hasil pemeriksaan yang dilakukan terdapat hasil proses pengolahan limbah (*effluent*) yang belum memenuhi baku mutu, dengan kadar BOD sebesar 56,43ppm.

Dilakukan peninjauan pada proses bak aerasi lumpur aktif sebagai salah satu proses yang memiliki spesifikasi reduksi angka cemaran paling tinggi. Bak lumpur aktif dilengkapi dengan perangkat aerator permukaan yang dioperasikan selama 20 jam, dan limbah produksi terus masuk secara kontinu dari bak penampungan awal, hal ini menimbulkan permasalahan fluktuasi-nya kadar BOD pada *effluent*, selain itu juga menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dan penggumpalan lumpur. Nilai *Dissolved Oxygen* (DO) saat pengoperasian aerator menyala sebesar 8,1 ppm, dan saat dimatikan selama 30 menit dan 60 menit secara berturut-turut sebesar 6,1 ppm dan 1,4 ppm. Kandungan oksigen terlarut yang baik tidak boleh kurang dari 1,7 ppm<sup>[2]</sup>. Selain itu, peninjauan keadaan lumpur melalui nilai *Sludge Volume Index* (SVI) sebesar 3281 mL/g dengan standar nilai SVI 100-150, dengan pertimbangan semakin tinggi SVI maka semakin lumpur tidak memenuhi syarat<sup>[2]</sup>.

Kadar oksigen terlarut dan nilai SVI berkaitan dengan kinerja mikroorganisme dalam mengurai bahan organik, dan keadaan dua parameter dipengaruhi oleh proses aerasi pada

bak lumpur aktif yang hanya dioperasikan selama 20 jam, sedangkan proses aerasi dalam waktu operasional 24 hingga 48 jam memiliki pengaruh penurunan nilai BOD paling tinggi yaitu sebesar 85%, dan meningkatkan kualitas lumpur aktif<sup>[3]</sup>.

Permasalahan atas mesin aerator mekanik pada proses Instalasi Pengolahan Air Limbah kontinu yang hanya dioperasikan selama 20 jam dalam sehari, membuat peneliti tertarik untuk mengetahui pengaruh lama waktu pengoperasian mesin aerator mekanik dalam bak aerasi lumpur aktif pada variasi waktu 21 jam, 22 jam, 23 jam, dan 24 jam terhadap kadar BOD, DO, dan Angka SVI limbah cair di Industri Susu. Penelitian ini orisinal karena dilakukan pada lingkup industri susu, dan dengan meninjau 3 parameter (BOD, DO, dan Angka SVI) setelah diperlakukan dengan perbedaan waktu operasional mesin aerator mekanik.

## METODA

Rancangan penelitian ini adalah eksperimen dengan desain penelitian *pre-post test without control*. Sampel yang digunakan berasal dari *influent* dan *effluent* bak lumpur aktif di IPAL PT. Industri Susu Alam Murni. Mesin aerasi yang terdapat dalam bak lumpur aktif ditunjukkan pada gambar 1, dengan tipe aerator permukaan, dan kecepatan rotasi 1800 RPM.



Gambar 1. Mesin Aerator Mekanik<sup>[13]</sup>

Ditempatkan pada tengah bak lumpur aktif yang memiliki dimensi 11m x 15m x 4m, yang dalam penelitian ini akan dioperasikan selama 21 jam, 22

jam, 23 jam, dan 24 jam<sup>[4]</sup>. Setelah diberikan 4 perlakuan tersebut, akan dilakukan pemeriksaan atau pengukuran untuk parameter BOD, DO, dan Angka SVI dengan banyak pengulangan sebanyak 5 kali untuk masing-masing perlakuan sehingga sampel berjumlah 40.

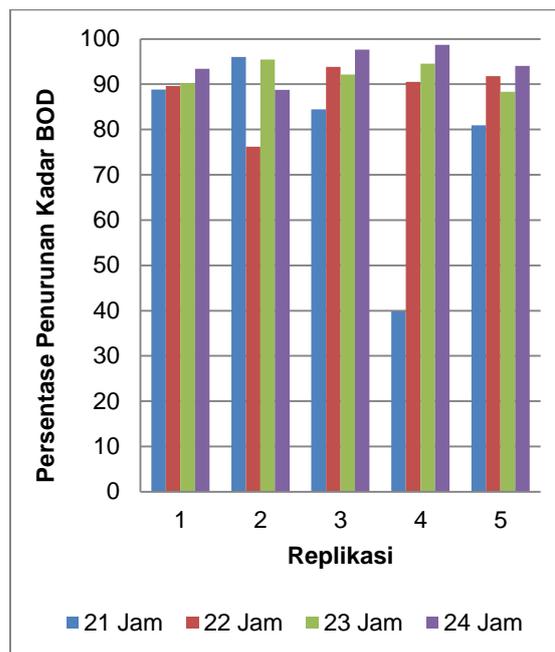
Prosedur penelitian ini, untuk parameter BOD akan dilakukan pengambilan sampel dititik *influent* dan *Effluent* bak lumpur aktif selanjutnya dianalisa menggunakan metode titrimetri (yodometri), sedangkan untuk parameter SVI akan dilakukan pengambilan sampel pada bak lumpur aktif secara langsung dan dilakukan pengukuran menggunakan corong *inhoff*, dan untuk parameter DO akan dilakukan pemeriksaan secara langsung pada bak lumpur aktif sebelum dan setelah diberi perlakuan serta mempertimbangkan kadar salinitas lumpur dan ketinggian area menggunakan alat *DIGITAL OXYGEN METER Model DO-5510* buatan *MRC Lab*.

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung persentase penyisihan kadar atau angka pada setiap parameter sebelum dan setelah dilakukan perlakuan, dengan rumus sebagai berikut:

$$\left( \frac{\text{Kadar Awal} - \text{Kadar Akhir}}{\text{Kadar Awal}} \right) \times 100\%$$

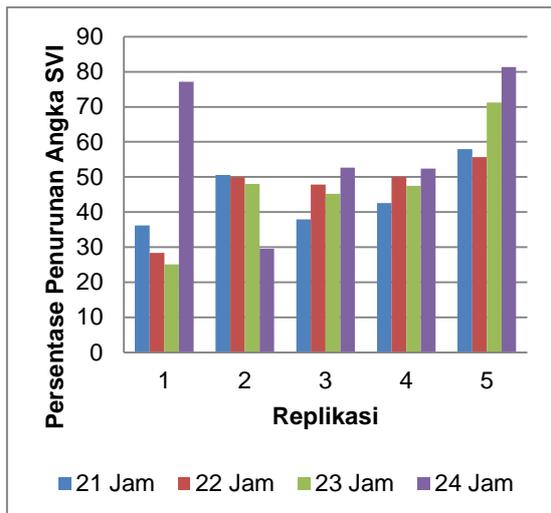
Setelah dilakukan perhitungan persentase penyisihan, kemudian data dianalisis dengan uji statistik yaitu *ANOVA One Way* untuk data berdistribusi normal, dan *Kruskall Wallis* untuk data yang tidak berdistribusi normal untuk mengetahui perbedaan dari masing-masing parameter yang diperiksa dengan perlakuan waktu operasional aerator mekanik 21 jam, 22 jam, 23 jam, dan 24 jam.

## HASIL PENELITIAN



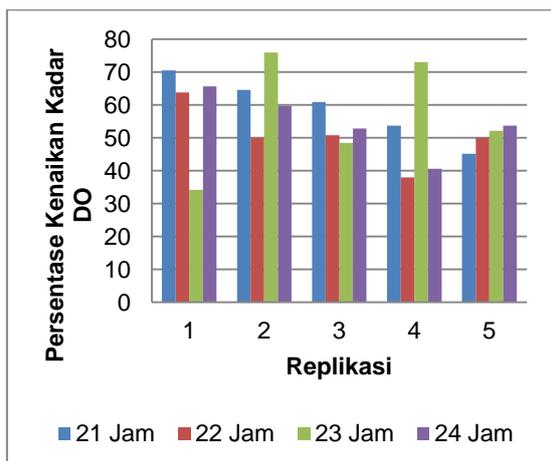
Gambar 2. Persentase penurunan Kadar BOD tiap pengulangan

Pada gambar 2, dapat dilihat fluktuasi dari masing-masing persentase penurunan Kadar BOD setelah diberikan perlakuan, pada perlakuan 24 jam waktu kontak, dapat terlihat tinggi batang histogram yang cukup linear yang dapat diartikan persentase penurunan kadar BOD untuk perlakuan 24 jam adalah yang paling tinggi dan konstan (dalam jangkauan 90%), sedangkan jika ditinjau dari batang histogram untuk perlakuan 21 jam terjadi fluktuasi yang cukup signifikan dengan turunnya Persentase Penurunan Kadar BOD yang menandakan proses aerasi pada waktu kontak 21 jam masih memiliki kemungkinan untuk menyebabkan fluktuasi nilai *effluent* limbah cair.



Gambar 3. Persentase penurunan Angka SVI

Berdasarkan gambar 3 yang berisi persentase penurunan angka SVI, diketahui ragam persentase penurunan angka SVI dari masing-masing perlakuan. Dari perlakuan 1 (21 jam waktu kontak); 2 (22 jam waktu kontak); dan 3 (23 jam waktu kontak) memiliki kecenderungan persentase penurunan angka SVI yang sedang dengan kisaran persentase penurunan antara 28% hingga 70%. Sedangkan, untuk perlakuan 4 (24 jam waktu kontak) memiliki hasil persentase yang fluktuatif tetapi dalam titik tertinggi dengan kisaran antara 30% hingga 85%.



Gambar 4. Persentase kenaikan Kadar DO

Grafik histogram Gambar 4 dapat dilihat besaran persentase kenaikan kadar DO pada setelah perlakuan cukup fluktuatif. Hal ini dapat diartikan

proses aerasi dengan waktu kontak 21 jam, 22 jam, 23 jam, dan 24 jam memiliki pengaruh cukup besar dalam meningkatkan kadar DO pada bak lumpur aktif.

Penentuan ada tidaknya perbedaan pada waktu operasional mesin aerator mekanik terhadap Kadar BOD, DO dan Angka SVI limbah cair di PT. Industri Susu Alam Murni adalah dengan analisis menggunakan uji ANOVA One Way (jika distribusi data normal) dan uji *Kruskall Wallis* (jika distribusi data tidak normal), dan hasil dari masing-masing parameter adalah sebagai berikut,

1. Hasil uji *Kruskall Wallis* data Parameter BOD, P value 0,162 >  $\alpha$  (0,05);
2. Hasil uji One Way ANOVA Angka SVI, P value 0,482 >  $\alpha$  (0,05);
3. Hasil uji One Way ANOVA Kadar DO, P value 0,719 >  $\alpha$  (0,05)

dengan kaidah pengambilan keputusan:

Ho : "Tidak ada pengaruh perbedaan waktu operasional aerator mekanik pada bak aerasi lumpur aktif terhadap kadar BOD, DO, dan Angka SVI limbah cair Industri Susu"

Ha : "Ada pengaruh perbedaan waktu operasional aerator mekanik pada bak aerasi lumpur aktif terhadap kadar BOD, DO, dan Angka SVI limbah cair Industri Susu"

Dari hasil uji statistik ketiga parameter, dikarenakan nilai p value lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) atau derajat kesalahan 5%, maka Ho diterima dan Ha ditolak, sehingga tidak terdapat perbedaan antara waktu operasional mesin aerator mekanik terhadap keadaan parameter BOD, DO, dan Angka SVI pada limbah cair PT. Industri Susu Alam Murni. Tetapi, terdapat reduksi yang cukup besar dengan dilakukannya waktu operasional mesin aerator mekanik tersebut yaitu Penurunan tertinggi parameter BOD pada perlakuan 24 jam waktu operasional dengan persentase

98,73%; Penurunan tertinggi parameter SVI pada perlakuan 24 jam waktu operasional dengan persentase 81,30%; Kenaikan tertinggi parameter DO pada perlakuan 23 jam waktu operasional dengan persentase 75,86%.

## PEMBAHASAN

### 1. Pengaruh Perbedaan Waktu Operasional Aerator Mekanik Pada Bak Aerasi Lumpur Aktif terhadap Kadar BOD

PT. ISAM menggunakan lumpur aktif sebagai salah satu media untuk proses pengolahan limbah cair produksinya. Proses pada Instalasi Pengolahan Air Limbah di PT. ISAM telah dilakukan sejak tahun 2001, yang menunjukkan proses pengolahan limbah cair telah berlangsung lama, dan menunjukkan adanya kemungkinan penurunan efektifitas reduksi bahan cemaran pada setiap proses IPAL tersebut, hal ini dibuktikan dengan hasil pemeriksaan awal oleh peneliti untuk parameter BOD pada *effluent* limbah cair tidak memenuhi baku mutu.

Dari analisis grafik histogram pada gambar 2, memiliki makna bahwa semakin lama waktu operasional mesin aerator mekanik, semakin baik pula *effluent* limbah cair yang dihasilkan. Semakin lama waktu aerasi yang diberikan pada air limbah maka nilai BOD5 & COD dari air limbah tersebut semakin kecil, penurunan paling besar terjadi pada waktu aerasi 72 jam<sup>[3]</sup>. Penurunan nilai BOD5 & COD mengidentifikasi kualitas limbah tersebut lebih baik sehingga akan akan berdampak positif bagi kualitas lingkungan perairan jika limbah tersebut dilepas ke lingkungan<sup>[5][6]</sup>.

Dalam kajian berkaitan dengan parameter BOD, data hasil pemeriksaan dan persentase penurunan menunjukkan adanya pengaruh yang cukup dalam menjamin terpenuhinya kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme dalam melakukan penguraian bahan organik, dan hal ini

menunjukkan adanya peningkatan laju penguraian bahan cemaran dalam proses pengolahan limbah cair. Penurunan kadar BOD menandakan meningkatnya kualitas hasil proses pengolahan air limbah kearah yang lebih baik.

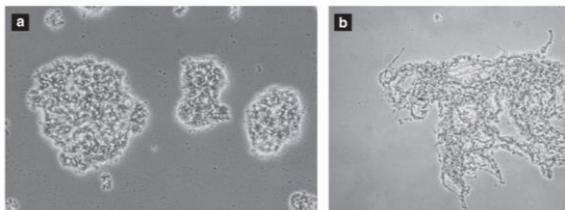
### 2. Pengaruh Perbedaan Waktu Operasional Aerator Mekanik Pada Bak Aerasi Lumpur Aktif terhadap Angka SVI

*Sludge Volume Index* adalah ukuran umum yang digunakan untuk mengetahui kualitas lumpur. Dalam proses pengolahan air limbah, lumpur dengan kualitas baik umumnya akan menghasilkan limbah yang memenuhi nilai baku mutu. SVI mempertimbangkan konsentrasi padatan larutan tersuspensi padat (MLSS) dan volume yang digunakan sejumlah lumpur tertentu. Secara umum, kualitas lumpur yang baik memiliki SVI dalam kisaran 50-150 mL/gram<sup>[2]</sup>. Semakin tinggi SVI, semakin lambat lumpur mengendap. Jika lumpur mengendap terlalu lambat, ini dapat menyebabkan hilangnya padatan tersuspensi di atas bendung penjernih. Jika SVI mengendap terlalu cepat, dan SVI <50 ini bisa disebabkan *pin floc*, yang umumnya (tetapi tidak selalu) disebabkan oleh lumpur tua<sup>[4][9]</sup>.

Hal ini sangat berkaitan dengan alur proses regenerasi lumpur aktif, dan juga proses aerasi. Proses aerasi pada bak lumpur aktif berfungsi selain untuk mensuplai oksigen untuk mikroorganisme pengurai juga sebagai salah satu meningkatkan percepatan dalam pembelahan diri bakteri<sup>[7]</sup>, tetapi jika ditinjau kembali pada hasil pemeriksaan sampel setelah perlakuan dengan angka SVI terendah yaitu 387,34 (Perlakuan 4, 24 jam waktu operasional), masih dikategorikan belum memenuhi standard (Angka SVI 150<sup>[2]</sup>), hal ini mengindikasikan adanya permasalahan selain dari waktu operasional mesin aerator, yaitu permasalahan dari karakteristik

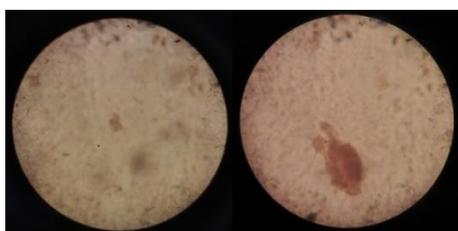
mikroorganisme dalam lumpur aktif tersebut.

Perbandingkan keadaan morfologi mikroorganisme pada kedua gambar berikut,



(a) Mikroorganisme bentuk bulat berfilamen  
(b) Mikroorganisme bentuk tak beraturan dengan filamen  
(c) Pembesaran Asli 100x

Gambar 5. Morfologi Mikroorganisme dalam Lumpur Aktif Optimum<sup>[9]</sup>



Gambar 6. Morfologi Mikroorganisme Lumpur Aktif PT. ISAM

Dari gambar 5 dapat dilihat morfologi dari mikroorganisme dalam lumpur aktif yang memiliki kerapatan baik dan aktif dalam melakukan penguraian, sedangkan dari gambar 6 diatas dapat dilihat komposisi bakteri yang terpisah-pisah dan terdapat lembar filamen yang cukup besar pada penampang morfologi mikroorganisme pada lumpur aktif, yang mengindikasikan terdapat masalah pada lumpur aktif tersebut yang menyebabkan lumpur sukar mengendap dan artinya lumpur dalam kondisi kurang baik (*bulking*). Kondisi *bulking* pada lumpur aktif dapat disebabkan juga oleh tingginya kadar bahan cemar organik pada limbah cair yang memasuki proses lumpur aktif atau meningkatnya volume limbah cair yang memasuki proses lumpur aktif sehingga pertumbuhan mikroorganisme berfilamen meningkat secara pesat, penyebab lainnya adalah terjadinya aerasi yang tidak mencukupi atau tidak merata<sup>[4][8]</sup>. Selain itu, bentuk bak lumpur aktif pada IPAL PT. ISAM yang

kotak dan cara kerja mesin aerator yang lebih cocok untuk bak silinder akan menyebabkan adanya bagian *dead point* pada setiap ujung dari bak. Adanya *dead point* pada bak lumpur aktif akan menyebabkan timbulnya *foaming* dan hal ini dapat mempercepat proses *sludge bulking* pada lumpur aktif sehingga efisiensi proses akan menurun<sup>[8][12]</sup>, seperti pada gambar berikut,



Gambar 7. Flow Works Aerator<sup>[13]</sup>

### 3. Pengaruh Perbedaan Waktu Operasional Aerator Mekanik Pada Bak Aerasi Lumpur Aktif terhadap Kadar DO

Pengukuran kadar DO pada bak lumpur aktif di IPAL PT. ISAM untuk mengetahui keadaan parameter Kadar DO sebelum dan setelah diperlakukan, keadaan lumpur aktif dengan kadar DO dalam jenjang 1.7 hingga 6.5 merupakan titik aman bagi mikroorganisme dalam lumpur aktif pada saat proses pengolahan limbah cair berlangsung<sup>[2]</sup>, dan oksigen terlarut dalam sangat dipengaruhi oleh keadaan suhu pada bak pada saat proses<sup>[11]</sup>.

Dari hasil pengukuran diketahui bahwa keadaan suhu dari masing-masing perlakuan mengalami fluktuasi yang cukup besar, kecuali untuk perlakuan 24 jam waktu operasional yang memiliki kisaran suhu 24,5°C hingga 25.0 °C, hal ini bisa terjadi karena suhu merupakan komponen alam yang mudah terpengaruhi oleh cuaca, tekanan atmosfer, dan keadaan sekitar lingkungan itu sendiri.

Sebelum melakukan pengukuran menggunakan alat DO Meter, diperlukan data salinitas lumpur aktif, dan ketinggian letak dari IPAL di

PT. ISAM, hal ini perlu dilakukan untuk dapat menjamin validitas dan keakuratan data hasil pengukuran. Letak PT. ISAM berada di area Ujung Berung – Gede Bade, Kota Bandung yang merupakan kawasan industri pada daerah landai dengan ketinggian 666 DPL<sup>[12]</sup>. Keadaan salinitas lumpur aktif di IPAL PT. ISAM, memiliki kadar 0.38-0.39<sup>[4]</sup>, setelah dilakukan input data ketinggian dan salinitas sampel yang akan diperiksa, perlu dilakukan kalibrasi alat sebelum melakukan pengukuran lumpur aktif.

## KESIMPULAN

Tidak terdapat perbedaan antara waktu operasional mesin aerator mekanik (21 Jam, 22 Jam, 23 Jam, 24 Jam) terhadap keadaan parameter BOD, DO, dan Angka SVI pada limbah cair Industri Susu. Tetapi jika dilihat dari hasil pemeriksaan, dengan perlakuan yang dilakukan dapat menghasilkan keadaan yang lebih baik atas parameter yang diperiksa.

Saran penelitian lanjutan yang berkaitan adalah melakukan *pilot project* untuk meneliti pengaruh besar nozzle pada mesin aerator terhadap penurunan parameter cemaran dalam limbah cair industri susu, dan membuat bak stabilisasi *Return Sludge* sebagai usaha perbaikan lumpur aktif.

## DAFTAR RUJUKAN

1. Wagini, R., dkk., 2002. Pengolahan Limbah Cair Industri Susu. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
2. Ningtyas, Rahayu. 2015. Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif. Bandung: Institut Teknologi Bandung
3. Arsawan, Made., dkk. 2007. Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan Limbah Berminyak. Denpasar: Universitas Udayana
4. Suzuki et al. *Method Of Improving The SVI Of Mixed Liquor In*

*Aeration Tank*. Amerika Serikat: *United States Patent*; 1984.

5. Hadinafta, Riyan. 2009. Analisis Kebutuhan Oksigen Untuk Dekomposisi Bahan Organik di Lapisan Dasar Perairan Estuari Sungai Cisadane, Tangerang. Bogor: Institut Pertanian Bogor
6. Komala, Puti Sri., dkk. 2009. Pengaruh Aerasi Terhadap Bioreaktor Membran Eksternal Untuk Biodegradasi Zat Warna Azo. Bandung: Institut Teknologi Bandung
7. Richard I, et al. 2012. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, Vol. 41, No. 7 (Jul., 1969), pp. 1285-1291 in *The Sludge Volume Index: What Is It?*. Carolina Utara: Universitas Carolina Utara
8. Said, Nusa Idaman. 2002. Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif Yang Diisi Dengan Media *Bioball*. Jakarta: Jurnal Air Indonesia Edisi Vol. BPPT
9. David Jenkins et al. 2017. *Manual On The Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming, and Other Solids Separation Problems, 3rd Edition*. Boca Raton: Finlandia
10. Eddy, Karden dan Sontang Manik. Pengelolaan Lingkungan Hidup. Cetakan ke- 3. Jakarta; Djambatan; 2009.
11. Srikandi, Fardiaz. Polusi Air & Udara. Penerbit KANISIUS. Yogyakarta; 1992.
12. BPS Kota Bandung. Tinggi Wilayah di Atas Permukaan Laut (DPL) Menurut Kecamatan di Kota Bandung (Diperbaharui 18 Juli 2018, Diunduh 18 April 2019). Available from: <https://bandungkota.bps.go.id/>
13. -----. 2013. Aqua Jet: Surface Mechanical Aerator Bulletin. Illinois: Aqua-Aerobics Systems

E-mail: rizcarmaul@gmail.com