

Pengaruh F/M Rasio dan Waktu Detensi Aerasi terhadap Efisiensi Removal TSS pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode Conventional Activated Sludge

Achmad Kurnia Saka Sandi^{1*}, Denny Dermawan², Ahmad Erlan Afiuddin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : kurniasandi904@gmail.com

Abstrak

Pengolahan air limbah domestik secara biologis dilakukan untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam air limbah, salah satunya kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan. Proses yang paling umum adalah lumpur aktif atau *conventional activated sludge*. Keberhasilan metode *conventional activated sludge* dipengaruhi oleh F/M rasio (perbandingan jumlah makanan dan mikroorganisme) dan detensi aerasi. Proses pengolahan air limbah domestik dengan metode lumpur aktif adalah dengan menambahkan lumpur yang mengandung mikroorganisme ke air limbah kemudian dilakukan aerasi (penambahan oksigen untuk membantu proses metabolisme mikroorganisme) selama waktu tertentu, kemudian diendapkan untuk memisahkan lumpur yang mengandung mikroorganisme dan air limbah yang telah diolah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi F/M Rasio dan Waktu Aerasi yang terbaik sehingga memiliki Efisiensi Removal TSS tertinggi pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode *Conventional Activated Sludge*. Penelitian ini melakukan simulasi pengolahan limbah cair domestik metode lumpur aktif dalam skala laboratorium. Air limbah yang berada dalam reaktor ditambahkan lumpur aktif kemudian diaerasi, setelah proses aerasi kemudian air limbah diendapkan untuk memisahkan kandungan lumpur dalam air limbah. Variasi pada setiap perlakuan berupa F/M rasio (0.25, 0.35, 0.45) dan variasi waktu aerasi (6 jam, 7 jam, 8 jam). Hasil percobaan, menunjukkan bahwa perlakuan yang nilai efisiensi *removal TSS* tertinggi adalah variasi F/M rasio 0.25 dan waktu detensi aerasi 8 jam dengan hasil efisiensi sebesar 89,7%.

Kata Kunci: *conventional activated sludge*, F/M rasio, mikroorganisme, TSS, waktu aerasi,.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, *domestic wastewater* atau limbah cair domestik adalah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga. Contoh limbah domestik ini adalah air bekas cucian yang mengandung deterjen, minyak, air yang terbuang saat mandi yang mengandung banyak sabun, dan kotoran manusia. Limbah-limbah ini memang tidak terlalu mengganggu bila jumlahnya sedikit. Akan tetapi, jika terakumulasi dan menjadi satu, limbah ini dapat menjadi masalah besar bagi kehidupan organisme lainnya, contohnya kelestarian ekosistem laut. limbah domestik dihasilkan dari kegiatan yang berasal dari kantin dan toilet. Pengolahan limbah cair domestik biasanya menggunakan mikroorganisme sebagai pengurai zat organik, sehingga keberhasilan pengolahan limbah cair domestik sangat ditentukan nilai F/M (*food to microorganism*) dan td (*time detention*).

Bangunan/unit yang digunakan dalam pengolahan limbah domestik SWTP (*sanitary wastewater treatment plant*) yang menggunakan metode metode lumpur aktif (*conventional activated sludge*). SWTP memiliki permasalahan dalam proses pengolahan limbah cair domestik yakni efisiensi *removal TSS* (*Total Suspended Solid*) pada SWTP tidak sesuai yang diharapkan yakni sebesar 85% (Anonim, 1996). Hal ini disebabkan karena nilai F/M yang terlalu besar yaitu 0,98 dan waktu detensi aerasi terlalu lama yakni 24 jam. pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional, standart rasio F/M adalah 0.25-0.45 kg BOD per KG MLSS perhari (Rick & Governor, 1990, p. 23), sedangkan waktu detensi aerasi optimum adalah range 4-8 jam (Rick & Governor, 1990, p.13).

Oleh karena itu, dalam penelitian ditentukan F/M rasio dan td (waktu detensi) aerasi sebagai variabel bebas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi *removal TSS* (*Total Suspended Solid*) dari limbah cair domestik, sehingga diharapkan dapat diketahui pengaruh dan kondisi optimal yang bisa didapatkan dari variasi variabel bebas terhadap hasil efisiensi *removal TSS* (*Total Suspended Solid*) yang sesuai atau lebih besar dari yang diharapkan yakni 85%.

2. METODOLOGI

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rangkaian reaktor aerasi, kompresor Krisbow KW1300924 (Indonesia), DO meter digital Hach HQ30D (Amerika), rotameter Siemens (Jerman), pH meter digital Hach HQ30D (Amerika), termometer, inkubator, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, *beaker glass*, mikro pipet, pH meter, stopwatch, spektrofotometer Hach DR 3900 (Amerika), neraca analitik, pompa vacuum, oven, desikator, dan imhoff cone.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah cair domestik, lumpur aktif, aquadest, kertas saring, mineral stabilizer, polyvinyl alcohol Hach (Amerika), nessler reagent Hach (Amerika), reagen phosphate (potassium persulfate) Hach (Amerika), larutan POE-2 (460-S0736) Hach (Amerika), larutan TP-1 (460-SH357) Hach (Amerika), dan larutan XP-2 (460-S5091) Hach (Amerika).

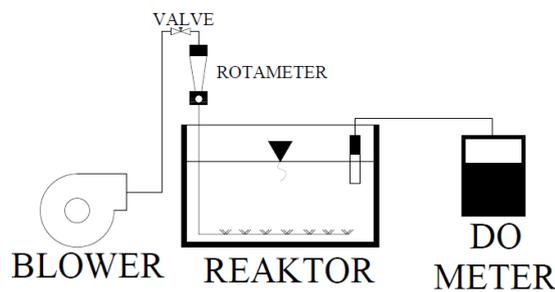
Metode Eksperimen

a. Persiapan Sampel

Sampel limbah cair domestik dan lumpur aktif diambil di titik sampling yang ditentukan, kemudian sampel dilakukan pengujian konsentrasi meliputi TSS (*Total Suspended Solid*), MLSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, PO_4 , pH dan suhu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan sampel yang akan digunakan dalam percobaan.

b. Aerasi

Aerasi dilakukan dengan memadukan dua variabel F/M rasio (0.25, 0.35, 0.45) dan waktu detensi aerasi (6 jam, 7 jam, 8 jam) dengan total terdapat 9 perlakuan berbeda. Volume lumpur aktif yang ditambahkan mengikuti perhitungan nilai F/M kemudian diaerasi (penambahan udara) selama variabel waktu detensi aerasi. Berikut ini adalah gambar rangkaian alat percobaan aerasi (reaktor) skala laboratorium.



Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan Aerasi Sederhana

c. Sedimentasi

Sedimentasi dilakukan untuk memisahkan lumpur dan air limbah yang telah diolah sehingga air limbah dapat dilakukan pengujian konsentrasi TSS. Proses sedimentasi dilakukan dengan cara mendiamkan air limbah yang mengandung lumpur aktif selama waktu tertentu sehingga lumpur aktif yang tercampur ke air limbah dapat mengendap dengan sendirinya. Lama waktu sedimentasi mengikuti perhitungan dari waktu aerasi.

d. Analisis Metode Gravimetri

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi *removal* TSS, sehingga untuk mengetahui konsentrasi TSS dilakukan analisis menggunakan metode gravimetri. Analisa TSS dilakukan 2 kali yakni pada air limbah sebelum dilakukan percobaan dan setelah dilakukan percobaan. Menurut SNI 06-6989.3-2004 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*, TSS) secara gravimetri dilakukan dengan menyaring air limbah menggunakan kertas saring, kemudian dilakukan pengeringan dalam oven dan dilanjutkan dengan pengukuran berat hasil penyaringan. Konsentrasi TSS didapatkan dengan membandingkan berat hasil penyaringan dan volume air limbah yang disaring.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan limbah cair dengan metode lumpur aktif (*conventional activated sludge*) bertujuan untuk mengurangi kandungan pengotor yang terdapat dalam air limbah, salah satunya adalah TSS (*Total Suspended Solid*). Efisiensi *removal* TSS adalah prosentase konsentrasi TSS yang hilang saat dilakukan

proses pengolahan (percobaan). Nilai efisiensi *removal* TSS didapatkan dengan membandingkan konsentrasi TSS pada air limbah yang sebelum dilakukan percobaan dan setelah dilakukan percobaan. Berikut ini adalah data efisiensi *removal* TSS hasil percobaan

Tabel 1. Data Efisiensi *Removal* TSS Hasil Percobaan

Nomor	F/M	td aerasi	Efisiensi <i>removal</i> TSS
		Jam	%
1	0,25	6	67,1
2		7	71,3
3		8	89,7
4	0,35	6	88,1
5		7	82,9
6		8	80,4
7	0,45	6	82,9
8		7	85,4
9		8	75,8

Berdasarkan data di atas maka dapat disimpulkan bahwa percobaan yang menghasilkan efisiensi *removal* TSS tertinggi adalah percobaan nomor 3. Percobaan nomor 3 adalah percobaan pengolahan limbah domestik dengan metode lumpur aktif dengan perlakuan nilai F/M rasio 0.25 dan td (waktu aerasi) 8 jam. Nilai efisiensi *removal* TSS sebesar 89.7 %, hal ini lebih besar dari target yakni efisiensi *removal* TSS sebesar 85%.

Variasi nilai F/M rasio paling rendah yang digunakan dalam eksperimen adalah 0,25. Nilai F/M rasio tersebut merupakan nilai yang terbaik dalam pengolahan limbah cair domestik. Menurut Ningtyas (2015), Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi semakin produktif dalam metabolisme limbah. Semakin rendah rasio F/M maka sistem pengolahan limbah semakin efisien. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, hal ini sesuai dengan teori *conventional activated sludge*, yakni semakin kecil nilai F/M maka efisiensi *removal* TSS semakin tinggi. Standar nilai F/M rasio dalam pengolahan limbah cair domestik menggunakan metode lumpur aktif adalah 0,25-0,45 (Rick & Governor, 1990). Nilai F/M rasio dapat dikontrol dengan cara mengatur jumlah lumpur aktif dalam tangki, semakin banyak volume lumpur aktif maka nilai F/M rasio semakin rendah, begitupun sebaliknya.

Variasi waktu detensi aerasi yang digunakan dalam eksperimen adalah 6 jam, 7 jam, dan 8 jam. Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, didapatkan waktu detensi aerasi yang hasil efisiensi *removal* TSS paling tinggi adalah 8 jam. Menurut Sudarti, dkk (2005), semakin lama limbah cair domestik diolah dengan diberi aerasi (penambahan oksigen), maka semakin menurun kandungan bahan pencemar didalamnya. Standar waktu detensi aerasi dalam pengolahan limbah cair domestik menggunakan metode lumpur aktif adalah 4 - 8 jam (Rick & Governor, 1990).

Penelitian ini menggunakan uji statistik untuk mengetahui seberapa besar pengaruh F/M rasio dan waktu detensi aerasi terhadap efisiensi *removal* TSS. Uji statistik menggunakan metode *Two Way Anova* dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05 (5%). Hasil dari uji statistika adalah sebagai berikut.

General Linear Model: Eff TSS versus F/M; td					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
F/M	2	189,18	94,591	24,25	0,000
td	2	22,11	11,057	2,83	0,111
F/M*td	4	720,31	180,077	46,17	0,000
Error	5	19,505	3,901		
Total	9	951,115			

Gambar 2. Hasil Uji Statistik metode *Two Way Anova*

Berdasarkan hasil uji *Two Way Anova* pada Gambar 2. menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada variabel F/M rasio dan waktu detensi aerasi (F/M*td) adalah $<0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel F/M rasio dan waktu detensi aerasi berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi TSS pada air limbah domestik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah efisiensi *removal* TSS tertinggi didapatkan dari perlakuan nilai F/M rasio 0.25 dan td (waktu aerasi) 8 jam yakni sebesar 89,7%, selain itu hasil uji statistik *Two Way Anova* dapat disimpulkan bahwa rasio F/M (*food to microorganism*) dan waktu detensi aerasi berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi TSS dengan taraf kepercayaan 95%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT. Paiton *Operation And Maintenance* Indonesia (PT. POMI) khususnya pada *Chemist Laboratorium* pada *Department Production* dan Bapak Ir. Erwan Yulianto selaku pembimbing penulis selama melakukan penelitian di PT. POMI, yang telah mengizinkan dalam pengambilan sampel dan telah memfasilitasi dalam pengujian sampel pada penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996. *Sanitary Wastewater Treatment: Equipment Operating Manual*, EMCO Engineering Inc., Canton.
- Anonim., 2013. *HACH BODTrak II user manual*, HACH Company., Germany.
- Anonim., 2013. *HACH DR 3900 user manual*, HACH Company., Germany.
- Anonim., 2013. *HACH pH meter user manual*, HACH Company., Germany.
- Metcalf, Eddy., Inc., 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, Mc Graw Hill, Inc., New York.
- Ningtyas R., 2015. *Pengolahan Limbah dengan Proses Lumpur Aktif (Activated Sludge Proses)*. Jurusan Teknik Kimia, ITB. Bandung
- Rick, Governor., 1990. *Activated Sludge Process Control: Training Manual For Wastewater Treatment Plant Operators*, Environmental Assistance Center., Michigan.
- SNI 06-6989.3-2004 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri.
- SNI 6989.59-2008 tentang *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*.
- Sudarti N. L.G., Kasa I. W., dan Suyana I. W. B., 2005. *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Udayana. Bali