

PERHITUNGAN F/M RATIO PENGOLAHAN LIMBAH LUMPUR AKTIF WWTP-2 DI PABRIK FARMASI

Daffa Daniswara dan Arief Budiono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
daffadaniswara65@gmail.com ; [arbkimia@gmail.com]

ABSTRAK

Pabrik farmasi yang menghasilkan produk berupa obat-obatan yang mengandung *penicillin* akan menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Namun dalam pengoperasiannya belum diketahui apakah pengolahan limbah tersebut sudah efektif atau tidak. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan *perhitungan F/M ratio (Food to microorganism ratio)* yang menjadi salah satu parameter yang dapat dilakukan untuk dapat mengetahui keoptimalan sebuah pengolahan limbah yang menggunakan metode lumpur aktif. Metode lumpur aktif berkaitan dengan adanya endapan lumpur padat yang berguna untuk menguraikan limbah. Dengan adanya lumpur berupa padatan ini akan menguraikan zat berbahaya yang dapat ditentukan kualitasnya dengan perhitungan F/M Ratio. Perhitungan F/M Ratio memerlukan beberapa data seperti kadar MLSS (*Mixture Liquid Suspended Solid*), kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan laju alir dari limbah yang masuk ke WWTP. Hasil penelitian menunjukkan nilai perhitungan F/M Ratio yang cenderung rendah sekitar 0,01. Berdasarkan hasil penelitian pengolahan limbah yang terjadi sudah cukup optimal.

Kata kunci: BOD, F/M ratio, lumpur aktif, MLSS, WWTP

ABSTRACT

Pharmaceutical factories that produce products in the form of medicines containing *penicillin* will produce waste that is dangerous for the environment. However, in operation it is not yet known whether the waste processing is effective or not. The aim of this research is to calculate the *F/M ratio (Food to microorganism ratio)* which is one of the parameters that can be used to determine the optimality of waste processing using the activated sludge method. The activated sludge method is related to the presence of solid sludge which is useful for decomposing waste. The presence of solid mud will decompose dangerous substances whose quality can be determined by calculating the F/M Ratio. Calculating the F/M Ratio requires several data such as MLSS (*Mixture Liquid Suspended Solid*) levels, BOD (*Biological Oxygen Demand*) levels, and the flow rate of waste entering the WWTP. The research results show that the F/M Ratio calculation value tends to be low at around 0.01. Based on research results, the waste processing that occurs is quite optimal

Keywords: BOD, F/M ratio, activated sludge, MLSS, WWTP

1. PENDAHULUAN

Pengolahan limbah dengan lumpur aktif merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam mengolah limbah cair. Metode ini terbilang efektif digunakan dikarenakan pengoperasiannya yang mudah dan menghasilkan limbah yang aman bagi lingkungan. Pengolahan limbah ini menggunakan campuran padatan tersuspensi berupa bakteri yang telah bercampur dengan air limbah dengan adanya suplai oksigen (aerobik) secara kontinyu. Sehingga dengan menggunakan metode ini diharapkan bakteri dapat hidup dengan baik dan

dapat menguraikan zat-zat limbah berbahaya dan materi organik lainnya. Proses biologi di dalam tangki aerasi atau juga dapat disebut sebagai proses lumpur aktif (*activated sludge*) akan menghasilkan *bio-flock* atau sel baru yang mudah untuk diendapkan [1]. Penanganan secara aerobik dan anaerobik telah diaplikasikan untuk menghilangkan bahan organik, nitrogen dan logam [2]. Lumpur aktif merupakan salah satu metode penanganan limbah cair secara biologis yang cukup potensial untuk menurunkan BOD [2].

Waste Water Treatment Plant atau WWTP merupakan unit pengolahan limbah yang dimiliki oleh setiap pabrik salah satunya yaitu pabrik farmasi yang memiliki tujuan untuk mengolah limbah yang akan dibuang ke badan sungai agar tidak mencemari lingkungan sekitar, salah satu unit pengolahan limbah yaitu WWTP-2 merupakan unit yang digunakan untuk menguraikan limbah hasil produksi obat – obatan terutama limbah yang mengandung *penicillin* dan bahan-bahan lainnya. Dengan menggunakan metode lumpur aktif (*active sludge*) yang disini menggunakan padatan biomassa berupa bakteri yang akan menguraikan zat – zat organik dengan adanya bantuan aerasi dan nutrisi yang mencukupi. Namun dalam pelaksanaannya belum dapat mengetahui apakah pengolahan limbah yang dilakukan sudah efektif atau tidak.

Penelitian terdahulu telah dilakukan pengaruh proses pengolahan limbah lumpur aktif terhadap penurunan kadar BOD yang terbilang cukup efektif [3]. Namun dalam penelitian tersebut belum sepenuhnya mewakili pengolahan limbah yang dilakukan sudah optimal. Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisis terhadap kualitas pengolahan limbah lumpur aktif yang akan dilakukan dengan adanya data pendukung berupa penurunan kadar BOD yang dihasilkan yang dikaitkan dengan biomassa yang bekerja sebagai pengurai. Adanya penelitian ini agar dapat mengetahui hal apa yang dapat dilakukan untuk menjaga pengolahan limbah lebih optimal.

Sehingga diperlukan sebuah analisis untuk mengukur pengolahan limbah dengan metode lumpur aktif ini. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan perhitungan *Food to Microorganism Ratio / Food to Mass Ratio (F/M Ratio)*. Perhitungan ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau *reactor* [4]. Untuk bisa menghitung besarnya *F/M ratio* diperlukan beberapa data berupa kadar BOD masuk ataupun keluar dari bak aerasi, laju alir limbah yang masuk bak aerasi, volume bak aerasi dan kadar limbah, biomassa dan padatan tersuspensi lainnya / *Mixture Liquid Suspended Solid (MLSS)* [5]. Perhitungan *F/M ratio* ini akan dilakukan pada tiap bak aerasi yang ada sebanyak enam buah bak yang hasilnya akan dirata-rata. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat dilakukan pengontrolan sebaik mungkin agar pengolahan limbah yang dilakukan dapat dilakukan secara efektif dan maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *perhitungan F/M ratio (Food to microorganism ratio)* yang menjadi salah satu parameter yang dapat dilakukan untuk dapat mengetahui keoptimalan sebuah pengolahan limbah yang menggunakan metode lumpur aktif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode observasi dan analisis yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair pabrik farmasi. Dilanjutkan dengan studi literatur dengan melakukan review jurnal yang berkaitan dengan judul. Setelah studi literatur dilanjutkan

dengan pengambilan sampel yang dilakukan bersama operator WWTP-2 ketika dilakukan pengambilan sampel harian. Jika sampel sudah didapat, dilanjutkan dengan analisis data bersama operator lapangan. Pada penelitian ini dilakukan pengecekan kualitas pengolahan limbah dengan data tiga bulan terakhir yaitu April – Juni 2022. Data berupa kadar BOD, jumlah MLSS, volume bak aerasi dan debit limbah yang ada akan digunakan sebagai acuan untuk menghitung F/M *ratio*.

2.1. Pengambilan data BOD

Pengambilan data BOD limbah WWTP-2 dilakukan dengan pengambilan sampel harian. Kadar BOD didapatkan dengan mengambil sampel limbah cair yang akan dilakukan perhitungan menggunakan alat *BOD Determination BD-600*. Alat yang digunakan bekerja secara otomatis dengan meletakkan sampel limbah cair yang ditempatkan pada botol khusus dan nantinya akan diinkubasi di alat tersebut selama lima hari. Setelah lima hari, akan dicek kadar BOD₅ yang didapatkan untuk didapatkan hasilnya.

Tabel 1. Hasil kadar BOD bulan April – Juni 2022

No	Bulan	m ³ /hari	BOD (mg/liter)	
			Inlet	outlet
1	April	17,5	698	10
2	Mei	10,2	558	12,5
3	Juni	12,06	48,8	24,9

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dihitung kadar efisiensi BOD *removal* dengan rumus :

$$BOD\ removal = \frac{BOD\ inlet - BOD\ outlet}{BOD\ inlet} \quad (6)$$

Keterangan:

BOD *inlet* : Jumlah kadar BOD yang masuk ke tangki aerasi (mg/liter)

BOD *outlet* : Jumlah kadar BOD yang keluar dari tangki aerasi (mg/liter)

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh kadar pengurangan kadar BOD pada bulan April sebesar 98,56% , bulan Mei 97,7 % dan bulan Juni 48,97 %.

2.2. Pengambilan data MLSS

Pengambilan data MLSS limbah WWTP-2 dilakukan dengan cara melakukan pengambilan sampel lumpur aktif menggunakan kertas saring dan dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 105°C lalu ditimbang.

Tabel 2. Nilai MLSS tiga bulan terakhir

No	Bulan	MLSS					
		T-3A	T-3B	T-3C	T-4A	T-4B	T-4C
1	April	5760,6	6062,5	5535,6	5883,6	5171,3	5360
2	Mei	4841,67	5925	6075	5356,67	4746,67	4346,67
3	Juni	6115	5385	4650	5680	6045	6415

2.3. Pengambilan data volume bak aerasi dan debit

Pengambilan data volume bak aerasi dan debit dilakukan ketika pengambilan sampel harian. Data yang diperoleh didapatkan dari indikator panel yang terdapat di

ruang kontrol operator. Data yang didapat akan dirata-rata perbulannya untuk mendapatkan nilai volume dan debit bak aerasi yang tepat.

2.4. Perhitungan nilai F/M ratio

Perhitungan nilai F/M ratio dapat dihitung dengan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan F/M ratio menggunakan rumus:

$$F/M \text{ Ratio} = \frac{Q \times (S_0 - S)}{MLSS \times V} \quad (7)$$

Dengan keterangan:

- V : Volume bak aerasi (m³)
- Q : Laju alir tiap jam (m³/hari)
- So : Konsentrasi BOD *Influent* (kg/m³)
- S : Konsentrasi BOD *effluent* (kg/m³)
- MLSS : *Mixed Liquor Suspended Solid* (kg/m³)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pengolahan limbah di WWTP-2 dapat bekerja dengan maksimal atau tidak. Dengan menggunakan rumus diatas, akan didapatkan hasil data F/M ratio dari pengolahan limbah tiap bulannya. Berikut merupakan nilai F/M ratio dari WWTP-2.

Tabel 3. Hasil data F/M ratio WWTP-2

No	Bulan	F/M Ratio					
		T-3A	T-3B	T-3C	T-4A	T-4B	T-4C
1	April	0,0164	0,0125	0,0169	0,0157	0,0178	0,0172
2	Mei	0,0083	0,0080	0,0074	0,0079	0,0090	0,0084
3	Juni	0,0003	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003

Hal pertama yang dilakukan adalah pengambilan sampel untuk melakukan uji *Biological Oxygen Demand* (BOD) diambil dari tangki *inlet* (T-1) dan tangki *outlet* (T-10) dan *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS). Sampel diambil dari tangki aerasi yang ada pada *Waste Water Treatment Plant-2*. Limbah yang diuji merupakan limbah pada *Waste Water Treatment Plant-2* yang mana menampung limbah dari produksi gedung *Active Pharmaceutical Ingredients* (API).

Pengolahan data dimulai dengan menghitung rata-rata debit masuk limbah melalui *control panel* dan menghitung volume bak aerasi. Lalu dari data yang didapatkan disubstitusikan kedalam rumus F/M ratio sehingga didapatkan hasil pada bulan April 2022 yaitu 0,0164, bulan Mei 2022 yaitu 0,0082, dan bulan Juni 2022 yaitu 0,0004. Melalui perhitungan BOD *removal*, pengolahan limbah melalui lumpur aktif juga sudah efektif dalam menurunkan kadar BOD yang menandakan bahwa limbah sudah aman untuk dibuang ke badan sungai.

Tujuan perhitungan F/M ratio untuk mengetahui efisiensi mikroba menguraikan limbah organik yang terdapat dalam kolam aerasi. Said dan Utomo (2007) menjelaskan bahwa digunakan standar baku mutu pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif memiliki nilai standar F/M ratio dengan rentang 0,2-0,5 kg BOD⁵ per kg MLSS per hari [7].

Jika dibandingkan dengan baku mutu yang ada nilai F/M *ratio* yang didapatkan sangat kecil sehingga mikroba dalam kolam aerasi sangat efisien dalam menguraikan limbah dan dapat untuk mengolah limbah lebih banyak dari yang telah dijalankan. Pengolahan limbah dapat dimaksimalkan dengan menambah debit limbah yang masuk di WWTP agar pengolahan harian yang dijalankan juga lebih banyak. Said dan Utomo (2007) menyatakan bahwa ada metode lain yang bisa diterapkan yaitu dengan mengatur laju sirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan akhir yang dikembalikan ke bak aerasi. Lebih tinggi laju lumpur aktif yang masuk maka lebih tinggi pula nilai rasio F/M-nya [7]. Menurut Notonugroho, dkk.(2022) menyatakan bahwa pengaruh penambahan debit air limbah yang masuk juga harus diseimbangi dengan lama waktu pengolahan yang terjadi pada bak aerasi. Jika debit air limbah diperbanyak, maka waktu pengolahan juga harus dipersingkat menyesuaikan dengan kebutuhan limbah yang ingin diolah sebelum masuk ke WWTP [8]. Pengaruh pengurangan kadar BOD juga berpengaruh penting dalam menjaga nilai F/M *ratio*. Semakin besar pengurangan kadar BOD semakin besar juga nilai F/M *ratio*.

Sari, dkk.(2013) menyatakan bahwa di dalam tangki aerasi ini, terjadi reaksi penguraian zat organik yang terkandung di dalam air limbah secara biokimia oleh mikroba yang terkandung di dalam lumpur aktif menjadi gas CO₂ dan sel baru [9]. Dewi, dkk.(2019) menyatakan bahwa jumlah mikroba dalam tangki aerasi akan bertambah banyak dengan dihasilkannya sel-sel baru [10]. Sudaryati, dkk.(2012) menyatakan juga bahwa ditemukan beberapa jenis bakteri yang mampu berkembang pada sistem pengolahan kolam aerasi yaitu dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Escherichia coli*, sedangkan jenis alga yang mampu tumbuh seperti dari genus *Euglena* serta *Spirogyra* [11]. Keberadaan bakteri dan alga dalam perairan yang tercemar bahan organik menyebabkan terjadinya hubungan yang menguntungkan. Romadhonah, dkk.(2021) menyatakan bahwa bakteri berperan sebagai pengurai sedangkan alga berfungsi sebagai konsumen sekaligus berfungsi sebagai produsen yaitu penghasil oksigen [12]. Stabilitas nutrisi dan limbah yang diberikan juga berhubungan erat terhadap mikroba yang ada dan mengontrol F/M *ratio* melalui pemberian nutrisi berupa gula, urea, dan NPK. Widyawati, dkk.(2015) menyatakan bahwa perbandingan bahan yang digunakan pada pemberian nutrisi gula, urea dan NPK adalah 2 : 2 : 1 yang nantinya akan menyesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan dalam pengolahan limbah lumpur aktif [4].

Menurut Hartaja dan Setiadi (2016) menyatakan bahwa pemberian aerasi dan nutrient yang seimbang akan memenuhi kebutuhan mikroorganisme sebagai makanannya sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan yang akan berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas [13]. Faktor aerasi juga menjadi pengaruh penting dalam menjaga kestabilan hidup mikroorganisme. Parameter DO (*Dissolved Oxygen*) tetap harus dijaga agar bakteri dapat hidup dengan baik. Fisma dan Bhernama (2020) menyatakan bahwa untuk menjaga kestabilan DO perlu adanya kontrol terhadap suplai blower yang masuk kedalam bak aerasi secara kontinyu [14]. Total DO yang diperlukan pengolahan limbah lumpur aktif adalah 1 – 2 mg/liter. Fauzi, dkk.(2012) menyatakan bahwa faktor pengadukan pada bak aerasi juga perlu dilakukan agar dapat menghomogenkan antara limbah cair dan lumpur agar tidak terjadi pengendapan lumpur didasar bak aerasi [15].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan, pengolahan limbah yang dilakukan di pabrik farmasi ini sudah dilakukan dengan cukup baik dan optimal. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *F/M ratio* yang sebenarnya belum mencukupi standar tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas limbah yang akan dibuang menuju badan sungai. Pengolahan limbah akan lebih baik lagi dengan menambah jumlah debit limbah yang masuk dan laju sirkulasi dari bak pengendapan agar penguraian limbah oleh bakteri yang ada sesuai dengan kebutuhannya. Dalam hal ini bakteri yang menguraikan perlu lebih banyak lagi limbah yang diuraikan agar dapat meningkatkan nilai *F/M ratio* yang ada. Penambahan nutrisi yang seimbang juga perlu diperhatikan agar kualitas bakteri yang menguraikan limbah juga terjaga.

Saran untuk penelitian selanjutnya diperlukan perhitungan HRT (*Hydraulic Retention Time*) dan lama usia lumpur aktif agar penelitian mengenai pengolah limbah lumpur aktif dapat lebih bermanfaat pada penerapannya.

REFERENSI

- [1] K. Pranoto, W. R. Pahilda, M. S. Abfertiawan, A. Elistyandari, dan A. Sutikno, "Teknologi Lumpur Aktif dalam Pengolahan Air Limbah Pemukiman Karyawan dan Perkantoran PT Kaltim Prima Coal" vol. 1, no. November, hal. 61–66, 2019.
- [2] Suprihatin, D. Sullinda, dan M. Romli, "Penentuan Nilai Parameter Kinetika Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Air Lindi Sampah (Leachate)," *J. Agroindustrial Technol.*, vol. 14, no. 2, hal. 56–66, 2012.
- [3] Y. R. Widyawati, I. P. Manuaba, dan N. D. A. Suastuti, "Efektivitas Lumpur Aktif Dalam Menurunkan Nilai BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Upt Lab. Analitik Universitas Udayana," *J. Kim.*, vol. 9, no. 1, hal. 1–6, 2015.
- [4] A. Kurnia, S. Sandi, D. Dermawan, dan A. E. Afiuddin, "Pengaruh F / M Rasio dan Waktu Detensi Aerasi terhadap Efisiensi Removal TSS pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode Conventional Activated Sludge," no. 2623, hal. 125–128, 2016.
- [5] L. G. Kencanawardhani dan W. D. Nugraha, "Pengaruh *F/M Ratio* pada Produksi Biogas dari Limbah Sekam Padi dengan Metode *Solid State*," vol. 5, no. 4, 2016.
- [6] N. S. Fatmawati, "Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [7] N. I. Said dan K. Utomo, "Said dan Kristianti Utomo : Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses," vol. 3, no. 2, hal. 160–174, 2007.
- [8] O. J. Notonugroho, F. Amelia, C. Arif, dan A. Kurniawan, "Model Parameter Kinetika Biologis Proses Lumpur Aktif Air Limbah Kertas Berdasarkan Variasi Waktu Detensi Pada Kondisi Tidak Tunak," vol. 20, no. 4, hal. 829–840, 2022.
- [9] F. R. Sari, R. Annissa, dan A. Tuhuloula, "Sistem Aerasi pada Pengolahan Limbah CPO," *J. Konversi Unlam*, vol. 2, no. 1, hal. 39–44, 2013.
- [10] W. T. Dewi, I. W. B. Suyasa, dan I. N. Rai, "Pengaruh Penambahan Lumpur Aktif Pada Biofilter Anoksik-Oksik Dalam Menurunkan Kadar Amonia Air Limbah Rumah Sakit," *Ecotrophic J. Ilmu Lingkungan. (Journal Environ. Sci.)*, vol. 13, no. 1, hal. 49, 2019.
- [11] N. L. G. Sudaryati, I. W. Kasa, dan I. W. B. Suyasa, "Pemanfaatan Sedimen Perairan

- Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu." *Ecotrophic*, vol. 3, no. 1, 2012.
- [12] S. Romadhonah dan C. Arif, "Analisis Kualitas Air dan Removal Efficiency Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta (Water Quality and Removal Efficiency Analysis of Wastewater Treatment Plant (WWTP) in PT. Indonesia Power UPJP Priok)," *J. Tek. Sipil dan Lingkungan.*, vol. 5, no. 2, hal. 69–78, 2021.
- [13] D. R. K. Hartaja, dan S. T. I. Setiadi, "Industri Nata De Coco dengan Proses Lumpur Aktif Design Planning Wastewater Treatment Plant of Nata," vol. 9, no. 2, hal. 97–112, 2016.
- [14] I. Fisma dan G. Bhernama, "Analisis Air Limbah yang Masuk Pada Waste Water Treatment Plant (WWTP)," *Amina*, vol. 2, no. 2, hal. 50–58, 2020.
- [15] M. A. Fauzi, F. Setyani, H. Sunardi, dan I. Sumantri, "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair dengan Aerasi dalam Menurunkan Kadar COD pada Limbah Biodiesel," vol. 1, no. 1, hal. 320–328, 2012.