



e-ISSN Number
3026-1392

Journal of Materials Processing and Environment

Volume 1 Nomor 2 (2023)



PENGARUH LAMA AERASI TERHADAP PENAMBAHAN KONSENTRASI TAWAS DALAM PENURUNAN KONSENTRASI BOD DAN COD PADA LIMBAH KOMUNAL PT. KIMA

(The Effect of Aeration Time On Addition of Alum Concentration To Reduce BOD And COD of PT. KIMA Communal Waste)

Ahnaf K Lukman*, M Yasir Massiro, Setyawati, Darnengsih

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Inti Sari

Limbah komunal merupakan limbah campuran dari limbah sisa hasil proses industri serta domestik. Pengolahan air limbah secara aerasi adalah proses menyirkulasikan udara untuk meningkatkan kadar oksigen dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama aerasi terhadap penambahan koagulan tawas pada proses pengolahan air limbah komunal PT. KIMA. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi waktu aerasi 6 jam, 12 jam dan 24 jam serta penambahan konsentrasi tawas sebanyak 10 ppm, 50 ppm dan 100 ppm. Hasil dari pengolahan kemudian dilakukan uji pada laboratorium terhadap parameter BOD dan COD. Berdasarkan data hasil analisis, diketahui bahwa semakin lama waktu aerasi yang dilakukan maka semakin baik kualitas pengolahan air limbah yang didapatkan. Dengan menambahkan tawas pada proses aerasi maka waktu aerasi dapat dipersingkat. Penambahan dosis tawas 10-50 ppm dapat mempersingkat 50% waktu aerasi yang dibutuhkan dalam mengolah air limbah PT. KIMA. Penurunan konsentrasi COD dan BOD tertinggi didapatkan pada perlakuan aerasi selama 12 jam dengan penambahan konsentrasi tawas 50 ppm sehingga diperoleh nilai penyisihan COD 75,67% (75,2 mg/L) dan BOD 79,90% (39,6 mg/L).

Abstract

Communal waste is a mixed waste of industrial and domestic waste. Aerated wastewater treatment is a process of circulating air to increase oxygen levels in water. This study aims to determine the effect of aeration time on the addition of alum coagulant in the communal wastewater treatment process of PT. KIMA. The research was conducted using aeration time variations of 6 hours, 12 hours and 24 hours and the addition of alum concentrations 10 ppm, 50 ppm and 100 ppm. The results of processing are then tested in the laboratory for BOD and COD parameters. Based on data analysis results, it is known that the longer the aeration time is carried out, the better the quality of wastewater treatment is obtained. By adding alum to the aeration process, the aeration time can be shortened. The addition of alum doses of 10-50 ppm can shorten the aeration time required by 50% in treating wastewater of PT. KIMA. The highest decrease in COD and BOD concentrations was in the aeration treatment for 12 hours with addition 50 ppm of alum concentration to obtain COD removal value 75.67% (75.2 mg/L) and BOD 79.90% (39.6 mg/L).

Kata Kunci: Air Limbah, Aerasi, Koagulan, Tawas, BOD, COD

Key Words: Wastewater, Aeration, Coagulant, Alum, BOD, COD

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address
Jalan Urip Sumahardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :
jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
khatami505@gmail.com



Journal History

Paper received : 16 Agustus 2023
Received in revised : 19 September 2023
Accepted : 25 Oktober 2023

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 142 tahun 2015, kawasan industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh perusahaan kawasan industri. Kawasan industri memiliki beberapa infrastruktur dasar, salah satunya adalah pengolahan limbah secara terintegrasi. Di kota Makassar terdapat kawasan industri yang dikelola BUMN dan dinamakan KIMA (Kawasan Industri Makassar). KIMA memiliki fasilitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang bertujuan untuk mengolah air limbah komunal untuk seluruh aktifitas industri di KIMA.

Air limbah atau limbah cair merupakan sisa dari suatu kegiatan berwujud cair yang tidak memiliki nilai ekonomis dan perlu dilakukan pengolahan yang tepat agar tidak mencemari lingkungan [1]. Kegiatan yang dimaksud dapat berupa buangan proses rumah tangga, industri maupun proses umum lainnya. Pada IPAL KIMA, pengolahan air limbah dilakukan secara fisik dan biologis. Proses fisik berupa pemisahan limbah padatan dengan limbah cair, serta dilakukan homogenisasi partikel air limbah pada area *pre-treatment*, *equalizing basin* dan *sedimentation tank*. Sedangkan proses pengolahan biologis dilakukan pada area *oxidation ditch* menggunakan sistem aerasi.

Aerasi merupakan proses pengolahan air dengan cara menyirkulasikan udara untuk meningkatkan kadar oksigen dalam air. Usaha menambahkan oksigen ke dalam air limbah dapat dilakukan dengan mengalirkan udara kedalam air atau dengan memaksa air ke permukaan untuk berkontak dengan oksigen [2]. Peningkatan kadar oksigen di dalam air membuat proses oksidasi biologi dapat berlangsung secara efisien. Menurut penelitian Yuniarti dkk (2019) [3] bahwa aerasi dapat menurunkan konsentrasi COD serta N-Total pada air limbah sawit. Sedangkan pada penelitian Vitricia dkk (2022) [4] menyebutkan bahwa pengolahan air limbah dengan proses aerasi dalam waktu 72 jam mampu menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada air limbah dengan nilai penyisihan 90% dan 95%.

Seiring dengan bertambahnya jenis kegiatan industri pada wilayah KIMA maka berdampak pula pada jumlah limbah yang menyebabkan bertambah beratnya kinerja unit pengolahan limbah. Berdasarkan hal tersebut sehingga pengembangan terhadap sistem perlu dilakukan, baik dari segi kapasitas maupun penambahan proses pengolahan. Alternatif pengolahan yang dapat dilakukan yaitu secara kimiawi salah satunya dengan penambahan koagulan.

Menurut penelitian Ristianto D. (2017) [5] koagulan efektif menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah industri Jamu. Jenis Koagulan yang dipilih tentu harus mempertimbangkan beberapa hal, mulai dari segi biaya serta ketersediaan bahan. Oleh karena itu, Tawas menjadi flokulan pilihan yang dapat digunakan pada IPAL KIMA. Tawas merupakan garam rangkap hidrat bermuatan elektron positif yang dapat bereaksi dengan padatan tersuspensi bermuatan negatif membentuk flok. Flok yang terbentuk pada reaksi ini akan terjadi sedimentasi yang mampu menurunkan kadar COD dan BOD dari air limbah [6].

Menurut Nurlina (2015) [7] campuran tawas dan soda ash efektif menurunkan tingkat kekeruhan, TSS dan menstabilkan pH air. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sianita dan Nurcahyati (2017) [8] didapatkan penurunan kadar COD dengan penambahan koagulan tawas pada kondisi aerob hingga 76,59% sedangkan pada kondisi anaerob hingga 69,43%. Sedangkan pada penelitian Indriyani (2018) [9] didapatkan penyisihan nilai BOD minimal 55% pada pengolahan limbah cair industri batik dengan penambahan koagulan tawas.

Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggabungkan proses aerasi dan koagulasi oleh tawas pada proses pengolahan limbah cair pada IPAL PT. KIMA. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai keterkaitan antara lama waktu aerasi dengan penambahan sejumlah koagulan agar hasil pengolahan limbah bisa efektif serta efisien dari segi biaya dan waktu. Berdasarkan hal tersebut melatar belakangi peneliti melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh lama aerasi terhadap penambahan konsentersasi tawas dalam penurunan konsentersasi BOD dan COD pada limbah komunal KIMA".

METODE PENELITIAN

1. Alat Dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Limbah Cair IPAL PT KIMA, untuk proses koagulasi digunakan tawas dan sebagai pelarut digunakan aquades.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, gelas piala 1000 mL, labu ukur 100 mL, pipet volume 10 mL, batang pengaduk dan untuk proses aerasi digunakan aerator pump.

2. Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan menentukan nilai COD dan BOD sampel limbah cair sebelum dilakukan proses pengolahan. Pada penelitian ini dilakukan dua jenis variasi pengolahan yaitu proses aerasi tanpa penambahan tawas dan proses aerasi dengan penambahan tawas. Sebelum digunakan, tawas dihaluskan dengan cara digerus. Kemudian dilakukan penimbangan menggunakan neraca analitik dengan bobot perlakuan 0,1 g (B1), 0,5 g (B2) dan 1,0 g (B3). Tawas yang telah ditimbang selanjutnya dilarutkan kedalam labu ukur 100 mL menggunakan aquades. Larutan tawas kemudian dihomogenkan dan didiamkan selama 24 jam. Masing-masing larutan tawas sebanyak 10 mL ditambahkan kedalam 1000 mL air limbah dan dilakukan aerasi masing-masing perlakuan selama 6 jam (A1), 12 Jam (A2) dan 24 Jam (A3). Proses aerasi tanpa penambahan tawas dapat langsung dilakukan.

Metode analisis untuk parameter COD mengacu kepada metode titrasi menggunakan larutan standar FAS 0,1 N dan parameter BOD mengacu kepada pengukuran oksigen terlarut menggunakan alat ukur terkalibrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme aerobik untuk mengurai bahan organik [10], sedangkan COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen terlarut yang diperlukan untuk mengurai jumlah keseluruhan bahan organik [11]. Selisih antara COD dan BOD memberikan gambaran nilai bahan organik yang sulit urai. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD namun nilai BOD tidak dapat lebih besar dari COD.

Konsentrasi COD dan BOD sampel air limbah yang akan dikerjakan harus diketahui terlebih dahulu melalui analisis pada laboratorium sehingga hasil akhir penelitian dapat ditentukan. Hasil analisis laboratorium pada tabel 1 menunjukkan nilai awal COD dan BOD sampel limbah yang akan diolah. Analisis sampel dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dengan rata-rata nilai COD 309,1 mg/L dan BOD 197,1 mg/L.

Tabel 1. Konsentrasi COD dan BOD awal sampel air limbah

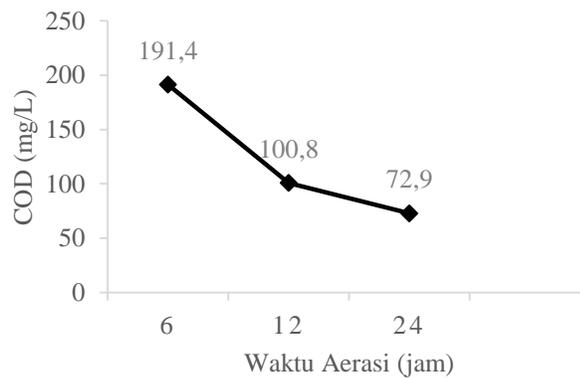
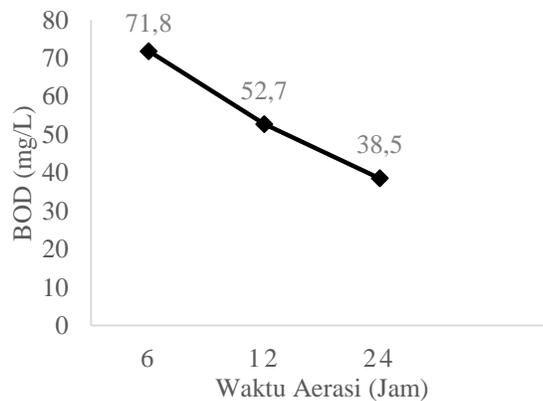
Parameter	Hasil Analisis	Baku Mutu PT. KIMA
COD (mg/L)	309,1	100
BOD (mg/L)	197,1	50

Setelah penelitian dilakukan didapatkan dua jenis sampel air hasil pengolahan, yaitu sampel proses aerasi tanpa penambahan tawas dan sampel proses aerasi dengan penambahan tawas. Sampel air limbah yang telah dilakukan pengolahan kemudian ditentukan konsentrasi BOD dan COD melalui analisis pada laboratorium internal PT. KIMA.

Pengukuran kualitas sampel air limbah setelah dilakukan perlakuan aerasi tanpa penambahan tawas dimaksudkan agar diketahui tingkat efektivitas proses aerasi untuk menurunkan konsentrasi COD dan BOD pada air limbah sebagai perbandingan perlakuan aerasi dengan penambahan tawas. Proses analisis sampel tanpa penambahan tawas ini dilakukan sebanyak tiga kali pengerjaan pada masing-masing perlakuan waktu aerasi. Data hasil perlakuan aerasi dapat dilihat pada tabel 2. Gambar 1 menunjukkan grafik waktu aerasi terhadap nilai COD dan Gambar 2 menunjukkan grafik waktu aerasi terhadap nilai BOD.

Tabel 2. Perlakuan Aerasi Tanpa Penambahan Tawas

No	Waktu Aerasi (Jam)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Baku Mutu PT. KIMA	
				COD (mg/L)	BOD (mg/L)
1	6	191,4	71,8		
2	12	100,8	52,7	100	50
3	24	72,9	38,5		

**Gambar 1.** Nilai COD Aerasi Tanpa tawas**Gambar 2.** Nilai BOD Aerasi Tanpa tawas

Berdasarkan data pada tabel 2 terlihat proses aerasi selama 6 jam (A1) dan 12 jam (A2) belum mampu mengolah air limbah sehingga dapat memenuhi standar mutu PT. KIMA. Sedangkan hasil untuk proses aerasi selama 24 jam (A3) nilai yang didapatkan telah memenuhi standar mutu PT KIMA dengan rata-rata konsentrasi COD 72,9 mg/L dan BOD 38,5 mg/L dengan nilai penyisihan COD 76,42% dan BOD 80,47%.

Penurunan nilai BOD setelah dilakukannya proses aerasi disebabkan karena meningkatnya kadar oksigen dalam air. Peningkatan kadar oksigen akan menyebabkan senyawa organik terurai menghasilkan CO₂, NH₃ dan H₂O oleh bantuan mikroba aerob [12]. Dalam proses metabolismenya, bakteri aerob mutlak membutuhkan oksigen sehingga dengan ketersediaan oksigen maka bakteri-bakteri dapat bekerja secara optimal.

Kehadiran oksigen dalam proses pengolahan juga membantu dalam proses oksidasi senyawa kimia. Penurunan nilai COD merupakan hasil oksidasi biokimia oleh bakteri dan kalium dikromat yang mengurai zat organik menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion krom. [13]

Data hasil perlakuan aerasi dengan penambahan koagulan tawas dapat dilihat pada Tabel 3, 4 dan 5. Grafik proses aerasi dengan penambahan koagulan tawas terhadap nilai COD dan BOD dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

Tabel 3. Aerasi 6 Jam (A1) Dengan Penambahan Tawas

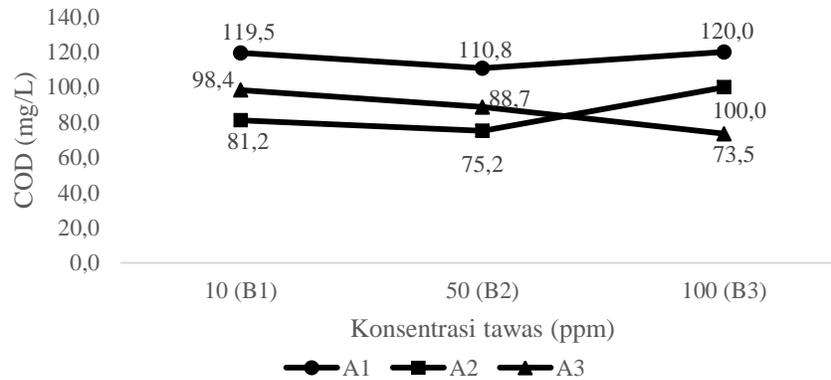
No.	Konsentrasi Tawas (ppm)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Baku Mutu PT. KIMA	
				COD (mg/L)	BOD (mg/L)
1	10	119,5	51,7		
2	50	110,8	50,1	100	50
3	100	120,0	51,1		

Tabel 4. Aerasi 12 Jam (A2) Dengan Penambahan Tawas

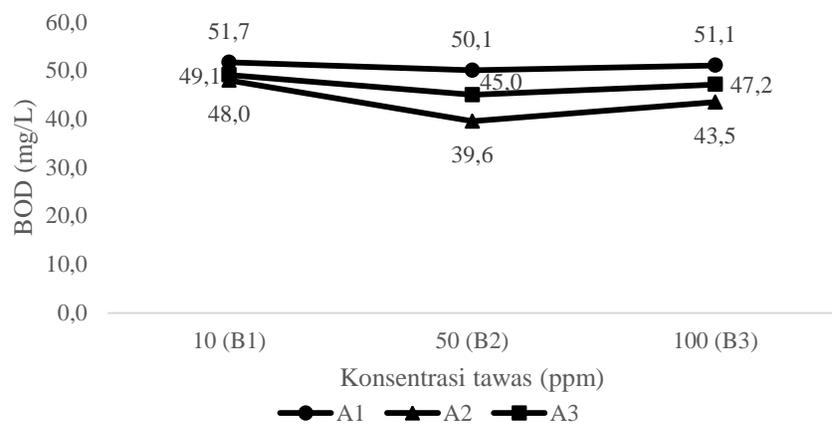
No.	Konsentrasi Tawas (ppm)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Baku Mutu PT. KIMA	
				COD (mg/L)	BOD (mg/L)
1	10	81,2	48,0		
2	50	75,2	39,6	100	50
3	100	100,0	43,5		

Tabel 5. Aerasi 24 Jam (A3) Dengan Penambahan Tawas

No.	Konsentrasi Tawas (ppm)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Baku Mutu PT. KIMA	
				COD (mg/L)	BOD (mg/L)
1	10	98,4	49,1		
2	50	88,7	45,0	100	50
3	100	73,5	47,2		



Gambar 3. Nilai COD Aerasi Dengan Penambahan Tawas



Gambar 4. Nilai BOD Aerasi Dengan Penambahan Tawas

Berdasarkan data hasil analisis sampel pada tabel 3 diketahui bahwa perlakuan A1 dengan penambahan tawas belum mampu mengolah air limbah untuk mendapatkan konsentrasi BOD dan COD sesuai dengan baku mutu PT. KIMA. Kurangnya dosis tawas yang diberikan serta lebih sedikitnya waktu aerasi yang dilakukan menjadi alasan proses ini tidak dapat menghasilkan hasil olahan limbah yang sesuai dengan baku mutu yang ada.

Hasil pada tabel 4 dapat diketahui perlakuan A2 dengan penambahan konsentrasi tawas 10 dan 50 ppm didapatkan hasil analisis COD dan BOD yang sesuai dengan baku mutu PT. KIMA. Penurunan konsentrasi COD dan BOD tertinggi pada perlakuan aerasi selama 12 jam adalah dengan penambahan konsentrasi tawas 50 ppm sehingga didapatkan nilai penyisihan COD 75,67 % (75,2 mg/L) dan BOD 79,90% (39,6 mg/L). Namun dengan penambahan konsentrasi tawas 100 ppm dengan perlakuan A2, didapatkan nilai COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan konsentrasi tawas 10 dan 50 ppm.

Hasil pada tabel 5 menunjukkan bahwa pada perlakuan A3 dengan penambahan tawas 10, 50 dan 100 ppm didapatkan hasil COD dan BOD yang sesuai dengan baku mutu PT, KIMA. Penambahan konsentrasi 100 ppm tawas mendapatkan hasil yang terbaik dengan nilai penyisihan COD 76,2 % (73,5 mg/L) dan BOD 76,05% (47,2 mg/L). Lebih besarnya dosis tawas yang ditambahkan dalam proses pengolahan maka dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama agar didapatkan hasil yang optimal [14].

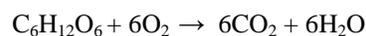
Perbandingan hasil analisis perlakuan aerasi tanpa penambahan tawas dan perlakuan aerasi dengan penambahan tawas dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Analisis

Waktu Aerasi	Konsentrasi Tawas (ppm)	Nilai COD (mg/L)	Nilai BOD (mg/L)	Baku Mutu PT. KIMA	
				COD (mg/L)	BOD (mg/L)
	-	191,4	71,8		
Aerasi 6 Jam	10	119,5	51,7		
	50	110,8	50,1		
	100	120,0	51,1		
Aerasi 12 Jam	-	100,8	52,7		
	10	81,2	48,0	100	50
	50	75,2	39,6		
Aerasi 24 Jam	100	100,0	43,5		
	-	72,9	38,5		
	10	98,4	49,1		
Aerasi 24 Jam	50	88,7	45,0		
	100	73,5	47,2		
Nilai Blanko		0	0		
Sampel Tanpa Perlakuan		309,1	197,1		

Blanko adalah pengerjaan analisis yang dilakukan tanpa menambahkan sampel pada bahan, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kontaminasi dari pengencer maupun reaktan yang digunakan dalam proses analisis sampel. Berdasarkan hasil analisis pada laboratorium didapatkan nilai COD dan BOD blanko sebesar 0 ppm. Sehingga hasil analisis sampel air limbah yang diperoleh dipastikan tidak terdapat kontaminasi dari bahan-bahan analisis yang digunakan.

Menurut Yuniarti dkk [15] bahwa semakin lama waktu aerasi yang diberikan pada proses pengolahan air limbah maka semakin kecil nilai COD dan BOD yang dihasilkan. Pernyataan tersebut mendukung hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada proses aerasi terjadi secara aerobik dengan pengurangan zat organik yang berasal dari aktivitas respirasi berdasarkan persamaan reaksi :



Berdasarkan reaksi tersebut dapat dilihat peranan oksigen dalam mengurai rantai organik menjadi senyawaan lain sehingga semakin lama waktu aerasi, maka waktu kontak antara oksigen dan air limbah juga semakin lama yang berarti zat organik yang dapat diurai semakin banyak [16]. Perlakuan proses aerasi tanpa penambahan tawas didapatkan waktu terbaik yaitu 24 jam dengan nilai penyisihan COD 76,42% (72,9 mg/L) dan BOD 80,47% (38,5 mg/L). Hasil penurunan nilai tersebut didukung dengan hasil penelitian lainnya yang menyatakan bahwa proses aerasi dapat mengurangi nilai COD dan BOD air limbah sebanyak 69-89% [17].

Hasil perlakuan aerasi dengan penambahan tawas didapatkan nilai terbaik pada perlakuan aerasi selama 12 jam dengan menambahkan konsentrasi tawas sebanyak 10 ppm dan lebih maksimal pada konsentrasi 50 ppm. Sebagian besar nilai BOD merupakan padatan tersuspensi dalam bentuk organik yang dapat terurai secara biologis, sehingga dengan penambahan tawas proses penguraian dapat terjadi lebih singkat. Penambahan tawas pada proses pengolahan limbah akan membentuk flok yang akan mengendap (sedimentasi) menghilangkan 55% padatan tersuspensi dan 35% dari nilai BOD keseluruhan [9].

Berdasarkan hal tersebut maka diketahui bahwa dengan penambahan tawas dapat dilakukan proses pengolahan untuk menurunkan nilai BOD, tetapi tawas tidak dapat menurunkan nilai BOD secara keseluruhan. Proses yang terjadi adalah flok yang terbentuk dengan penambahan koagulan tawas pada pengolahan tidak

mempengaruhi keaktifan dari mikroorganisme pengurai. Sehingga dengan penambahan tawas dengan jumlah yang lebih banyak tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai BOD yang dihasilkan.

Konsentrasi tawas yang ditambahkan harus diperhatikan agar tidak berlebihan. Penambahan konsentrasi tawas berlebih pada pengolahan air limbah akan menyebabkan proses pembentukan flok menjadi terganggu yang mengakibatkan penurunan nilai BOD dan COD menjadi tidak maksimal [18]. Jumlah tawas yang berlebih pada proses pengolahan akan menjadi pencemar sehingga dapat mempengaruhi kualitas dari hasil pengolahan air.

Setelah membandingkan antara proses aerasi tanpa tawas dan proses aerasi dengan penambahan tawas maka diketahui bahwa proses pengolahan dapat dipersingkat selama 50% waktu aerasi yang dibutuhkan. Penambahan tawas sebagai koagulan pada proses pengolahan limbah menyebabkan destabilisasi koloid yang dapat mengefisienkan proses penurunan COD dan BOD [18].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, lama waktu aerasi berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD dan COD pada proses pengolahan air limbah. Semakin lama waktu aerasi yang dilakukan maka semakin baik kualitas air yang dihasilkan. Air limbah dengan nilai COD 309,1 mg/L dan BOD 197,1 mg/L dapat dilakukan pengolahan secara aerasi dengan waktu 24 jam agar hasil akhir pengolahan sesuai dengan baku mutu PT. KIMA.

Penambahan tawas pada proses aerasi dapat mempersingkat waktu aerasi yang dibutuhkan untuk mengolah air limbah sehingga dapat mengefisienkan proses pengolahan. Dengan menambahkan konsentrasi tawas sebanyak 10-50 ppm pada proses aerasi maka pengolahan dapat dilakukan selama 12 jam pada air limbah dengan nilai COD 309,1 mg/L dan BOD 197,1 mg/L .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada karyawan dan staf IPAL dan Laboratorium Internal PT. KIMA yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulkifli, *Pengelolaan Limbah Berkelanjutan*, Jakarta: Graha Ilmu, 2014.
- [2] Sugiharto, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta: Universitas Indonesia, 2015.
- [3] D. P. Yuniarti , R. Komala and S. Aziz, "Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di PTPN VII Secara Aerobik," Universitas Tamansiswa Palembang, Palembang, 2019.
- [4] Vitricia, C. W. Dwiratna and H. Setyobudiarso, "Efektifitas Metode Aerasi Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan COD Air Limbah RPS Laundry Kota Malang," *Jurnal Enviro*, 2022.
- [5] D. Risdianto, "Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi Unit Pengolahan Air Limbah Industri Jamu," Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.
- [6] U. Salsabila, T. Joko and H. L. Dangiran, "Perbedaan Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Melalui Pemberian Tawas Dan Poly aluminium Chloride (PAC) pada Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan Penggaron Semarang," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, p. 6(4), 2018.
- [7] Nurlina, *Efektivitas Penggunaan Tawas dan Karbon Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*, Tanjungpura: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 2015.
- [8] D. Sianita and I. S. Nurcahyati, "Kajian pengolahan limbah Cair Industri Batik Kombinasi Aerob - Anaerob Dan penggunaan Koagulan Tawas," 2017.
- [9] L. Indriyani, "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik Di

- Yogyakarta," *Echotropic*, pp. 12(2): 173-184, 2018.
- [10] A. D. Santoso, "Keragaman Nilai DO, BOD dan COD Di Danau Bekas Tambang Batu Bara," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, p. 19(1), 2018.
- [11] Jumarni, COD dan BOD, Kendari: Universitas Halu Oleo, 2018.
- [12] Utami and L. Indrati , "Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses Batch," *Jurnal Teknik Kimia*, p. 13(2), 2019.
- [13] Haerun and Ridwan, "Efisiensi Pengolahan Limbah cair Industri tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan penambahan Efektif Mikroorganisme," *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, p. 1(2), 2018.
- [14] Husaini, S. Stefanus, Cahyono, Suganal and N. H. Kukuh, "Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersil Menggunakan Metode Jar Test," *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, pp. 14(1): 31-45, 2018.
- [15] D. P. Yuniarti, R. Komala and S. Aziz, Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII Secara Aerobik, Palembang: Universitas Tamansiswa Palembang, 2019.
- [16] K. Sumada, N. C. Chaerani, M. D. Priambodho and E. A. Saputro , "Pengolahan Limbah Cair Industri Pakan Ternak Dengan Kombinasi Proses Aerasi dan Biologi aerob," *Jurnal Teknologi Lingkung*, pp. 22(2): 249-256, 2021.
- [17] E. N. Hidayah, A. Djalalembah, G. A. Asmar and O. H. Cahyanugroho, "Pengaruh Aerasi Dalam Constructed Wetland Pada pengolahan Air Limbah Domestik," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, p. 16(2): 155, 2018.
- [18] E. U. Lolo and Y. S. Pambudi, "Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil Secara Koagulasi Flokulasi," *Serambi Engineering*, pp. 5: 1090-1098, 2020.