

STUDI EFEKTIVITAS KINERJA UNIT KOAGULASI-FLOKULASI PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI PGT REJOWINANGUN TRENGGALEK

Shafira Putri Rahma Hafidz¹, Prayitno¹, Andik Iswarayudha²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PGT Rejowinangun Trenggalek, Jl. Kanjeng Jimat No.1, Trenggalek 66316, Indonesia

shafiraputrirahdz@gmail.com; [prayitno@polinema.ac.id]

ABSTRAK

PGT Rejowinangun Trenggalek merupakan industri yang memproduksi gondorukem dan terpentin, dimana dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan organik (BOD, COD) tinggi, padatan tersuspensi, dan minyak terpentin terlarut (*dissolved terpentin oil*). Limbah cair diolah dalam suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan mengikuti tahapan pengolahan sebagai berikut: penampungan, netralisasi, kagulasi-flokulasi, pengendapan, aerasi-lumpur aktif, adsorpsi, pengeringan lumpur, hingga bak kontrol. Dalam proses koagulasi-flokulasi menggunakan udara sebagai pengaduknya, didapatkan efektifitas dalam menurunkan padatan tersuspensi yang rendah, dimana TSS dan BOD masing – masing turun sebesar 62,24%, dan 13,31%. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi dan mengkaji pengaruh variasi dosis koagulan PAC dan kecepatan pengadukan cepat terhadap konsentrasi serta persentase penurunan TSS dan BOD. Metode yang digunakan adalah uji laboratorium menggunakan jar test dengan variasi dosis PAC (0 – 55,24 ppm) dan kecepatan aduk cepat (100–120 rpm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aduk 110 rpm dengan dosis PAC 33,89 ppm mampu menurunkan konsentrasi TSS tertinggi sebesar 96,77%, sedangkan kecepatan 120 rpm menurunkan konsentrasi BOD tertinggi sebesar 20,58%.

Kata kunci: BOD, koagulasi-flokulasi, limbah cair, PAC, TSS

ABSTRACT

PGT Rejowinangun Trenggalek is an industry that produces rosin and turpentine. In its production process, it generates wastewater containing high levels of organic matter (BOD and COD), suspended solids, and dissolved turpentine oil. The wastewater is treated in a Wastewater Treatment Plant (WWTP) through the following stages: collection, neutralization, coagulation–flocculation, sedimentation, aeration (activated sludge), adsorption, sludge drying, and a control tank. In the coagulation–flocculation process, air is used as the mixing medium, resulting in relatively low effectiveness in reducing suspended solids, where TSS and BOD decrease by 62.24% and 13.31%, respectively. The study aims to evaluate and examine the effect of variations in PAC coagulant dosage and rapid mixing speed on the reduction of TSS and BOD concentrations and their removal percentages. The method used is a laboratory test employing a jar test with variations in PAC dosage (0–55.24 ppm) and rapid mixing speed (100–120 rpm). The results show that a mixing speed of 110 rpm with a PAC dosage of 33.89 ppm achieves the highest reduction in TSS concentration at 96.77%, while a speed of 120 rpm achieves the highest reduction in BOD concentration at 20.58%.

Keywords: BOD, coagulation-flocculation, wastewater, PAC, TSS

1. PENDAHULUAN

Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Rejowinangun Trenggalek merupakan salah satu unit industri dibawah naungan Perum Perhutani KBM IHHBK Jawa Timur Divisi Komersial HHBK. Produksi yang dilakukan yaitu mengolah getah pinus menjadi produk gondorukem dan terpentin dengan kapasitas 7.500 kg getah pinus/hari. Selain menghasilkan produk yang dapat meningkatkan nilai ekonomi daerah, kegiatan dari produksi industri juga menghasilkan produk samping yang tidak diinginkan yaitu air limbah. Air limbah berminyak dapat membahayakan lingkungan, dikarenakan kandungan hidrokarbon pada minyak bumi serta zat organik dan anorganik dapat memperlambat pertumbuhan hewan dan tanaman. Serta dampak krusial dari pencemaran ini adalah dapat meningkatkan risiko mutasi genetik dan penyakit kanker [1].

Air limbah yang dihasilkan sebanyak 20 m³ tiap harinya yang diolah pada unit IPAL, dimana proses pengolahan di IPAL mengikuti tahapan yaitu, penampungan air limbah, netralisasi, koagulasi-flokulasi, pengendapan, aerasi-lumpur aktif, adsorpsi, bak kontrol, dan pengering lumpur. Pada unit koagulasi-flokulasi pengadukan koagulan dilakukan dengan memanfaatkan blower tanpa menggunakan pengadukan. Koagulasi-flokulasi dijalankan dengan tujuan memisahkan agregat melalui proses koagulasi dan membuat agregat tersebut menyatu menjadi sebuah flok sehingga dapat terpisah pada fase cairnya tersebut. Menurut Winarni (2016), pengadukan cepat diperlukan untuk mepercepat dan menyeragamkan koagulan pada air yang diolah[3]. Akan tetapi jika proses pengadukan dijalankan menggunakan blower maka pengaturan pengadukan cepat dan atau lambat menjadi tidak dapat diatur. Koagulasi merupakan proses terjadinya destabilisasi suspensi atau suatu larutan koloid tertentu. Pengkondisian yang diterapkan pada proses koagulasi adalah dengan dilakukan *flash mixing* atau pengadukan cepat yang ditujukan untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat pada air limbah [4]. Dalam tahapan proses koagulasi dilakukan penambahan bahan kimia yang disebut sebagai koagulan yang bertujuan untuk membentuk flok atau menggabungkan partikel yang sulit mengendap dengan partikel lain yang dapat membantu proses pengendapan dengan kecepatan pengendapan yang lebih cepat [5].

Penelitian terdahulu yang sudah diterapkan dalam pengolahan limbah hasil proses industri gondorukem dan terpentin dijalankan dengan menggunakan demulsifier phasetreat 14750 menggunakan metode *jar test* [6]. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa kondisi terbaik yang didapatkan adalah dengan memanfaatkan demulsifier 20% v/v pada kecepatan aduk cepat 115 rpm dan kecepatan aduk lambat 25 rpm. Pembaruan penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan koagulan PAC, disertai variasi dosis dan kecepatan aduk cepat menggunakan metode *jar test*. PAC merupakan jenis koagulan komersial yang sering dimanfaatkan karena memiliki nilai korosi yang rendah dan aman. PAC merupakan garam dasar khusus aluminium klorida yang dirancang untuk memberikan daya koagulasi-flokulasi lebih baik dari aluminium biasa dan garam besi [7]. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah memberikan solusi dari pengkondisian operasi unit koagulasi-flokulasi di PGT Rejowinangun Trenggalek dengan mengevaluasi dan mengkaji pengaruh variasi dosis koagulan PAC dan kecepatan pengadukan cepat terhadap konsentrasi serta persentase penurunan TSS dan BOD. Penelitian yang dilakukan terhadap air buangan (*effluent*) menjadi air proses dengan tujuan memperoleh air proses sesuai standar Peraturan Menteri Kesehatan RI No.32 Tahun 2017 yang dilakukan melalui penelitian dengan metode kuantitatif [8].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen laboratorium menggunakan proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan *jar test* guna mendapatkan nilai TSS dan BOD terbaik untuk memberikan solusi penerapan proses pada PGT Rejowinangun Trenggalek. Dalam penelitian yang dilakukan, proses pengolahan limbah diperlukan netralisasi menggunakan batu kapur sesuai dengan penerapan yang sudah dilaksanakan di industri, hingga mencapai pH netral (pH 7) untuk kemudian dilakukan pengolahan dengan variasi dosis PAC: 0; 11,56; 22,85; 33,89; 44,68; 55,24 ppm dan variasi pengadukan cepat 100, 110, 120 rpm.

2.1. Pengenceran dan netralisasi limbah cair

Pengenceran limbah cair dilakukan untuk memenuhi kebutuhan sampel yang akan digunakan dalam penelitian. Pengenceran limbah cair dilakukan dengan cara air limbah sebanyak 5 liter dicampurkan dengan air sebanyak 7,5 liter. Berikutnya dinetralkan dengan larutan kapur 35.000 ppm hingga mencapai pH netral. Penetralkan limbah cair diperlukan untuk koagulan dapat bekerja pada kondisi yang optimal.

2.2. Proses Koagulasi dan Flokulasi

Proses koagulasi-flokulasi dijalankan pada alat *jar test*. Langkah pertama yang dilakukan adalah air limbah sebanyak 427,6 mL yang sebelumnya sudah dinetralkan menggunakan larutan kapur dimasukkan kedalam *beaker glass* ukuran 800 mL untuk ditambahkan koagulan sesuai dengan pengkondisian dosis. Kemudian pengadukan cepat dilakukan dengan variasi kecepatan aduk cepat selama 1 menit, untuk pengadukan lambat dilakukan pada kondisi yang tetap yaitu 25 rpm selama 25 menit. Berikutnya pengendapan dilakukan selama 30 menit hingga flok terpisahkan. Untuk sampel yang dianalisa adalah air limbah yang sudah terpisahkan dari floknya, sedangkan flok yang terendapkan dibuang pada limbah B3.

2.3. Prosedur Analisa BOD

Analisa BOD dilakukan dengan cara mengambil *beaker glass* 1000 ml untuk kemudian diuji dengan alat BOD meter hingga didapatkan nilai DO pada display alat yang tertera. Selain menggunakan alat, BOD juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan larutan glukosa-asam glutamat sebagai bahan kontrol uji BOD [9]. Analisa BOD perlu dilakukan dikarenakan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai [10].

2.4. Prosedur Analisa TSS

Analisa TSS dilakukan dengan tahapan awal mengetahui berat kertas saring kosong yang konstan setelah dilakukan pengovenan, pendinginan, dan penimbangan. Setelah itu kertas saring diletakkan diatas cawan *buchner* dan dibasahkan dengan sedikit akuades. Berikutnya penyaringan sampel sebanyak 50 mL dilakukan hingga tidak terdapat lagi tetesan yang lolos dari corong *buchner*. Berikutnya pengovenan dilakukan pada kertas saring yang sudah membawa endapan hasil pengeringan dengan pengkondisian suhu 105°C selama 30 menit, pendinginan 20 menit, dan dilakukan penimbangan. Proses tersebut diulang hingga mendapatkan berat kertas saring dan padatan yang konstan untuk nantinya dapat diketahui berapa padatan yang terpisahkan. Proses analisa dilakukan sesuai dengan

SNI 06-6989.3-2004 [11]. Untuk dapat mengetahui efektifitas pengolahan parameter BOD dan atau TSS, dapat dilakukan perhitungan sebagaimana berikut [12]:

$$\text{Efektivitas Pengolahan (\%)} = \frac{(C1-C2) \times 100\%}{C1} \quad (1)$$

Keterangan:

Efektivitas Pengolahan = Persentase penurunan parameter
C1 = Konsentrasi sebelum pengolahan
C2 = Konsentrasi setelah pengolahan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel limbah yang didapatkan pada proses koagulasi-flokulasi di PGT Rejowinangun pada titik *inlet* proses (bak pendingin 3) dan titik *outlet* (bak pengendap 1) dilakukan analisa TSS dan BOD. Tujuan dari dilakukannya pengambilan data tersebut adalah untuk mengetahui kondisi aktual penurunan konsentrasi pada saat proses koagulasi-flokulasi. Dengan didaparkannya data tersebut maka diharapkan dapat menjadi acuan dari penentuan kondisi efektif hasil penelitian yang dilakukan.

Tabel 1. Data *inlet* dan *outlet* proses koagulasi-flokulasi di PGT Rejowinangun

Sampel	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)
<i>Inlet</i> (Bak Pendingin 3)	7,15	8,83
<i>Outlet</i> (Bak Pengendap 1)	2,7	7,65
Hasil Efektivitas Pengolahan (%)	62,24	13,31

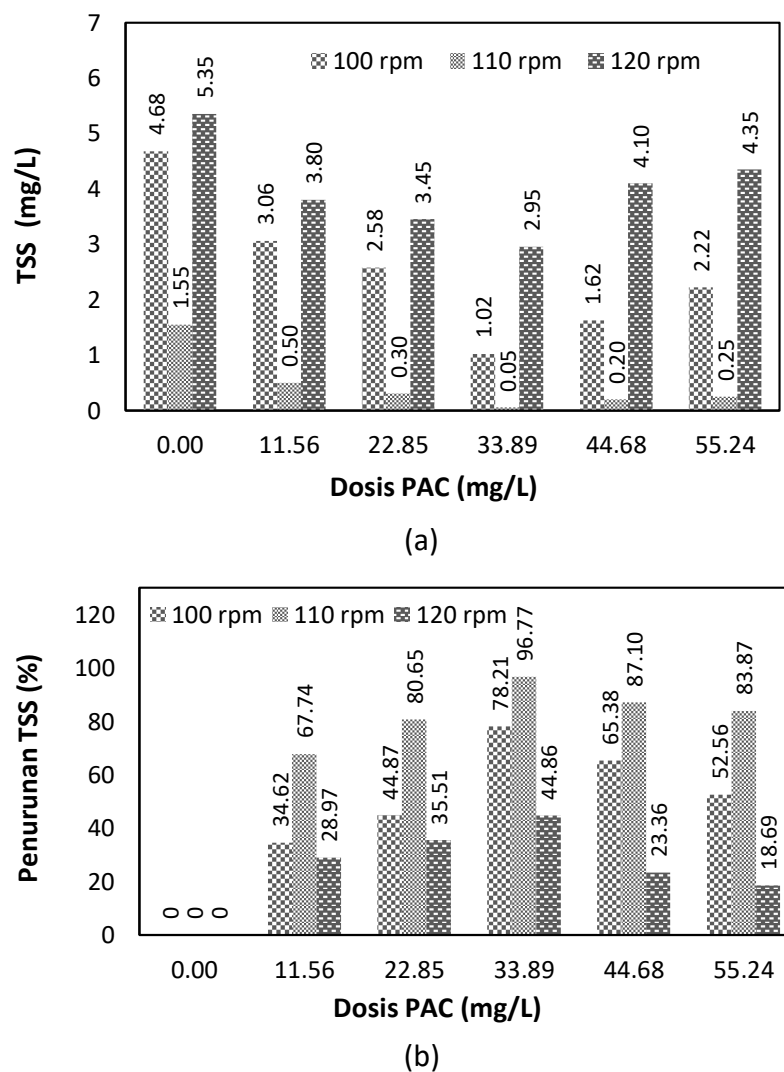
Proses koagulasi-flokulasi pada PGT Rejowinangun dilakukan sebagai tahap *pretreatment* dari limbah cair. Tujuannya adalah untuk mengendapkan pengotor yang terbawa pada limbah hasil proses produksi getah pinus menjadi gondorukem dan terpendin. Pada unit koagulasi-flokulasi di pabrik, penetralan pH dari bahan limbah dilakukan menggunakan larutan kapur 3,36% hingga mencapai kondisi netral atau dengan pH 7. Untuk sekali proses pada tangki netralisasi yang digunakan untuk koagulasi tersebut limbah cair sebanyak 3.500 L diberi koagulan PAC 10% sebanyak 0,8 L. Sehingga dosis PAC pada kondisi operasi di pabrik adalah 22,85 ppm. Dengan mengkondisikan percobaan variasi kecepatan aduk cepat 100 rpm; 110 rpm; 120 rpm serta variasi dosis 0 ppm; 11,56 ppm; 22,58 ppm; 33,89 ppm; 44,68 ppm; 55,24 ppm maka dapat diketahui kondisi proses koagulasi-flokulasi dibandingkan dengan kondisi pabrik yang hanya memanfaatkan blower sebagai pengaduknya.

3.1. Pengaruh Dosis

Pemanfaatan proses koagulasi-flokulasi yang diterapkan di PGT Rejowinangun tidak menggunakan pengadukan cepat dan atau lambat, melainkan menggunakan kecepatan pengadukan konstan dengan memanfaatkan blower. Diketahui nilai aliran *inlet* proses koagulasi-flokulasi memiliki nilai TSS dan BOD sebesar 7,15 mg/L dan 8,83 mg/L. Sedangkan nilai aliran *outlet* memiliki nilai TSS dan BOD sebesar 2,7 mg/L dan 7,65 mg/L. Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang dilakukan, diketahui efektivitas proses penurunan TSS 62,24% dan BOD 13,31%.

Penambahan bahan koagulan dalam pengolahan limbah secara koagulasi-flokulasi perlu dipertimbangkan sesuai karakteristik bahan yang akan diolah. Pada penelitian yang dilakukan Hidayati (2018), bahwa penambahan dosis koagulan dapat meningkatkan efisiensi dalam mengurangi turbiditas [13]. Namun jika penambahan koagulan berlebih dapat mengakibatkan restabilisasi yang meningkatkan kembali nilai turbiditas. Penggunaan PAC yang telah diterapkan di PGT Rejowinangun memiliki kelebihan diantaranya adalah kemampuan adsorpsi yang kuat, dengan dosis yang rendah dapat membentuk flok, tingkat sedimentasi yang cepat, serta cakupan penggunaannya yang luas [14]. Dengan demikian, penelitian dengan variasi dosis penambahan koagulan PAC pada pengkondisian yang sesuai diharapkan dapat ditentukan kondisi terbaik dalam menurunkan parameter standar baku limbah, diantaranya TSS dan juga BOD.

Dosis koagulan biasanya tergantung pada kandungan koloid atau padatan tersuspensi dalam fluida [15]. Jika kadar yang dibutuhkan telah sesuai maka pembentukan inti flok akan berjalan secara cepat. Penambahan koagulan yang berlebih justru dapat menyebabkan destabilisasi. Hal tersebut dapat diketahui sebagaimana hasil analisis penelitian berikut:



Gambar 1. Pengaruh dosis PAC terhadap (a) parameter TSS dan (b) persentase penurunan TSS

Berdasarkan Gambar 1(a), hubungan antara dosis PAC dan parameter TSS menunjukkan bahwa penurunan nilai TSS tidak mencapai kondisi terbaik pada dosis PAC yang terlalu rendah (11,56 ppm) maupun terlalu tinggi (55,24 ppm). Kondisi terbaik dicapai pada dosis PAC 33,89 ppm dengan persentase penurunan TSS sebesar 96,77%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1(b).

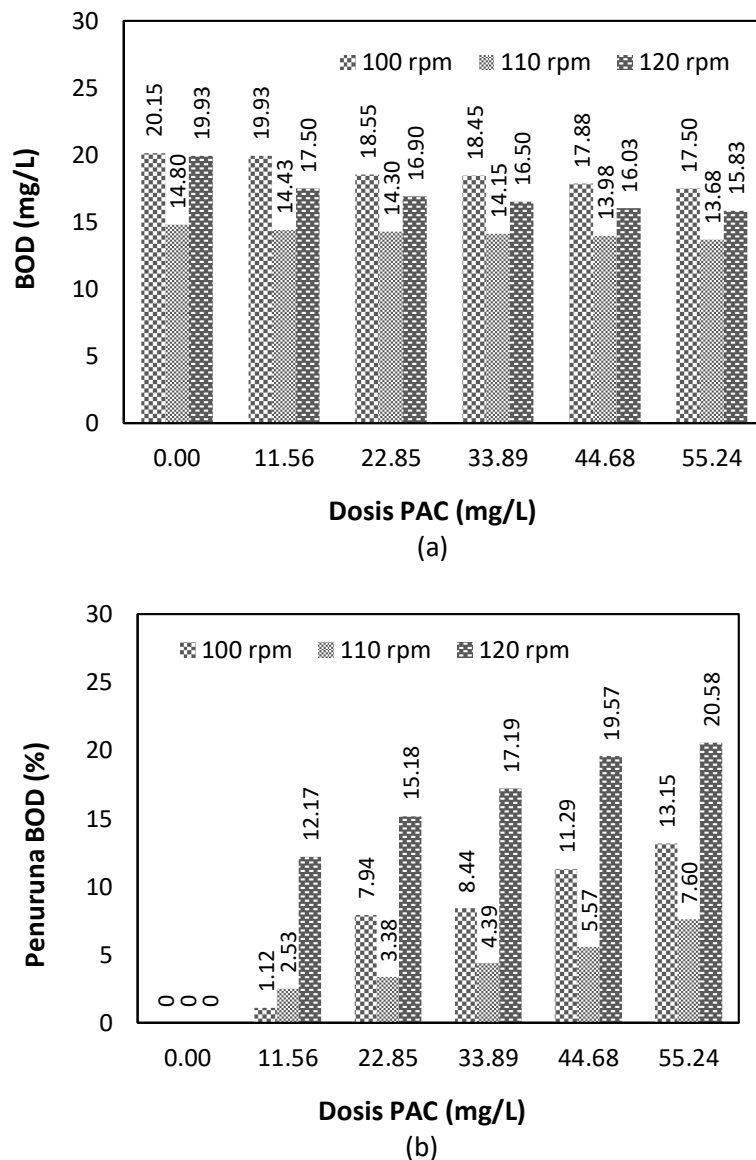
Pada dosis PAC 11,56 ppm, TSS dapat turun hingga 0,5 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 67,74%, seperti terlihat pada Gambar 1 (a) dan (b). Pada kondisi dosis PAC 22,85 ppm, nilai TSS turun terbaik menjadi 0,3 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 80,65%. Pada kondisi dosis PAC 44,68 ppm, nilai TSS turun terbaik menjadi 0,2 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 87,10%. Serta pada kondisi dosis PAC 55,24 ppm, nilai TSS turun terbaik menjadi 0,25 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 83,87%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan dosis koagulan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan nilai TSS.

Menurut Romadhon, dkk.(2016) penambahan dosis koagulan dapat mempengaruhi pH larutan yang dapat berdampak pada terbentuknya flok sehingga dosis koagulan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi koagulasi-flokulasi sampel limbah [16]. Dengan dosis yang terlalu rendah maka koagulasi pada pengadukan cepat dapat menghasilkan inti flok (mikroflok) untuk dapat menjadi makroflok dengan proses flokulasi [17]. Meskipun kadar koagulan yang ditambahkan rendah dapat membentuk flok yang lebih besar dan dapat menyisihkan *suspended solid*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengkondisian penambahan koagulan yang tepat dalam proses koagulasi-flokulasi dapat menurunkan nilai parameter TSS secara efektif.

Berdasarkan Gambar 2(a), hubungan antara dosis PAC dan parameter BOD menunjukkan bahwa penurunan nilai BOD mencapai kondisi terbaik pada dosis tertinggi (55,24 ppm). Kondisi terbaik tersebut dicapai dengan persentase penurunan BOD sebesar 20,58%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2(b).

Pada dosis PAC 11,56 ppm, BOD dapat turun hingga 17,5 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 12,17%, seperti terlihat pada Gambar 2 (a) dan (b). Pada kondisi dosis PAC 22,85 ppm, nilai BOD turun terbaik menjadi 16,90 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 15,18%. Pada kondisi dosis PAC 33,89 ppm, nilai BOD turun terbaik menjadi 16,50 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 17,19%. Serta pada kondisi dosis PAC 44,68 ppm, nilai BOD turun terbaik menjadi 16,03 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 19,57%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan dosis koagulan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan nilai BOD.

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan pengkondisian penambahan koagulan dapat efektif penurunan nilai BOD dalam proses koagulasi-flokulasi. Seperti yang ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Aditya, dkk. (2022) yang menyebutkan bahwa dengan dosis tertinggi yang diujikan dalam percobaan didapatkan penurunan nilai BOD yang paling besar [18].

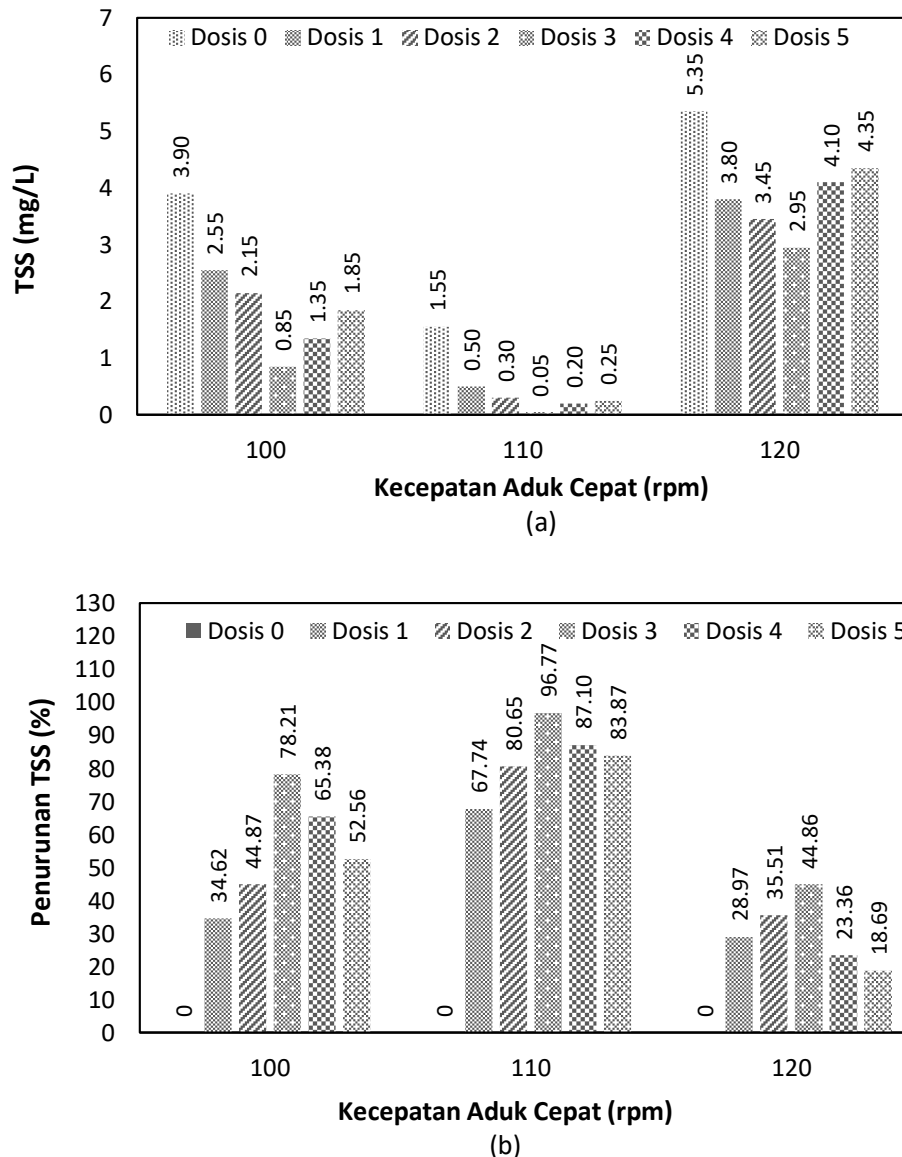


Gambar 2. Pengaruh dosis PAC terhadap (a) parameter BOD dan (b) persentase penurunan BOD

3.2. Pengaruh Kecepatan Aduk Cepat

Pada proses koagulasi-flokulasi yang telah diterapkan di PGT Rejowinangun memanfaatkan blower sebagai pengaduknya. Pada kondisi tersebut, blower tidak dapat diatur kecepatannya dan cenderung bekerja sebagai pengaduk dengan kecepatan yang tetap. Untuk proses koagulasi akibat netralisasi muatan sebaiknya dijalankan dengan penambahan koagulan hingga terbentuk kompleks ionik dalam pengkondisian konsentrasi yang rendah. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan proses penyebaran bahan kimia koagulan secara cepat untuk proses destabilisasi yang optimal. Sedangkan flokulasi terjadi ketika dosis bahan kimia yang lebih tinggi digunakan sehingga koagulan dengan cepat mengendap setelah larut dan kehilangan kemampuannya untuk menetralkan muatan [19].

Kecepatan pengadukan cepat dapat mempengaruhi kondisi supernatan/limbah yang diproses. Kecepatan aduk yang terlalu tinggi justru dapat menyebabkan destabilisasi. Hal tersebut dapat diketahui sebagaimana hasil analisis penelitian pada Gambar 3.



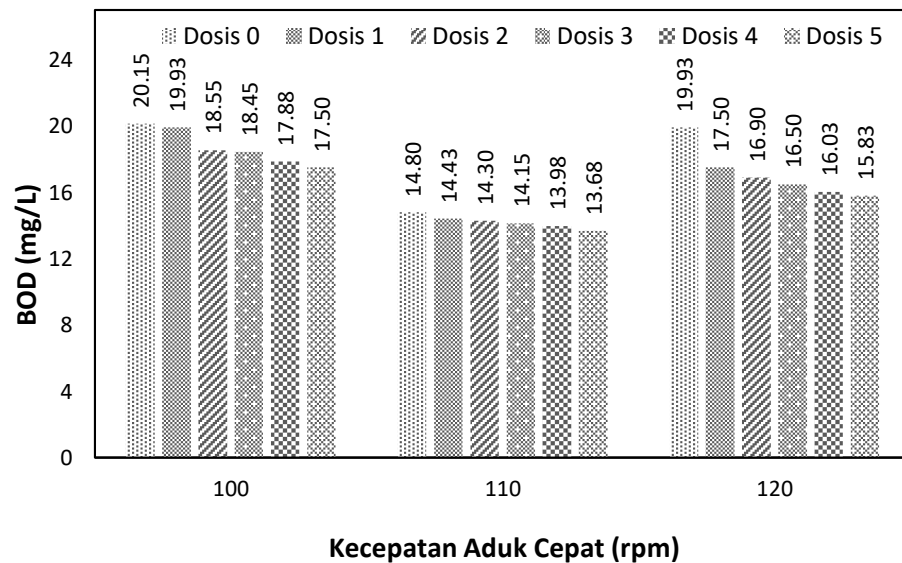
Gambar 3. Pengaruh kecepatan aduk cepat terhadap (a) parameter TSS dan (b) persentase penurunan TSS

Berdasarkan Gambar 3(a), hubungan antara kecepatan aduk cepat dan parameter TSS menunjukkan bahwa penurunan nilai TSS tidak mencapai kondisi terbaik pada kecepatan aduk yang terlalu rendah (100 rpm) maupun terlalu tinggi (120 rpm). Kondisi optimal dicapai pada kecepatan 110 rpm, dengan persentase penurunan TSS sebesar 96,77%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3(b).

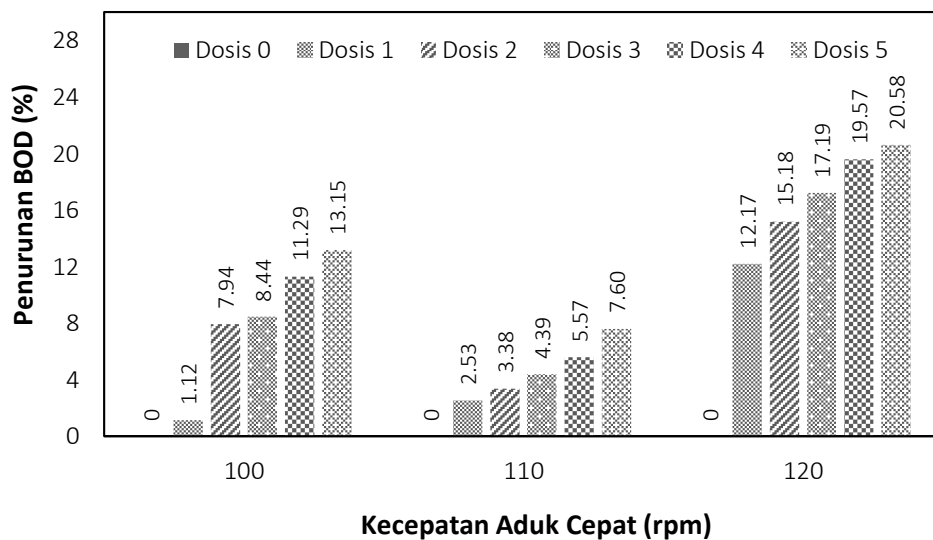
Pada kecepatan 100 rpm, TSS dapat turun hingga 0,85 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 78,21%, seperti terlihat pada Gambar 3(a) dan (b). Sementara itu, pada kecepatan 120 rpm, TSS turun menjadi 2,95 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 44,86%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan aduk cepat yang tepat sangat

penting untuk meningkatkan efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan nilai TSS.

Dalam studi yang dilakukan oleh Fadila, dkk. (2024) menyebutkan bahwa dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit dapat efektif menurunkan parameter TSS dalam koagulasi-flokulasi pengolahan limbah cair industri krimer [20]. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengkondisian kecepatan aduk cepat yang tepat dalam proses koagulasi-flokulasi dapat menurunkan nilai parameter TSS secara efektif. Untuk setiap hasil pengolahan limbah cair pabrik gondorukem dan terptentin yang dilakukan pada penelitian didapatkan kecepatan pengadukan yang paling efektif adalah 110 rpm untuk menurunkan TSS.



(a)



(b)

Gambar 4. Pengaruh kecepatan aduk cepat terhadap (a) parameter BOD dan (b) persentase penurunan BOD

Berdasarkan Gambar 4(a), hubungan antara kecepatan aduk cepat dan parameter BOD menunjukkan bahwa penurunan nilai BOD mencapai kondisi terbaik pada kecepatan aduk yang tertinggi (120 rpm). Kondisi terbaik tersebut dicapai pada kecepatan dengan persentase penurunan BOD sebesar 20,58%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4(b).

Pada kecepatan 100 rpm, BOD dapat turun hingga 17,50 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 13,15%, seperti terlihat pada Gambar 2 (a) dan (b). Sementara itu, pada kecepatan 110 rpm, BOD turun menjadi 13,68 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 7,6%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan aduk cepat pada kondisi pengadukan yang tinggi efektif dalam proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan nilai BOD. Akan tetapi jika nilai ditinjau dari kondisi penurunan TSS yang terbaik (kecepatan aduk 120 rpm pada dosis 3) maka diketahui nilai BOD pada kondisi tersebut sebesar 14,15 mg/L dengan persentase penurunan 4,39%.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengkondisian kecepatan aduk cepat yang tepat dalam proses koagulasi-flokulasi dapat menurunkan nilai parameter BOD secara efektif. Nilai dari BOD yang didapatkan dari alat BOD meter menunjukkan kadar *Dissolved Oxygen* (DO).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair di unit koagulasi-flokulasi PGT Rejowinangun memiliki efisiensi penurunan TSS sebesar 62,24% dan BOD 13,31%. Penurunan tertinggi dicapai pada kecepatan aduk cepat 110 rpm dan dosis PAC 33,89 ppm, dengan penurunan TSS 96,77% dan BOD 4,39%. Sedangkan penurunan BOD sebesar 20,58% terjadi saat proses dijalankan dengan pengadukan cepat 120 rpm dengan dosis 55,24 ppm.

Untuk memperluas cakupan penelitian, variabel bebas terkait kecepatan pengadukan cepat dan penambahan koagulan PAC dapat divariasikan. Untuk mengetahui hasil dari variasi penelitian yang dilakukan, maka parameter analisa dapat lebih diperbanyak seperti analisa terkait pH, turbidity, dan berbagai parameter penunjang lain. Untuk analisa parameter BOD kedepannya lebih baik dilakukan menggunakan metode volumetrik (titrasi) untuk mengetahui nilai yang lebih akurat.

REFERENSI

- [1] T. Bakke, J. Klungsøyr, dan S. Sanni, "Environmental Impacts of Produced Water and Drilling Waste Discharges From The Norwegian Offshore Petroleum Industry," *Marine Environmental Research*, vol. 92, hal. 154–169, 2013.
- [2] A. Winarni, "Optimasi Proses Koagulasi Dan Flokulasi Limbah Lindi Hitam Dari Hasil Pembuatan Bioetanol," Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2016.
- [3] S. F. Ekoputri, A. Rahmatunnissa, F. Nulfaidah, Y. Ratnasari, M. Djaeni, dan D. A. Sari, "Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, hal. 7781–7787, 2023.
- [4] Z. Rahimah, H. Heldawati, dan I. Syauqiah, "Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC," *Konversi*, vol. 5, no. 2, hal. 13, 2018.
- [5] E. D. Widyastuti, "Analisis Proses Demulsifikasi Minyak Terlarut Pada Limbah Cair PT

- Inhutani V Trenggalek,” Skripsi, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, 2024.
- [6] H. Husaini, S. S. Cahyono, S. Suganal, dan K. N. Hidayat, “Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test,” *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 14, no. 1, hal. 31, 2018.
- [7] S. Wahyuni dan P. Prayitno, “Studi Pengolahan Air Buangan Ipal Industri Rumput Laut Menjadi Air Proses,” *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, hal. 130–138, 2024.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, “Biological Oxygen Demand,” 2009.
- [9] M. Pungus, S. Palilingan, dan F. Tumimomor, “Penurunan Kadar BOD Dan COD Dalam Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Adsorben Alam Sebagai Media Filtrasi,” *Fullerene Journal Of Chemistry*, vol. 4, no. 2, hal. 54–60, 2019.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, “Total Suspended Solid,” 2004.
- [11] M. Zidan dan R. H. P. Kokoh, “Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X Kota Surabaya,” *Nusantara Hasana Journal*, vol. 2, no. 8, hal. 171–181, 2023.
- [12] N. Hidayati, A. Setiawan, A. E. Afiuddin, dan E. Yulianto, “Pengaruh Dosis Koagulan-Flokulan dalam Menurunkan Kandungan Zinc dan Fosfat di Waste Water Treatment Plant (WWTP) PT POMI,” *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, vol. 2, hal. 119–126, 2018.
- [13] B. Murwanto, “Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu,” *Jurnal Kesehatan*, vol. 9, no. 1, hal. 143–153, 2018.
- [14] K. E. Lee, N. Morad, T. T. Teng, dan B. T. Poh, “Development, Characterization and The Application of Hybrid Materials in Coagulation/Flocculation of Wastewater: A Review,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 203, hal. 370–386, 2012.
- [15] R. Romadhon, Muhammad dan Sunarto, “Efektivitas Jenis Koagulan dan Dosis Koagulan terhadap Penurunan Kadar Kromium Limbah Penyamakan Kulit,” *Kimia Dasar*, vol. 6, no. 1, hal. 35–41, 2017.
- [16] F. Nuurfath, S. Elystia, dan E. HS, “Penentuan Dosis Terbaik Koagulan Aluminium Sulfat dalam Mengolah Limbah Cair Laboratorium dengan Proses Koagulasi dan Flokulasi,” *Journal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, vol. 6, no. 2, hal. 125–129, 2019.
- [17] V. R. Aditya, B. Budiyo, dan T. Joko, “Penggunaan PAC dalam Menurunkan Kadar BOD Limbah Cair di Rumah Pemotongan Hewan Penggaron,” *Ikesma*, vol. 18, no. 4, hal. 228, 2022.
- [18] C. Binnie, M. Kimber, dan G. Smethurst, *Basic Water Treatment*, Edisi 3, London: Thomas Telford, 2002.
- [19] D. F. M. Fadila, A. Mustain, dan B. F. Dandel, “Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Parameter Nilai TSS dan Turbidity pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Krimer,” *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no.4, hal. 734-742, 2024.