

Reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS) from Wastewater of Tapioca Plant Using Aluminium Sulfate and Poly Aluminium Chloride (PAC) as a Coagulant

Pengurangan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solids* (TSS) Pada Air Limbah Tapioka Pabrik Aci Menggunakan Koagulan Aluminium Sulfat dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

Shinta Desnia Amalia Hidayati, Neni Damajanti*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Muhammadiyah Purwokerto,
Purwokerto, Indonesia, 53182

*Corresponding author : damajantineni9@gmail.com

ABSTRACT

Article Info

Submit:
25 February 2022

Revision:
16 March 2022

Accepted:
23 March 2022

First Online:
25 March 2022

Water is the source of life on the surface of the earth. But often the water used for life contains many organic compounds that are harmful to life. This is due to contamination of water sources by compounds from many places, one of which is waste from the tapioca industry. One method that can be used to reduce water pollution is the coagulation process using certain coagulants. The ability of Poly Aluminium Chloride (PAC) and aluminum sulfate as coagulant is utilized in the processing of tapioca wastewater to reduce COD and TSS levels. This study aims to determine the effect of coagulant dose and flocculation time on decreasing COD and TSS levels in tapioca wastewater from Purbalingga Aci Factory. The method used is coagulation using PAC and aluminum sulfate as a coagulant with a variation of the coagulant dose of 2000; 4000; 6000; 8000 and 10,000 mg/L as well as variations in flocculation time 25; 30; 35; 40 and 45 minutes. The results showed that the coagulant dose and flocculation time had an effect on decreasing COD and TSS in tapioca wastewater. The best use of PAC coagulant at a dose of 6000 mg/L with a flocculation time of 45 minutes, namely the COD value of 375.2 mg/L and TSS 110 mg/L. While the best use of aluminum sulfate coagulant at a dose of 8000 mg/L with a flocculation time of 45 minutes, namely the COD value of 203.2 mg/L and TSS 590 mg/L.

Keywords: TSS, COD, tapioca wastewater, coagulation, PAC, aluminum sulfate

ABSTRAK

Air adalah sumber kehidupan di permukaan bumi. Namun seringkali air yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari mengandung banyak senyawa organik dan senyawa lain yang berbahaya untuk keberlangsungan hidup. Hal ini dikarenakan tercemarnya sumber air oleh senyawa-senyawa dari banyak tempat, salah satunya adalah buangan dari industri tapioka. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi tercemarnya perairan adalah dengan proses koagulasi menggunakan koagulan tertentu. Kemampuan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan aluminium sulfat sebagai koagulan dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair tapioka untuk menurunkan kadar COD dan TSS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis koagulan dan waktu flokulasi terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada limbah cair tapioka Pabrik Aci Wanakusumah Purbalingga. Metode yang digunakan adalah koagulasi menggunakan koagulan PAC dan aluminium sulfat dengan variasi dosis koagulan 2000; 4000; 6000; 8000 dan 10.000 mg/L serta variasi waktu flokulasi 25; 30; 35; 40 dan 45 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis koagulan dan waktu flokulasi berpengaruh terhadap penurunan COD dan TSS pada limbah cair tapioka. Penggunaan koagulan PAC terbaik pada dosis 6000 mg/L dengan waktu flokulasi 45 menit, dengan hasil nilai COD 375,2 mg/L dan TSS 110 mg/L. Sedangkan penggunaan koagulan aluminium sulfat terbaik pada dosis 8000 mg/L dengan waktu flokulasi 45 menit, dengan hasil nilai COD 203,2 mg/L dan TSS 590 mg/L.

Kata kunci : TSS, COD, limbah cair tapioka, koagulasi, PAC, aluminium sulfat

1. PENDAHULUAN

Air adalah sumber kehidupan di permukaan bumi. Tidak ada satupun kehidupan di bumi ini dapat berlangsung tanpa adanya air. Oleh karena itu, air dikatakan sebagai benda mutlak yang harus ada dalam kehidupan manusia [1]. Namun seringkali air yang digunakan untuk kehidupan mengandung banyak senyawa organik dan senyawa lain yang berbahaya untuk keberlangsungan hidup. Hal ini dikarenakan tercemarnya sumber air oleh senyawa-senyawa dari banyak sumber, salah satunya adalah buangan dari industri.

Limbah cair industri dapat mengandung berbagai macam jenis senyawa pencemar dengan berbagai kadarnya, tergantung pada proses pengolahan limbah yang ada dalam industri tersebut. Industri tepung tapioka merupakan industri pengolahan pangan yang menghasilkan air limbah dalam jumlah besar. Berdasarkan baku mutu air limbah industri tepung tapioka, yang diatur dalam Peraturan Perda Provinsi Jawa Tengah No. 05 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar maksimum yang diijinkan pada berbagai parameter adalah BOD 150 mg/L, COD 300 mg/L, TSS 100 mg/L, CN 0,3 mg/L, pH 6,0 – 9,0 dan debit maksimum 30 m³/ton produk. Parameter air limbah tapioka yang melebihi kadar maksimum menyebabkan turunnya jumlah oksigen (*dissolved oxygen*, DO) dalam air. Kondisi tersebut mempengaruhi kehidupan biota air, terutama biota yang hidupnya tergantung pada oksigen terlarut di air.

Pabrik Aci Wanakusumah yang berada di Kelurahan Timbang Kecamatan Kejobong Kabupaten Purbalingga adalah salah satu industri penghasil tepung tapioka. Pabrik Aci Wanakusumah hanya memiliki bak pengendap untuk mengolah air limbah tapioka yang dihasilkan sebelum dibuang ke sungai Pekacangan. Dalam mengolah air limbahnya, pabrik ini mengendapkan limbah tersebut di dalam bak pengendapan selama 2-4 minggu dan mengolah endapan lumpurnya dengan dijemur di bawah sinar matahari. Limbah yang sudah kering ini kemudian diberikan kepada warga setempat untuk dijadikan pakan ternak.

Air limbah industri secara umum memiliki tiga sifat, yaitu sifat fisika, kimia dan biologi. Sifat kimia berupa warna yang keruh, suhu yang lebih tinggi dari suhu sekitar, zat tersuspensi yang meningkat jumlahnya dan berbau. Sifat kimia ditentukan oleh *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), logam-logam berat (misal: besi dan magnesium), dan pH tinggi. Sifat biologi berupa

kandungan bakteri-bakteri patogen di dalam air limbah (Setyobudi dan Khairi, 2009). BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik *biodegradable* yang ada di dalam air, sedangkan COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991). Dengan prosedur ini, segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi. Menurut Boyd (1990) bisa saja nilai BOD sama dengan nilai COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD.

Berbagai macam koagulan dapat digunakan untuk koagulasi, yang diantaranya adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan *Aluminium Sulfate*. PAC dengan rumus umum $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ adalah persenyawaan anorganik kompleks antara ion hidroksil (OH) dengan ion aluminium yang mengalami klorinasi bertahap. PAC mampu mengkoagulasi zat tersuspensi atau dispersi koloid menghasilkan flok yang mudah mengendap (Husaini, 2016). Aluminium sulfat adalah senyawa kimia dengan rumus $Al_2(SO_4)_3$. Senyawa ini larut dalam air dan terutama digunakan sebagai agen koagulasi (mempromosikan tumbukan partikel dengan menetralkan muatan) dalam pemurnian air minum dan pabrik pengolahan air limbah serta di pabrik kertas (Kvech S, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis koagulan dan waktu flokulasi terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada limbah cair tapioka Pabrik Aci Wanakusumah Purbalingga.

2. MATERIAL DAN METODE

2.1 Material

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu, limbah cair industri tapioka, aluminium sulfat (tawas), dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Bahan-bahan untuk analisa COD mengacu pada (SNI-6989.2:2009): air bebas organik, *disgestion solution* ($K_2Cr_2O_7$), larutan pereaksi asam sulfat (Ag_2SO_4 dan H_2SO_4), asam sulfamat, larutan baku kalium hidrogen phtalat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Air dan Air Limbah Fakultas Teknik dan Sains (FTS), Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

2.2 Rancangan Penelitian

Perancangan penelitian yang digunakan meliputi variabel tetap dan bebas. Variabel tetap adalah volume sampel 500 ml, kecepatan dan waktu rapid mix 150 rpm dan 30 detik, kecepatan dan waktu flokulasi 10 rpm 60 menit, waktu settling 60 menit dan pH 5-6. Variabel bebas adalah konsentrasi koagulan 2, 4, 6, 8 dan 10 gram/L dan waktu flokulasi 25, 30, 35, 40 dan 45 menit. Respon yang diamati adalah COD dan TSS.

2.3 Preparasi Limbah Cair Tapioka

Limbah diambil dari pabrik Aci di Wanakusumah Purbalingga. Limbah cair tapioka disaring dengan penyaring kain agar pengotor dengan ukuran besar tidak ikut terbawa. Sample disimpan dalam kulkas sampai penggunaan.

2.4 Proses Koagulasi dan Analisis

Proses koagulasi dilakukan dengan berbagai variasi dosis, yaitu 2, 4, 6, 8 dan 10 gram/L. Sampel limbah cair tapioka sejumlah 500 ml ditambahkan koagulan dengan berbagai variasi dosis. Kemudian dilakukan tahap *rapid mixing*, yaitu pengadukan dengan kecepatan 150 rpm selama 30 detik. Tahap tersebut selanjutnya diikuti dengan tahap flokulasi, yaitu pengadukan dengan kecepatan 10 rpm dengan variasi waktu 25, 30, 35 dan 40 menit. Setelah itu campuran hasil koagulasi dibiarkan mengendap selama 60 menit. Filtrat hasil penyaringan diuji kadar COD (SNI-6989.2:2009), TSS (SNI-6989.3:2019) dan pH-nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

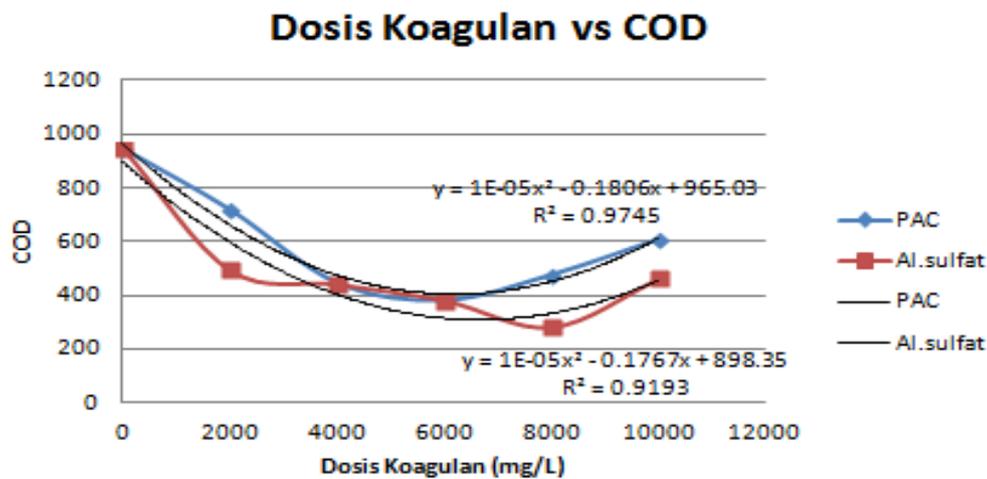
3.1 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan COD

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah terhadap limbah cair tapioka untuk menurunkan konsentrasi COD. Metode pengolahan limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah metode koagulasi, dengan memvariasikan dosis koagulan dan waktu pengadukan tahap flokulasi (pengadukan lambat). COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dalam satuan mg/L. Penurunan COD ini disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah terbentuk menjadi flok, partikel koloid pada limbah bersifat mengikat partikel atau senyawa lain yang ada pada limbah. Dengan menurunnya jumlah partikel, maka oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik juga menurun, sehingga nilai COD setelah koagulasi juga menjadi rendah.

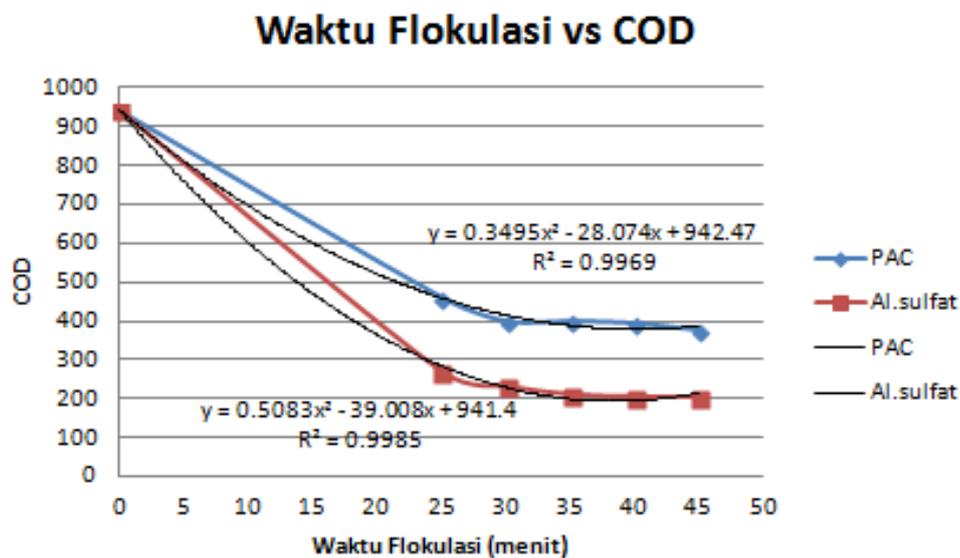
Pada pengujian awal, air limbah tapioka Pabrik Aci Wanakusumah mempunyai nilai parameter COD yang melebihi batas baku mutu, yaitu sebesar 943,3667 mg/L. Hasil penurunan konsentrasi COD terbaik untuk koagulan PAC ada pada dosis 6000 mg/L dan untuk koagulan aluminium sulfat ada pada dosis 8000 mg/L, masing-masing menghasilkan konsentrasi COD sebesar 381,3667 mg/L untuk PAC dan 282,5333 mg/L untuk aluminium sulfat. Dapat dilihat pada grafik di Gambar 1, pada penelitian ini diperoleh nilai R^2 untuk PAC sebesar 0,9745 dan untuk aluminium sulfat sebesar 0,9193. Hal ini berarti bahwa persamaan kurva $y = 1E-05x^2 - 0,1806x + 965,03$ untuk PAC dan $y = 1E-05x^2 - 0,1767x + 898,35$ untuk aluminium sulfat sudah dapat mewakili kecenderungan pengaruh dosis koagulan terhadap konsentrasi COD, dengan nilai x adalah dosis koagulan (mg/L) dan nilai y adalah kadar COD (mg/L). Jadi, dari hasil penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi COD menggunakan koagulan PAC belum memenuhi baku mutu, sedangkan yang menggunakan koagulan aluminium sulfat sudah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Baku mutu air limbah industri tapioka untuk parameter COD berdasarkan Peraturan Menteri Negara LH No: KEP-51/MENLH/10/1995 adalah 300 mg/L.

Penambahan dosis koagulan tidak selalu membuat konsentrasi COD semakin turun. Dari Gambar 1 terlihat bahwa pada dosis tertinggi konsentrasi COD menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan dosis sebelumnya yang lebih rendah. Pada awalnya, seiring bertambahnya koagulan yang ditambahkan ke dalam air, jumlah zat kimia yang mampu mereduksi muatan listrik pada permukaan partikel-partikel koloid bertambah juga, sehingga membuat gaya tolak menolak antar partikel koloid air limbah akan melemah sehingga partikel akan berdekatan dan bergabung membentuk flok. Kondisi ini akan mencapai kondisi optimum dimana penambahan koagulan tidak akan menimbulkan endapan tapi malah memecah endapan, karena pada kondisi tersebut jumlah koagulan yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya deflokulasi atau restabilisasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antar muatan positif partikel.

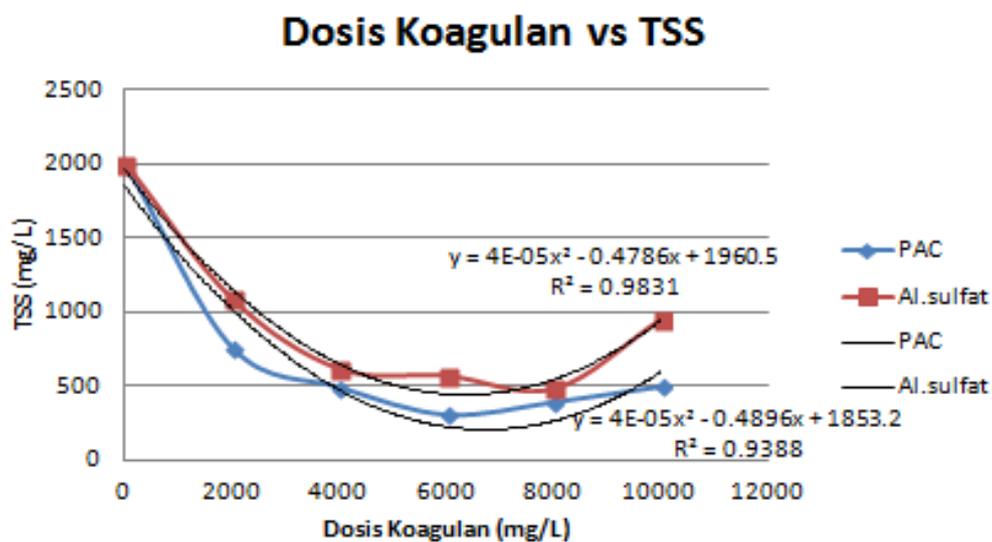
Data yang dihasilkan diolah menggunakan metode analisis One-Way ANOVA dan dapat diketahui bahwa variabel dosis koagulan berpengaruh terhadap proses penurunan konsentrasi COD dalam pengolahan air limbah tapioka ini ($P < 0.05$).



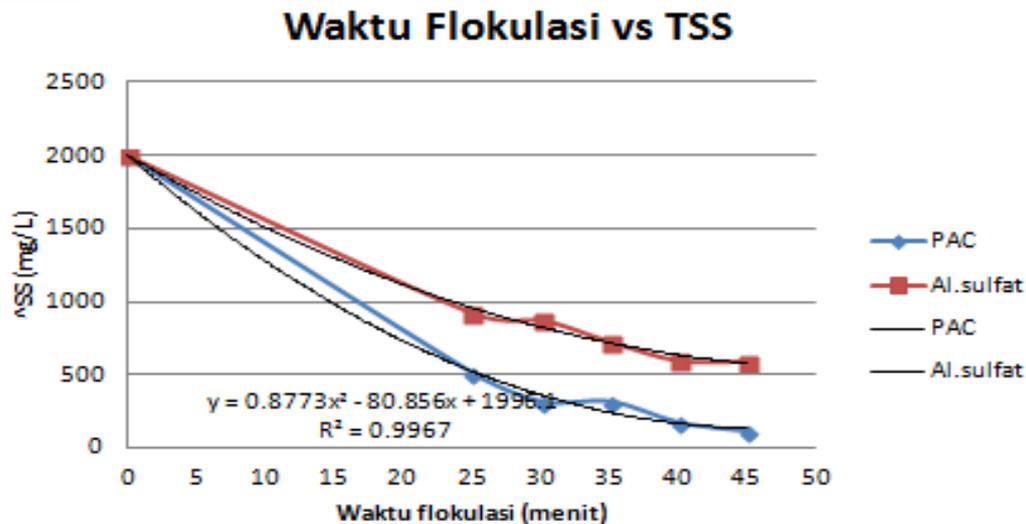
Gambar 1. Grafik hubungan antara dosis koagulan dan COD



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu flokulasi dan COD



Gambar 3. Grafik hubungan antara dosis koagulan dan TSS



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu flokulasi dan TSS

3.2 Pengaruh Waktu Flokulasi Terhadap Penurunan COD

Waktu flokulasi memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan parameter COD limbah tapioka pabrik aci Wanakusumah. Hal ini seperti terlihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu flokulasi maka konsentrasi COD dalam limbah cair tapioka semakin turun. Lamanya waktu pengadukan yang terjadi pada koagulan dengan senyawa organik yang berada pada limbah menyebabkan pembentukan flokulasi partikel semakin besar. Hal ini terjadi karena koagulan bermuatan positif akan menyerap ion-ion negatif pada limbah cair tapioka yang mengandung senyawa organik dan membentuk flok, yang pada akhirnya akan menurunkan konsentrasi COD. Hasil penurunan konsentrasi COD terbaik ada pada waktu flokulasi 45 menit, yaitu sebesar 375,2 mg/L untuk koagulan PAC dan 203,2 mg/L untuk koagulan aluminium sulfat. Dari Gambar 2 juga dapat dilihat nilai R^2 untuk PAC 0,9969 dan aluminium sulfat 0,9985. Hal ini berarti bahwa persamaan kurva $y = 0,3495x^2 - 28,074x + 942,47$ untuk PAC dan $y = 0,5083x^2 - 39,008x + 941,4$ untuk aluminium sulfat sudah dapat mewakili kecenderungan pengaruh waktu flokulasi terhadap kadar COD. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi COD dengan koagulan PAC belum memenuhi baku mutu, sedangkan konsentrasi COD dengan koagulan aluminium sulfat sudah memenuhi syarat baku mutu.

Untuk mengetahui pengaruh waktu flokulasi terhadap penurunan konsentrasi COD pada limbah cair tapioka pabrik aci Wanakusumah dilakukan

analisis One-Way dan dapat diketahui bahwa variabel waktu flokulasi memiliki pengaruh terhadap proses penurunan COD dalam pengolahan limbah cair tapioka. Hal ini dikarenakan nilai P value yang didapatkan untuk waktu dan dosis koagulan lebih kecil dari 0,05, yaitu sebesar 0,030 untuk PAC dan 0,015 untuk aluminium sulfat.

3.3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan TSS

Dosis koagulan memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan parameter TSS dalam pengolahan air limbah tapioka pabrik aci Wanakusumah. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan dosis koagulan dengan TSS di Gambar 3.

Pada pengujian awal, air limbah tapioka Pabrik Aci Wanakusumah mempunyai nilai TSS yang melebihi batas baku mutu, yaitu sebesar 2000 mg/L. Penurunan konsentrasi TSS terbesar untuk koagulan PAC ada pada dosis 6000 mg/L dan untuk koagulan aluminium sulfat ada pada dosis 8000 mg/L, masing-masing menghasilkan nilai TSS 305 mg/L untuk PAC dan 480 mg/L untuk aluminium sulfat. Pada grafik penelitian ini diperoleh nilai R^2 untuk PAC 0,9831 dan aluminium sulfat 0,9388. Hal ini berarti bahwa persamaan kurva $y = 4E-05x^2 - 0,4896x + 1853,2$ untuk PAC dan $y = 4E-05x^2 - 0,4786x + 1960,5$ untuk aluminium sulfat sudah dapat mewakili kecenderungan pengaruh dosis koagulan terhadap kadar TSS. Dari hasil tersebut diketahui bahwa konsentrasi TSS untuk koagulan PAC dan aluminium sulfat belum memenuhi baku mutu air limbah industri tapioka untuk parameter TSS (berdasarkan Peraturan Menteri Negara LH No: KEP-51/MENLH/10/1995), yaitu sebesar 100 mg/L.

Penambahan dosis koagulan tidak selalu membuat konsentrasi TSS semakin turun. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada dosis tertinggi justru konsentrasi TSS lebih tinggi dibanding dosis sebelumnya. Hal ini bisa disebabkan oleh tersuspensi kembalinya partikel-partikel limbah yang disebabkan oleh konsentrasi koagulan yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi ini memberikan muatan positif ke permukaan partikel limbah, sehingga partikel limbah terdispersi [8].

Data yang dihasilkan diolah menggunakan metode analisis One-Way ANOVA dan diperoleh Tabel 5 dan 6 dan dapat diketahui bahwa variabel dosis koagulan berpengaruh terhadap proses penurunan konsentrasi TSS dalam pengolahan air limbah tapioka pabrik aci Wanakusumah. Hal ini dikarenakan nilai *P value* yang didapatkan lebih kecil dari 0,05, yaitu untuk dosis koagulan PAC 0,013 dan untuk dosis koagulan aluminium sulfat 0,011.

3.4 Pengaruh Waktu Flokulasi Terhadap Penurunan TSS

Waktu flokulasi memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan parameter TSS dalam pengolahan air limbah tapioka pabrik aci Wanakusumah. Hal ini terlihat pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin lama waktu flokulasi maka konsentrasi TSS dalam limbah cair tapioka semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin lamanya waktu pengadukan antara koagulan dengan senyawa organik yang berada pada sampel, akan menyebabkan semakin besarnya flok yang terbentuk. Flokulasi partikel terjadi karena koagulan yang bermuatan positif akan menyerap ion-ion negatif pada limbah cair tapioka yang mengandung senyawa organik dan membentuk flok. Hasil penurunan konsentrasi TSS terbaik terjadi pada waktu flokulasi 45 menit, yaitu sebesar 110 mg/L untuk koagulan PAC dan 590 mg/L untuk aluminium sulfat. Dari grafik penelitian ini diperoleh nilai R^2 untuk PAC 0,996 dan aluminium sulfat 0,9967. Hal ini berarti bahwa persamaan kurva $y = 0,8773x^2 - 80,856x + 1996,1$ untuk PAC dan $y = 0,5031x^2 - 54,243x + 1998,4$ untuk aluminium sulfat sudah dapat mewakili kecenderungan pengaruh waktu flokulasi terhadap kadar TSS. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi TSS untuk koagulan PAC dan aluminium sulfat belum memenuhi baku mutu air limbah industri tapioka untuk parameter TSS.

Untuk mengetahui pengaruh waktu flokulasi terhadap penurunan konsentrasi TSS pada limbah cair tapioka pabrik aci Wanakusumah dilakukan analisis One-Way ANOVA dan dapat diketahui bahwa variabel waktu flokulasi berpengaruh

terhadap proses penurunan konsentrasi TSS dalam pengolahan air limbah tapioka. Hal ini dikarenakan nilai *P value* yang didapatkan lebih kecil dari 0,05, yaitu untuk koagulan PAC 0,044 dan untuk koagulan aluminium sulfat 0,047.

Pada tahun 2015 Amiratus Sholikhah dan Neni Damajanti [9] melakukan penelitian tentang pengolahan air limbah tapioka dengan metode koagulasi menggunakan koagulan kitosan. Variabel berubah yang digunakan adalah dosis kitosan 50, 100, 150 mg/L dan waktu flokulasi 10, 20, 30 menit. Persentase penurunan nilai COD yang diperoleh setelah proses koagulasi dan *settling time* selama 1 jam adalah 17,58% dari 16.500 mg/L menjadi 13.600 mg/L pada dosis 100 mg/L dengan waktu flokulasi 10 menit. Sedangkan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan koagulan yang berbeda, yaitu PAC dan aluminium sulfat, dengan variasi dosis 2, 4, 6, 8, 10 gram/L dan waktu flokulasi 25, 30, 35, 40, 45 menit serta *settling time* 1 jam. Persentase penurunan COD terbaik mencapai 78,46%, yaitu dari 943,3667 mg/L menjadi 203,2 mg/L, dengan koagulan aluminium sulfat dosis 8 gram/L dan waktu flokulasi 45 menit.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, dosis koagulan aluminium sulfat berpengaruh terhadap penurunan COD dan TSS limbah cair industri tapioka Pabrik Aci Wanakusumah dengan variasi dosis terbaik adalah pada dosis 8000 mg/L dengan nilai COD 282,5333 mg/L (70,05%) dan TSS 480 mg/L (76%), sedangkan pada dosis koagulan PAC variasi dosis terbaik adalah pada dosis 6000 mg/L dengan nilai COD 381,3667 mg/L (59,57%) dan TSS 305 mg/L (84,75%). Untuk waktu flokulasi koagulan aluminium sulfat berpengaruh terhadap penurunan COD dan TSS limbah cair industri tapioka Pabrik Aci Wanakusumah dengan variasi waktu flokulasi terbaik adalah 45 menit dengan nilai COD 203,2 mg/L (78,46%) dan TSS 590 mg/L (70,5%), sedangkan waktu flokulasi koagulan PAC berpengaruh terhadap penurunan COD dan TSS limbah cair industri tapioka Pabrik Aci Wanakusumah. Penurunan COD dan TSS dengan variasi waktu flokulasi terbaik adalah 45 menit dengan nilai COD 375,2 mg/L (60,23%) dan TSS 110 mg/L (94,5%).

Dari penelitian ini didapatkan hasil nilai COD yang sesuai dengan baku mutu (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri) adalah pada penggunaan koagulan

aluminium sulfat dengan dosis 8000 mg/L dengan nilai COD 282,5333 mg/L (70,5%) dan pada waktu flokulasi 45 menit dengan nilai COD 203,2 mg/L (78,46%). Sedangkan untuk nilai TSS yang sesuai baku mutu belum didapatkan dari hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djasio Sanropie, Pedoman Bidang Studi Penyediaan Air Bersih Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi [APK-TS], Jakarta: Proyek Pengembangan Pendidikan Tenaga Sanitasi Pusat, Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Pegawai, Departemen Kesehatan RI, 1984.
- [2] A. Tuhu and H. S. Winata, "Pengolahan air limbah industri tahu dengan menguakan teknologi plasma," *J. Imiah Tek. Kim.*, vol. 2, no. 2, pp. 19–28, 2011.
- [3] Boyd, C.E., "Water Quality in Ponds for Aquaculture", Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1990, 482 p.
- [4] Metcalf & Eddy, "Treatment, Disposal and Reuse", Wastewater Engineering, Third Edition, New York : McGraw-Hill, 1991.
- [5] Riskawanti, H. L. Brena, I. Chairul, and T. Andri, "Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC," *Pengolah. Limbah Perendaman Karet*, vol. 7, pp. 17–25, 2016.
- [6] S. Kvech and M. Edwards, "Solubility controls on aluminum in drinking water at relatively low and high pH," *Water Res.*, vol. 36, no. 17, pp. 4356–4368, 2002, doi: 10.1016/S0043-1354(02)00137-9.
- [7] Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri. Jakarta, 1995.
- [8] S. Yuliati, "Proses Koagulasi Flokulasi Pengolahan Limbah Cair", IPB, Bogor, 2006.
- [9] A. Solikhah, and N. Damajanti, "Pengolahan Air Limbah Tapioka Dengan Metode Koagulasi Menggunakan Koagulan Kitosan" Prosiding SENATEK 2015 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto Purwokerto, 28 November 2015, ISBN 978-602-14355-0 -2, 2015.
- [10] U. Kurratul, Ilim, and W. Simanjuntak, "Studi Pengaruh Potensial, Waktu Kontak, dan pH terhadap Metode Elektrokoagulasi Limbah Cair Restoran Menggunakan Elektroda Fe dengan Susunan Monopolar dan Dipolar," *Pros. SNSMAP*, vol. III, no. 978, pp. 445–450, 2012.
- [11] H. Sisyanreswari, W. Oktiawan, and A. Rezagama, "Penurunan TSS, BOD, dan Fosfat pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit," *J. Tek. Lingkungan.*, vol. 3, no. 4, pp. 1–11, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/tlinalgkungan/article/view/7133>.
- [12] A. Mukminin, Wignyanto, and N. Hidayat, "Perencanaan Unit Pengolahan Limbah Cair Tapioka dengan Sistem Up-Flow Anaerobik Sludge Blanket, " Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Abstrak," vol. 4, no. 2, pp. 91–107.2003.
- [13] Rahmawati, S. Chadijah, and A. Ilyas, "Analisa Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium Biokimia UIN Makkasar Menggunakan Fly ASH (Abu Terbang) BatuBara," *Al-Kimia*, vol. 1, no. 1, pp. 64–75, 2013.
- [14] L. D. S. Danang Hariono, Ruslan Worsoedarmo, "Efektivitas Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Metode Rotating Biological Contactor," *J. Sumberd. Alam dan Lingkungan.*, vol. 2, pp. 11–16, 2015, [Online]. Available: <https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/190>.
- [15] Widayatno T and Sriyani, "Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi," *Pros. Semin. Nas. Teknoin 2008 Bid. Tek. Kim. dan Tekst. mengandung*, pp. 84–89, 2008.
- [16] Ardianto dan Soemirat, "Dasar-Dasar Public Relations", PT Remaja Rosdakarya. Bandung, 2004.
- [17] Davis, M.L. dan D.A. Cornwell, *Introduction to Environmental Engineering*. Singapore : McGraw-Hill Inc., 1991.
- [18] Ignasius DA. Sutapa, "Teori Bioflokulasi Sebagai Dasar Pengelolaan Sistem Lumpur Aktif", *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan*, Vol. 2, No.1; 76- 83, Peneliti Puslitbang Limnologi-LIPI, Cibinong, 2000.

- [19] Utama, A.W., A.M. Legowo, A.N al Baarry, "Produksi Alkohol, Nilai pH, dan Produksi Gas pada Bioetanol dari Susu Rusak dengan Campuran Limbah Cair Organik", *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2013.
- [20] Wiwin Fitriana, "Keefektifan Poly Alumunium Chloride (PAC) dalam Menurunkan Kadar BOD (Biological Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Industri Batik Desa Kliwonan Masaran Sragen", *Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta*. Surakarta, 2015.
- [21] Putri Cahya P, "Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Metode Koagulasi Menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)", *Skripsi, Teknik Kimia UMP*, 2019.
- [22] D. Risdianto, "Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. SIDO MUNCUL)," *Tek. Kim. UNDIP*, pp. 1–156, 2007.
- [23] Nathanson, J.A, "Basic Environmental Technology", *Water Supply, Waste Management, and Pollution Control*, New Jersey : Prentice-Hall Inc., 1997.
- [24] Pradyot Patnaik, *Handbook of Inorganic Chemicals*, ISBN 0-07-049439-8, New York: McGraw-Hill, 2002.
- [25] Tchobanoglous George, Franklin, David, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, New York: McGraw-Hill, 2003.
- [26] H. Husaini, S. Suganal, S. Sariman, and Y. Ramanda, "Pembuatan PAC cair dari alumina hidrat pada skala laboratorium," *J. Teknol. Miner. dan Batubara*, vol. 12, no. 2, pp. 93–103, 2016, doi: 10.30556/jtmb.vol12.no02.2016.98.