

Efektivitas Variasi Dosis Koagulan PAC Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Untuk Penurunan Parameter BOD Dan TSS (Studi Kasus: Industri Tahu Dele Emas, Kampung Krajan, Kelurahan Mojosongo, Kota Surakarta)

Teofilus Krisna Adi Setyawan¹, Elvis Umbu Lolo^{2*}, Cicik Sudaryantiningih³, Widiyanto⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Teknologi Solo

*Koresponden Email: eumbulolo@yahoo.co.id

Diterima : 27 Desember 2024

Disetujui: 4 Januari 2025

ABSTRAK

Pabrik tahu dalam proses produksinya akan menghasilkan limbah, baik limbah padat, cair dan emisi ke udara. Limbah cair pabrik tahu mengandung bahan organik yang tinggi dan jika dibuang ke badan air akan menyebabkan pencemaran air. Salah satu pabrik tahu di Kota Surakarta adalah Pabrik tahu Dele Emas, dimana dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair dan padat yang mengandung bahan organik tinggi dalam bentuk nilai BOD dan TSS. Limbah cair ini harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai dan teknologi pengolahan yang dapat dipergunakan adalah proses koagulasi flokulasi. Dalam penelitian ini, proses koagulasi flokulasi menggunakan alat jar test. Jar test adalah prototipe proses koagulasi flokulasi dalam skala laboratorium. Koagulan yang dipergunakan adalah poly aluminium chloride/PAC. Untuk menentukan dosis optimum dilakukan proses koagulasi flokulasi dalam 3 tahap. Hasil penelitian menunjukkan pada running ke 3 diperoleh efisiensi penurunan BOD 71% dengan dosis optimum PAC 110 mg/l dan efisiensi penurunan TSS 81% dengan dosis optimum PAC 110 mg/l.

Kata kunci : Limbah tahu, PAC (*Polyaluminium Chloride*), BOD₅, TSS

ABSTRACT

Tofu factories in their production process will produce waste, both solid and liquid waste and emissions into the air. Tofu factory liquid waste contains high organic matter and if it is thrown into the air it will cause air contamination. One of the tofu factories in Surakarta City is the Dele Emas tofu factory, where the production process produces liquid and solid waste containing high organic matter in the form of BOD and TSS values. This liquid waste must be processed first before being discharged into rivers and the processing technology that can be used is the flocculation coagulation process. In the research In this case, the flocculation coagulation process uses a jar test tool. The jar test is a prototype of the flocculation coagulation process on a laboratory scale. The coagulant used is poly aluminum chloride/PAC. To determine the optimum dose, the flocculation coagulation process is carried out in 3 stages. 110 mg/l and TSS reduction efficiency of 81% with an optimum PAC dose of 110 mg/l.

Keywords: Tofu liquid waste, PAC (*Polyaluminium Chloride*), BOD, TSS

1. Pendahuluan

Pabrik mempunyai fungsi yang dapat memiliki ciri bagi suatu daerah, ini berlaku pula bagi kota Surakarta. Di Surakarta sendiri terdapat berbagai macam industri kecil yang menjadi suatu ciri khas masing –masing daerah tersebut. Sebagai contoh yaitu industri tahu yang terdapat di kampung Krajan, Kelurahan Mojosongo, Surakarta. Pada kegiatan produksi tahu di kampung Krajan, Mojosongo, Surakarta, menghasilkan limbah baik limbah cair dan limbah padat serta emisi gas buang. Limbah cair mengandung bahan organik tinggi dan jika dibuang ke badan air akan menimbulkan pencemaran (1). Industri tersebut berkontribusi terhadap terjadinya penurunan kualitas air sungai. Hal ini dapat dilihat dari laporan Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta yang menunjukkan nilai BOD, COD, DO, detergen, Phosphat, TSS dan E.Coly dari sungai Premulung, Jenes, Pepe, Brojo dan Kedung Jumbleng telah melampaui baku mutu kualitas air II, III dan IV walaupun ada beberapa sungai sebagian belum melampaui baku mutu (2). Dalam limbah cair tahu mengandung protein 40-60%, 25-50%, dan lemak 10%. Kandungan bahan organik yang besar limbah tahu mempengaruhi tingginya fosfor, nitrogen dan sulfur (3). Dalam membuat tahu akan dihasilkan limbah cair tahu dimana lebih besar dari limbah padat tahu berupa ampas tahu. Dalam 1 ton kacang kedelai, akan menghasilkan limbah cair tahu sebanyak 30.000-40.000 liter. (4). Karena mengandung protein yang tinggi maka ketika dibuang ke perairan akan terjadi penurunan kualitas air dan nilai BOD, COD dan TSS yang tinggi. Menurut hasil penelitian Anwar, A (5), air limbah industry tahu menghasilkan nilai BOD 4097,35 mg/l, COD 9523,2 mg/l, dan TSS 504 mg/l. Hal sama menurut penelitian oleh Riardi P. Dewa dan Syarifuddin Idrus menyatakan bahwa air limbah industry tahu mengandung nilai BOD 400 mg/l, COD 1175 mg/l, dan TSS 615 mg/l (6). Puteri Myrasandri dan Mindriany Syafila (7) menghasilkan penelitian BOD 6586 mg/l, COD 8640 mg/l, dan TSS 2350 mg/l. Sifat air limbah tahu dipengaruhi dari tahapan tahu dibuat. Tahapan produk tahu saat dibuat dapat dibedakan dalam 2 cara yaitu dengan diberikan CH_3COOH dan CaSO_4 untuk penggumpalan sari tahu. Sehingga adanya bahan tambahan yang beda ini maka limbah cair tahu berbeda sifatnya (8). Proses koagulasi flokulasi dianggap mampu mereduksi senyawa berbahaya pada air limbah maupun air sungai dalam wujud partikel koloid. Koagulasi yaitu proses pengadukan cepat untuk pencampuran koagulan (bahan kimia) dengan air baku untuk mendestabilisasikan koloid. Proses flokulasi adalah agitasi lambat untuk mengendapkan koloid untuk membentuk mikroflokk dan makroflokk (9). Menurut T. Muhammad Ashari (10) proses koagulasi flokulasi dapat menurunkan parameter kekeruhan air limbah tahu dari 28 NTU menjadi 10 NTU. Hal sama dilakukan oleh Egi Rizki Pebritama dan Tuhi Agung Rachmanto bahwa dengan proses koagulasi flokulasi dapat menurunkan TSS sebesar 81% dan COD sebesar 50,3%. (11). Menurut Nasik proses koagulasi flokulasi dapat menurunkan parameter COD sebesar 51,78% dan TSS sebesar 95,32% (12). Hal yang sama menurut Latif, Dzikrika Amirul, dengan menggunakan koagulan PAC dapat menurunkan parameter BOD 34,62%, COD 33,64% dan TSS sebesar 34,16% (13). Biochemical oxygen demand (BOD) dipergunakan untuk menentukan kebutuhan oksigen relatif dari air limbah dan perairan tercemar. (14). TSS ialah bagian total padatan yang terdapat dalam suatu sampel air yang tertahan pada saringan. (15)

Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti ingin melakukan penelitian tentang pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan bahan kimia guna menurunkan beberapa parameter yang terkandung dalam limbah tersebut menggunakan koagulan PAC. *Polyaluminium Chloride* (PAC) adalah polimer kompleks berantai panjang $\text{Al}_m(\text{OH})_n(\text{Cl})_{3m-n}$. Flokk yang terbentuk lebih padat dan kecepatan yang mengendap tinggi. Oleh karena itu, perlu dicari dosis koagulan yang terefektif pada koagulan tersebut yang mampu memberikan efektivitas koagulasi yang terbaik jika tercapai dosis yang terefektif juga. Sebelum dilakukannya proses jar test untuk mengolah limbah cair tahu, dilakukan terlebih dahulu penambahan bahan kimia yang akan mengubah pH air limbah tahu menjadi netral (pH 7). Pada proses koagulasi dibubuhkan PAC sehingga koloid mengalami destabilisasi sehingga terjadi mikroflokk-mikroflokk berukuran kecil. Dimana pada flokulasi terjadi proses penggabungan antara mikroflokk satu dengan mikroflokk lainnya membentuk makroflokk-makroflokk yang karena beratnya akan mengalami proses sedimentasi.

Dari uraian diatas peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul: Efektivitas koagulan PAC pada reduksi parameter BOD dan TSS pada air limbah industri tahu dengan variasi dosis koagulan yang berbeda. (Studi Kasus di Pabrik Tahu Dele Emas, Kampung Krajan, Kelurahan Mojosongo, Kota Surakarta).

2. Metode Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini adalah penelitian skala laboratorium dengan menggunakan alat Jar test. Jar test adalah peralatan yang dipergunakan untuk melakukan simulasi proses koagulasi flokulasi dan sedimentasi dalam proses pengolahan air minum.

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan Universitas Kristen Teknologi Solo, pada tanggal pelaksanaan 20 Mei 2020.

Variabel Penelitian

- Kadar PAC 10 gram dalam 1000 mL aquades
- Variasi dosis PAC 30, 50, 70, 90, 110, 130 mg

Alat Dan Bahan Penelitian

Alat:

Jar test ,Gelas beaker,Pipet volume ,Gelas ukur ,pH meter,labu Erlenmeyer,kertas saring whatman,oven ,neraca analitik ,desikator,gelas ukur, corong,cawan porselen,jerigen,DO meter (Dissolved Oxygen)

Bahan:

PAC sebagai koagulan,NaOH untuk menetralkan pH basa dan Aquades

Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu pengambilan air limbah dari Industri Tahu Dele Emas, pengujian awal kandungan BOD dan TSS air limbah tahu, Jar Test, pengujian air limbah setelah melalui proses pengolahan.Limbah Pengambilan air baku yaitu air limbah industri tahu menggunakan jerigen 2 buah masing masing berukuran 20 liter.

Pengujian Awal Kandungan Air Limbah

Sebelum dilakukan pengolahan pada limbah cair tahu, pengujian awal kandungan air limbah dilakukan terlebih dahulu sehingga diketahui berapa nilai pH , TSS , dan BOD pada air limbah tahu.

Jar Test

Jar Test adalah tes yang biasa dilakukan di laboratorium untuk menentukan kondisi operasi optimum pada sistem pengolahan air bersih atau air limbah. Selain itu, Jar Test juga berguna untuk menentukan koagulan yang tepat dan koagulan pembantu, dan jika dibutuhkan dosis kimia untuk koagulasi pada air tertentu. Prinsip dari Jar Test adalah proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi. Selama proses berlangsung dilakukan penyesuaian pH, jenis dan dosis koagulan, serta kecepatan pengadukan.



Gambar 2 Flokulator

Cara kerja :

- Siapkan 6 gelas beaker kapasitas 1000 ml. beaker gelas di isi 1 liter sampel air limbah cair tahu, lalu diletakkan dalam flokulator.
- Buat larutan koagulan dengan 10 gram PAC dilarutkan dalam 100 mL aquades. Tambahkan larutan Pac 30, 50, 70, 90, 110, 130 ppm.
- Aduk dengan pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit, kemudian pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit.
- Pada proses sedimentasi biarkan flok yang terbentuk mengendap dalam waktu 10 menit.
- Lihat bentuk, kecepatan mengendap dan volume flok yang terjadi.
- Periksa pH, kekeruhan, TSS dan BOD.

- g. Jika hasil percobaan belum memuaskan dapat diulangi dengan penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi atau lebih rendah.

Pengujian Air Limbah Setelah Pengolahan

Pengujian air limbah setelah pengolahan dilakukan untuk mengetahui penurunan kandungan TSS dan BOD yang terkandung dalam limbah tersebut. Pengujian setelah pengolahan dapat dilakukan berulang kali mengikuti berapa kali pengolahan yang dilakukan.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Sifat Air Limbah Pabrik Tahu Dele Emas

Dalam pengolahan air limbah perlu diketahui karakteristik dan kandungan zat pencemar. Teknologi untuk mengolah suatu polutan tertentu sangatlah berbeda dengan teknologi untuk mengolah polutan jenis lainnya. Sampel limbah cair tahu Industri Tahu Dele Emas diambil dari ember setelah dilakukannya proses produksi pembuatan tahu. Hasil penelitian untuk karakteristik Fisik dan Kimia limbah cair tahu Industri Tahu Dele Emas sebagai berikut :

Tabel 1 Kualitas Air Limbah Tahu Dele Mas

Kualitas	Unit	Analisa awal limbah
pH		4.5
Turbidity	NTU	1011
TSS	Mg/liter	840
BOD ₅	Mg/liter	10.9

Dari karakteristik awal limbah cair industri tahu didapatkan tingkat TSS dan BOD yang tinggi dan melebihi baku mutu yang ditetapkan. Terdapat materi padatan pada limbah yang cukup tinggi dapat dilihat pada kandungan TSS limbah tersebut, yang dapat menyebabkan nilai kekeruhan tinggi dan menghambat cahaya yang masuk kedalam air. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahwa kandungan bahan organik yang terdapat dalam limbah tersebut banyak, sehingga menyebabkan nilai DO semakin rendah.

3.2. Pra Test (Running 1)

Proses pra test ini dilakukan untuk menentukan range dosis larutan koagulan yang didasari pada penelitian-penelitian pada jurnal terdahulu. Dosis larutan koagulan yang digunakan yaitu 30, 50, 70, 90, 110. Dan 130 ppm, untuk dosis pembuatan koagulan sendiri yaitu 10 gram PAC dilarutkan dalam 1000 ml aquades. Pada proses pra test ini yang menjadi acuan yaitu turunnya parameter turbidity. Efisiensi penurunan dihitung dengan rumus :

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Dimana: A = Turbidity awal
 B = Turbidity akhir

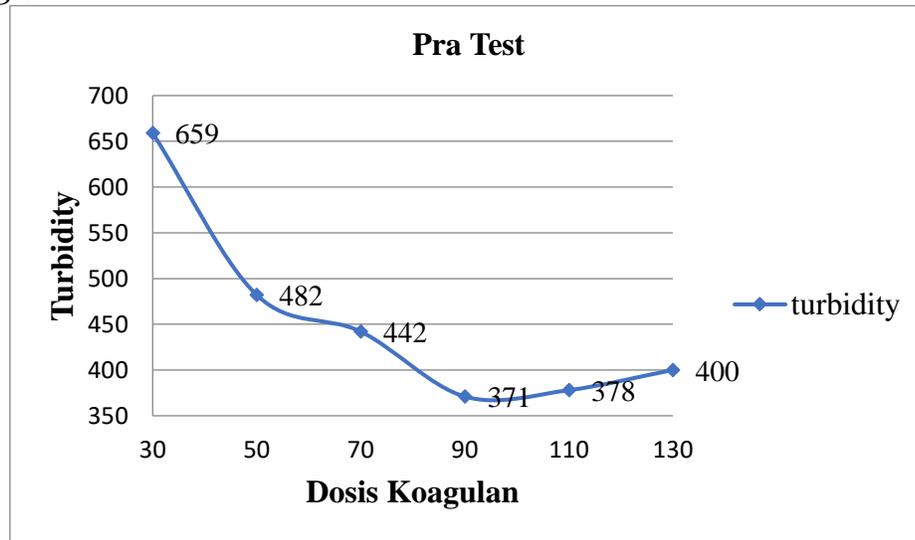
Hasil analisis running 1 (pre test) sebagai berikut:

Tabel 2 Dosis dan turbidity pra test

Ppm	Pratest	
	Turbidity	Efisiensi
30	659	35
50	482	52
70	442	56

90	371	63
110	378	63
130	400	60

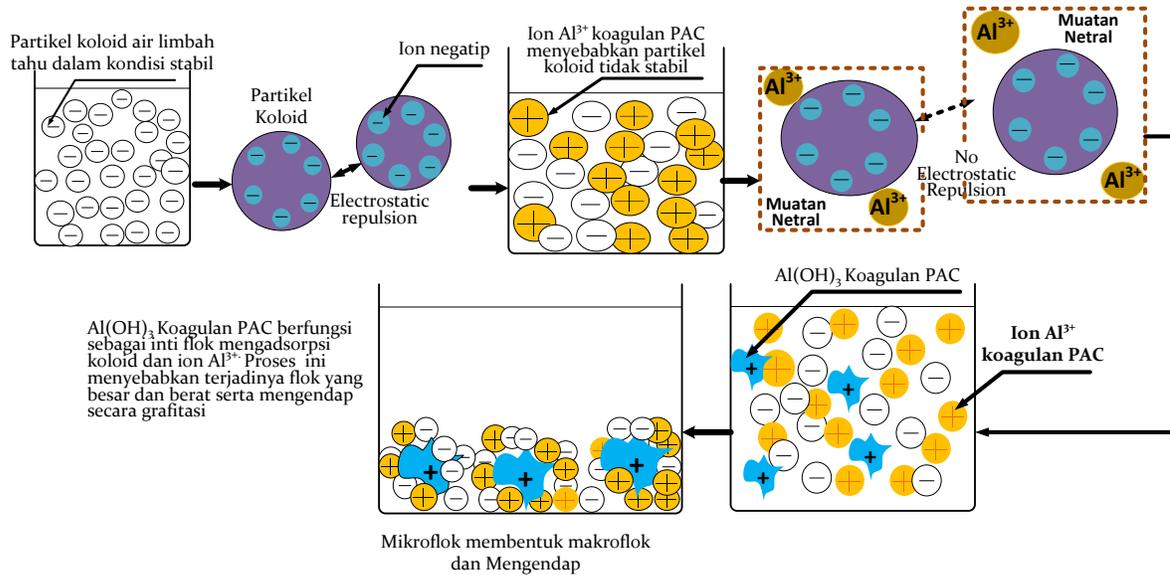
Dari tabel table 2 diatas menjelaskan tentang koagulan PAC dapat digunakan untuk menurunkan kekeruhan pada limbah cair tahu. Terlihat bahwa efisiensi *turbidity* optimal terjadi saat dosis koagulan PAC 90 mg/L sebesar 63%.



Grafik 1 Dosis dan hasil turbidity pra test

Pada grafik 1 dengan dosis koagulan 90 mg/L dapat menurunkan parameter kekeruhan terendah yakni 371 NTU (*nephelometric turbidity units*). Menurut grafik 1 diatas nilai kekeruhan terjadi peningkatan pada dosis 110 mg/L dan 130 mg/L, hal tersebut terjadi karena proses destabilisasi koloid kembali menjadi netral atau yang disebut restabilisasi koloid. Terjadinya restabilisasi koloid dikarenakan penambahan dosis koagulan yang berlebihan yang menyebabkan muatan ion koloid berlawanan dengan muatan ion koagulan yang diberikan berlebihan, sehingga gaya tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik.

Adapun mekanisme destabilisasi partikel koloid penyebab kekeruhan air limbah tahu dan meningkatnya nilai BOD dan TSS dapat dijelaskan pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Mekanisme destabilisasi partikel koloid penyebab kekeruhan air limbah tahu dengan proses koagulasi flokulasi dengan koagulan PAC

Berdasarkan gambar diatas partikel koloid merupakan partikel yang sangat stabil karena berada dalam kondisi tersuspensi akibat bidang luas permukaan sangat besar dan adanya gaya (electrostatic repulsion) antara partikel koloid akibat muatan yang sejenis antara partikel koloid satu dengan lainnya. Muatan partikel koloid pada umumnya bermuatan negatif. Ketika koagulan PAC ditambahkan kedalam air limbah tahu, koagulan PAC akan bereaksi dengan air untuk menghasilkan ion Al^{3+} dan aluminium hidroksida $[Al(OH)_3]$. Ion Al^{3+} berfungsi untuk menetralkan partikel koloid sehingga tidak terjadinya gaya tolak-menolak antara partikel koloid (repulsion electrostatic) tetapi akan menghasilkan gaya Van der Waals. Aluminium hidroksida $[Al(OH)_3]$, merupakan senyawa solid dan tidak larut yang berfungsi untuk mengadsorpsi ion Al^{3+} dan partikel koloid. Kondisi ini terjadi pada proses flokulasi, sehingga ketika gradien kecepatan berkurang akan memberikan kesempatan pada aluminium hidroksida untuk membentuk mikro-flok dengan mengadsorpsi ion Al^{3+} dan $Al(OH)_3$ serta membentuk makroflok. Makroflok yang terbentuk akan mengendap secara grafitasi karena beratnya.

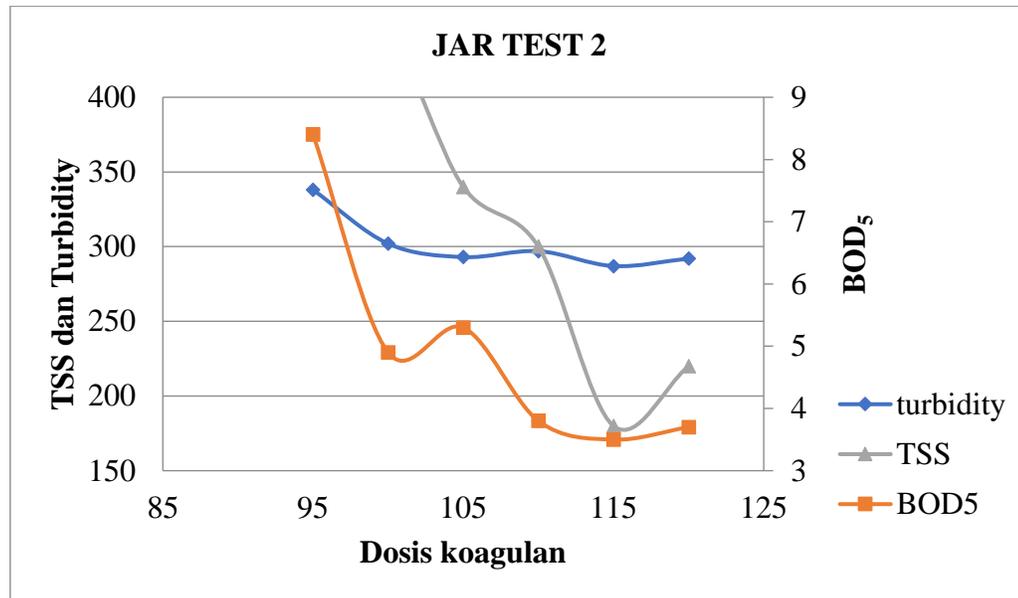
3.3. Jar Test 1 (Running 2)

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, pada tahap ini range dosis koagulan menjadi lebih diperkecil dengan range dosis 80, 90, 100, 110, 120, dan 130 ppm. Range dosis lebih diperkecil guna mendapatkan dosis larutan koagulan yang lebih optimum dengan parameter uji TSS dan BOD. Berikut tabel dan grafik hasil running ke 2:

Tabel 3 Hasil pengujian running kedua

ppm	turbidity	BOD ₅	Jar test 1		
			TSS	efisiensi BOD ₅	efisiensi TSS
80	434	10.1	520	7	38
90	464	9.6	580	12	31
100	386	6.8	480	38	43
110	369	3.2	160	71	81
120	380	4.8	180	55	79
130	382	5.2	220	52	74

Dengan menggunakan rumus perhitungan efisiensi penurunan parameter TSS dan BOD₅ yang sudah ada, terlihat bahwa efisiensi penurunan TSS dan BOD₅ terjadi saat peningkatan dosis koagulan sebanyak 110 mg/l yakni efisiensi 71% dan 81%.



Grafik 4 Hasil pengujian running ketiga

Pada running yang ketiga diperoleh dosis koagulan sebesar 115 mg/L yang dapat menurunkan nilai parameter TSS hingga dibawah baku mutu yang sudah ditetapkan yakni data yang diperoleh dengan nilai TSS sebesar 180 mg/L. Pada dosis koagulan 115 mg/L juga diperoleh nilai parameter BOD_5 sebesar 3.5 mg/L.

Menurut data diatas dosis koagulan yang banyak belum tentu dapat menurunkan nilai parameter BOD dan TSS. Karena terlalu banyak dosis koagulan yang diberikan dapat menyebabkan muatan ion positif menjadi lebih banyak dari ion negatif yang dimiliki oleh partikel koloid sehingga proses repulsin electrostatic antar partikel menjadi lebih kecil dan proses Van der Waals menjadi lebih besar. Kelemahan metode koagulasi dan flokulasi yaitu membutuhkan dosis koagulan PAC yang cukup banyak agar diperoleh hasil yang cukup baik. Terlebih lagi koagulan PAC memiliki harga yang cukup tinggi dibanding dengan koagulan lainnya.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian adalah: Nilai parameter BOD, TSS, dan pH berada pada angka 9.8 mg/L , 840 mg/L , dan 4.5. Diperoleh dosis yang efektif koagulan PAC dari proses koagulasi dan flokulasi dengan kecepatan 100 rpm yaitu dengan dosis 115 mg/L. Didapatkan hasil penurunan parameter BOD dan TSS menggunakan metode koagulasi dan flokulasi yaitu sebesar 68% dan 79% dengan nilai akhir 3.5 mg/L dan 180 mg/L, dimana hasil tersebut sudah berada dibawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

5. Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada **Teofilus Krisna Adi Setyawan** mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Teknologi Solo, yang telah melakukan penelitian tentang proses koagulasi flokulasi dalam pengolahan limbah cair tahu.

7. Daftar Pustaka

1. Lolo EU, Gunawan RI, Krismani AY, Pambudi YS. Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan Life Cycle Assessment (Studi Kasus: Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan, Surakarta). Serambi Eng [Internet]. 2021;6(4):2338-9. Available from: <https://www.ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/view/3480/2628>
2. Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta. Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kota Surakarta Tahun 2021 [Internet]. Surakarta; 2021. Available from: <https://dlh.surakarta.go.id/?p=lkplhd>
3. Marian E, Tuhuteru S. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair Pada Pertumbuhan

- Dan Hasil Tanaman Sawi Putih (*Brasica Pekinensis*). *Agritrop* [Internet]. 2019;17(2):135. Available from: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP/article/view/2663/2238>
4. Dhahiyat Y. Kandungan limbah cair pabrik tahu dan pengolahannya dengan eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) [Internet]. Institut Pertanian Bogor; 1990. Available from: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/120325?show=full>
 5. Anwar A. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Biofilter [Internet]. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry; 2020. Available from: <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/14783/1/AuliyaAnwar%2C150702038%2CFST%2CTL%2C082249126475.pdf>
 6. Dewa RP, Idrus S. Identifikasi Cemaran Air Limbah Industri Tahu Di Kota Ambon. *Maj Biam* [Internet]. 2017;13(02):13. Available from: http://ejournal.kemenperin.go.id/bpbiam/article/view/3544/pdf_26
 7. Myrasandri P, Syafila M. Degradasi Senyawa Organik Limbah Cair Tahu Dalam Anaerobic Baffled Reactor. :1. Available from: <https://www.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2012/07/15308036-PutriMyrasandri.pdf>
 8. Yudhistira B, Andriani M, Utami R. Karakterisasi: Limbah Cair Industri Tahu Dengan Koagulan Yang Berbeda (Asam Asetat Dan Kalsium Sulfat). *Caraka Tani – J Sustain Agric* [Internet]. 2016;31(2):137–8. Available from: <https://jurnal.uns.ac.id/carakatani/article/download/11998/10520>
 9. Reynolds TD, Richards PA. *Unit Operations and Processes In Environmental Engineering* [Internet]. 2nd ed. Boston: PWS Publishing Company; 1996. 178 p. Available from: [https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/yuksel.ardali/133027/Tom D. Reynolds_ Paul A. Richards - Unit Operations and Processes in Environmental Engineering-Thomson-PWS \(1996\).pdf](https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/yuksel.ardali/133027/Tom%20D.%20Reynolds_%20Paul%20A.%20Richards%20-%20Unit%20Operations%20and%20Processes%20in%20Environmental%20Engineering-%20Thomson-PWS%20(1996).pdf)
 10. Ashari TM. Proses Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Menggunakan Kombinasi Fitoremediasi Dan Koagulasi-Flokulasi. *LINGKAR* [Internet]. 2020;1(1):16. Available from: <https://journal.ar-raniry.ac.id/index.php/lingkar>
 11. Pebritama ER, Rachmanto TA. Degradasi Limbah Tahu Dengan Koagulasi Flokulasi Alumunium Sulfat Dan Fotokatalis Tio₂ Dalam Tangki Berpengaduk. *Enviroous* [Internet]. 2021;2(1):58. Available from: <https://enviroous.upnjatim.ac.id/index.php/enviroous/search/search?csrfToken=70aa93993f874foca71a5aa39e5520e6&query=Degradasi+Limbah+Tahu+Dengan+Koagulasi+Flokulasi+Alumunium+Sulfat+Dan+Fotokatalis+Tio2+Dalam+Tangki+Berpengaduk>
 12. Nasik. Studi Pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan koagulan PAC dan flokulan organoclay (Bentonit Polidadmac) [Internet]. UIN Sunan Kalijaga; 2015. Available from: https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/16292/1/11630038_bab-i_iv-atau-v_daftar-pustaka.pdf
 13. Latif DA. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Metode Koagulasi dengan Variasi Dosis Koagulasi PAC [Internet]. Universitas Brawijaya; 2016. Available from: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/150724/>
 14. Baird RB, Eaton AD, Rice EW. *Standard Methods for the examination of water and wastewater treatment* [Internet]. 23rd ed. American Public Health Association; American Water Works Association, Water Environment Federation; 2017. 574 p. Available from: [ww.standardmethods.org](http://www.standardmethods.org)
 15. Baird RB, Eaton AD, Rice EW. *Standard Methods for the examination of water and wastewater treatment* Title [Internet]. 23rd ed. American Public Health Association; American Water Works Association, Water Environment Federation; 2017. 184 p. Available from: <https://www.standardmethods.org/>