

Kombinasi Koagulan Tawas dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) untuk Penurunan Warna pada Air Limbah Batik

Coagulant Combination of Alum and Poly Aluminum Chloride (PAC) for Color Reduction in Batik Wastewater

Nasyi'a Zaimaturahmi¹⁾; Marsum¹⁾; Sugeng Abdullah¹⁾; Fauzan Ma'ruf^{1)*}

¹⁾Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Semarang, Banyumas, Indonesia

Abstrak

Industri batik menghasilkan limbah cair salah satunya berasal dari bahan pewarna yang dapat menyebabkan pencemaran apabila dibuang langsung ke badan air. Dampak buangan limbah batik berupa zat warna perlu dilakukan proses pengolahan sebelum limbah dibuang ke perairan salah satunya dengan metode kimia yaitu koagulasi flokulasi. Jenis penelitian *Quacy eksperiment* dengan metode *pretest-posttest control* dengan 1 kelompok kontrol dan 5 variasi dosis kombinasi koagulan tawas dan PAC dilakukan 5 kali replikasi. Analisis data menggunakan *One Way ANOVA* dan analisis tabel. Uji *One Way ANOVA* sig $0,000 < 0,05$ terdapat perbedaan pada kelompok kontrol dan setiap variasi dosis untuk menurunkan warna air limbah batik. Hasil analisis tabel dosis optimum kombinasi koagulan tawas dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) untuk menurunkan warna air limbah batik yaitu dosis 3 dengan dosis kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 150 mg/L. Terdapat perbedaan yang signifikan kelompok kontrol dan semua variasi dosis untuk menurunkan warna air limbah batik dan dosis optimum pada penelitian yaitu dosis 3 dengan konsentrasi PAC 50 mg/L dan tawas 150 mg/L. Saran dilakukan pengolahan sebelum air limbah batik dibuang ke badan air dengan kombinasi koagulan tawas dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC).

Kata kunci: penurunan warna; limbah batik, koagulasi flokulasi, tawas, PAC

Abstract

The batik industry produces liquid waste, one of them comes from dyes which can cause pollution if thrown directly into water bodies. The impact of discarded batik waste in the form of dyes requires a processing process before the waste is dumped into waters, one of which is using chemical methods, namely coagulation-flocculation. This type of research is Quacy experimental with a pretest-posttest control method with 1 control group and 5 variations in doses of the combination of alum coagulant and PAC, carried out 5 times in replication. Data analysis used One Way ANOVA and table analysis. One Way ANOVA test sig $0.000 < 0.05$, there is a difference in the control group and each dose variation to reduce the color of batik waste-water. The results of the table analysis of the optimum dose of the combination of alum coagulant and Poly Aluminum Chloride (PAC) to reduce the color of batik waste water are dose 3 with a combined dose of PAC coagulant 50 mg/L and alum 150 mg/L. There was a significant difference between the control group and all dose variations to reduce the color of batik wastewater and the optimum dose in the study was dose 3 with a PAC concentration of 50 mg/L and alum 150 mg/L. It is recommended that batik wastewater be treated before it is discharged into water bodies with a combination of alum coagulant and Poly Aluminum Chloride (PAC).

Keywords: color decrease; batik waste, coagulation-flocculation, alum, PAC

1. Pendahuluan

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia mengatur mengenai pencegahan maupun perlindungan lingkungan terhadap gangguan kesehatan dan atau penyakit dari faktor resiko lingkungan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat dari segala aspek (1). Untuk mencapai lingkungan yang sehat didalamnya terdapat upaya

penyehatan beberapa faktor lingkungan salah satunya adalah penyehatan air (2).

Pencemaran air adalah masuknya zat lain ke dalam air sebagai akibat dari aktivitas manusia, yang menurunkan kualitas air dan mencegahnya berfungsi dengan baik (3). Sumber pencemaran air lainnya berasal dari industri tekstil. Indonesia menghasilkan 883 ton air limbah organik per hari, 29% di antaranya

berasal dari industri tekstil (4). Industri tekstil menghasilkan air limbah yang sebagian besar berwarna gelap, kaya akan bahan kimia beracun dan sangat mudah menguap (5). Salah satu industri tekstil yang beroperasi di Indonesia adalah industri batik.

Limbah cair yang dihasilkan industri batik berasal dari proses pencucian, pencelupan, dan pembilasan. Kehadiran pewarna tekstil di perairan yang diproduksi secara industri dapat menurunkan kualitas air secara signifikan (6). Proses pewarnaan batik saat ini sebagian besar menggunakan pewarna sintetik yang mempunyai sifat stabil, sehingga pewarna tersebut lebih sulit terurai di lingkungan dan memakan waktu lebih lama (7). Badan Lingkungan Hidup AS mengklasifikasikan logam berat seperti kromium dalam limbah batik sebagai logam karsinogenik bagi manusia, termasuk menyebabkan kerusakan materi genetik dan merugikan sistem reproduksi (8).

Rendahnya kandungan warna limbah batik perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang ke perairan. Salah satu metode pengobatan menggunakan koagulasi dan flokulasi. Koagulasi adalah proses penguraian kestabilan partikel koloid dengan menambahkan senyawa kimia yang disebut koagulan, sedangkan flokulasi adalah proses setelah koagulasi dimana partikel yang tidak stabil akan membentuk partikel yang lebih besar yang disebut flokulan atau flok dan akan mengendap secara gravitasi (9).

Polialumin klorida (PAC) merupakan salah satu koagulan dengan kegunaan yang luas, kapasitas adsorpsi yang kuat, kemampuan adhesi, pembentukan flok yang tinggi dalam dosis kecil dan kecepatan pengendapan yang cepat (10). Sedangkan tawas merupakan golongan garam ganda terhidrasi yang berbentuk kristal dan mempunyai sifat isomorfik. Tawas mempunyai kemampuan mengendapkan partikel-partikel yang mengambang dengan baik dalam bentuk suspensi maupun koloid, sehingga dapat dikatakan sangat efektif bila digunakan sebagai koagulan pada air atau limbah. Selain itu tawas juga dikenal sebagai koagulan yang mampu mengentalkan kotoran sehingga air menjadi jernih (11).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fitriyah menggunakan tawas sebagai koagulan dengan teknik koagulasi limbah batik cair diperoleh hasil reduksi zat warna yang paling efektif, yaitu dengan menggunakan koagulan tawas 1500 mg/L yang nilai kinerjanya 71,9 dengan konsentrasi zat warna awal sebesar 344 TCU (12). Nurdiani (2020) dalam penelitiannya dengan kandungan warna awal 2423 Pt-Co menemukan bahwa dosis PAC optimal

300 mg/L dapat menurunkan kandungan warna 262 Pt-Co, pada saat koagulan Alum dapat menurunkan kandungan warna hingga 289 Pt-Co dengan dosis optimal 100 mg/L. Efisiensi warna koagulan PAC tereduksi sebesar 89,19%, sedangkan nilai penggunaan koagulan tawas sebesar 88,07% (13).

Penggunaan bahan koagulan secara konvensional dalam pengolahan air limbah batik adalah dengan cara pencampuran sebagian dan kombinasi, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mencari takaran campuran yang tepat antara polialumin klorida (PAC) dan tawas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dosis optimal kombinasi tawas dan polialumin klorida (PAC) untuk menurunkan warna air limbah batik.

2. Bahan dan Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah Quacy Experiment dengan metode kontrol pre-test post-test. Sampel penelitian diambil dari saluran pembuangan air limbah salah satu industri batik di Desa Sokaraja Kulon, dengan penelitian dilakukan di laboratorium Kampus 7 Poltekkes Kemenkes Semarang.

Sampel perlakuan uji dari air limbah batik disiapkan sebanyak 1-liter pada setiap perlakuan. Perlakuan ulangan berdasarkan hasil perhitungan dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap variasi dosis kombinasi tawas dan PAC. Variasi dosis kombinasi koagulan tawas dan PAC yang digunakan yaitu:

- Dosis 1: PAC 50 mg/L dan tawas 50 mg/L
- Dosis 2: PAC 50 mg/L dan tawas 100 mg/L
- Dosis 3: PAC 50 mg/L dan tawas 150 mg/L
- Dosis 4: PAC 50 mg/L dan tawas 200 mg/L
- Dosis 5: PAC 50 mg/L dan tawas 250 mg/L

Tingkat warna dan kekeruhan diuji dengan Hydro Test HT-1000, pH diukur dengan pH meter dan suhu diukur dengan TDS meter, sedangkan pengujian untuk penentuan dosis optimum dilakukan dengan uji *jar test*. Hasil penelitian dilanjutkan dengan analisis univariat yang meliputi penyajian data berupa nilai mean dalam bentuk tabel dan grafik batang. Analisis bivariat menggunakan One way ANOVA untuk menganalisis perbedaan setiap variasi dosis untuk penurunan warna. Analisis panel digunakan untuk mengetahui dosis optimal koagulan tawas dan kombinasi PAC yang kemungkinan menghasilkan laju dekolonisasi tertinggi.

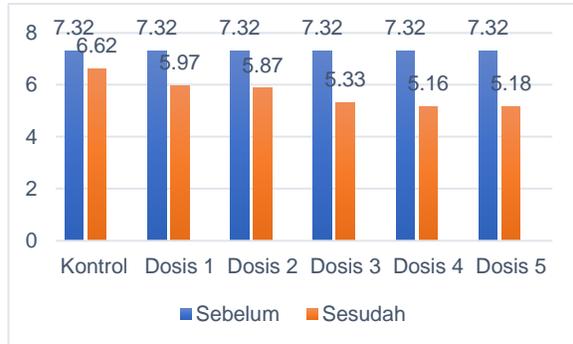
3. Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Univariat

Pemantauan hasil pengujian dosis kombinasi tawas dan PAC terhadap penurunan kadar warna air

limbah batik meliputi pengukuran pH, suhu, warna, dan warn aitu sendiri. Hasil pemeriksaan dari rerata pengulangan sebelum dan sesudah pada setiap dosis tersaji sebagai berikut:

Pengukuran parameter pH



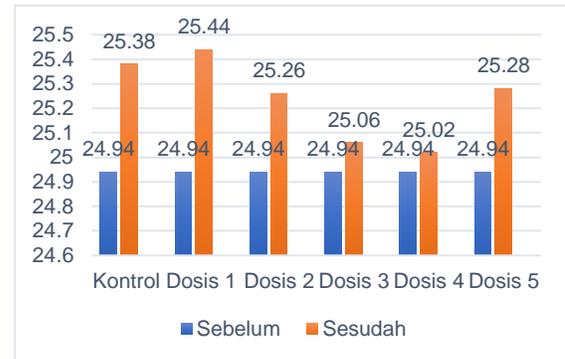
Gambar 1. Rata-rata Pengukuran pH Air Limbah Batik

Hasil rata-rata pengukuran pH air limbah batik sesudah koagulasi flokulasi pada gambar 1 didapatkan hasil pH tertinggi dengan rata-rata 6,62 pada kelompok kontrol dan pH terendah dengan rata-rata 5.16 pada dosis 4 yaitu dengan kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 200 mg/L.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 menetapkan nilai baku mutu parameter pH limbah industri tekstil berkisar antara 6,0-9,0. Rata-rata hasil pengukuran pH setelah perlakuan menunjukkan kelompok kontrol memenuhi baku mutu dengan hasil pengukuran pH sebesar 6,62. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sisnayati terdapat perubahan pH dari sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan menggunakan variasi dosis tawas dan PAC (14). Semakin besar dosis tawas yang digunakan maka pH air baku akan semakin rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh tawas yang membentuk H₂SO₄ yang memiliki sifat asam dan akan menurunkan pH (15). Sedangkan penambahan koagulan dengan dosis berbeda yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 tidak memenuhi baku mutu akibat pH yang dihasilkan setelah proses koagulasi dan flokulasi (16).

Hasil rata-rata pengukuran suhu air limbah batik sesudah koagulasi flokulasi pada gambar 2 didapatkan hasil pengukuran suhu tertinggi dengan rata-rata 25,44oC pada dosis 1 dengan kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 50 mg/L serta suhu terendah dengan rata-rata 25,02 oC pada dosis 4 dengan kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 200 mg/L.

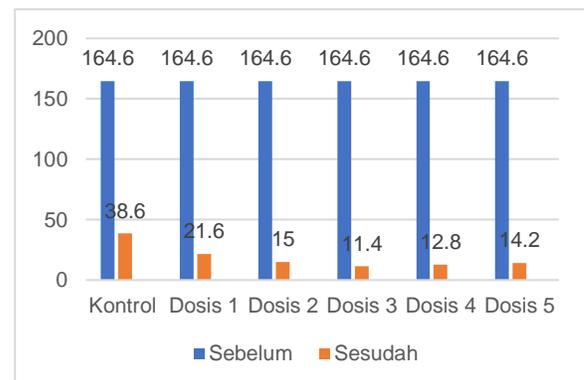
Pengukuran parameter Suhu



Gambar 2. Rata-rata Pengukuran Suhu Air Limbah Batik

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 menetapkan nilai baku mutu untuk parameter suhu pada limbah industri tekstil sebesar deviasi 2 dari temperature sekitar. Pengukuran suhu pada temperature sekitar menunjukkan suhu pada angka 26°C artinya rata-rata pengukuran suhu pada setiap variasi dosis setelah dilakukan perlakuan memenuhi baku mutu karena suhu yang dihasilkan antara 25,02°C -25,44°C. Suhu air yang tinggi atau rendah dapat mempengaruhi jalanya proses koagulasi. Apabila suhu rendah maka dapat merubah pembubuhan dosis koagulan dan akan merubah besarnya daerah pH yang optimum dan mengganggu efisiensi proses koagulasi. Suhu yang tinggi pada air limbah juga dapat mempengaruhi konsentrasi kagulan yang digunakan, semakin tinggi suhu memerlukan pemakaian bahan koagulan yang besar (17).

Pengukuran parameter Kekeruhan

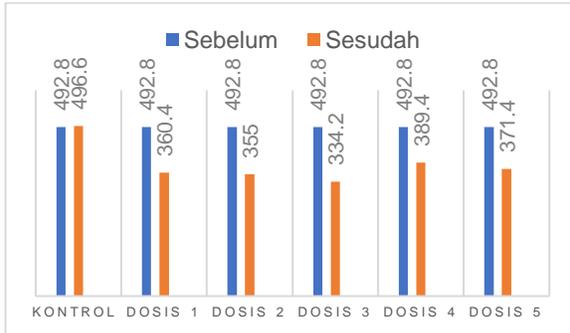


Gambar 3. Rata-rata Pengukuran Kekeruhan Air Limbah Batik

Hasil rata-rata pengukuran kekeruhan air limbah batik sesudah koagulasi flokulasi pada gambar 3 didapatkan hasil kekeruhan tertinggi dengan rata-rata 38,6 FAU pada kelompok kontrol dan kekeruhan terendah 11,4 FAU pada dosis 3 dengan kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 150 mg/L.

Kekeruhan awal yang tinggi menunjukkan adanya sejumlah partikel koloid yang ada pada limbah batik. Penurunan kekeruhan diakibatkan oleh banyak flok yang terbentuk adanya ikatan antara koloid dan partikel koagulan yang digunakan. Penurunan kekeruhan yang signifikan terjadi karena penambahan koagulan. Muatan koloid dapat berikatan oleh PAC, partikel koloid akan saling mendekat dan membentuk flok yang nantinya akan mengendap sehingga filtrat yang dihasilkan lebih jernih.

Pengukuran parameter Warna



Gambar 4. Rata-rata Pengukuran Warna Air Limbah Batik

Hasil rata-rata pengukuran warna air limbah batik sesudah koagulasi flokulasi pada gambar 4 didapatkan hasil pengukuran warna tertinggi yaitu 496,6 Pt-Co pada kelompok control dan pengukuran warna terendah pada dosis 3 dengan kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 150 mg/L yaitu 334,2 mg/L. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 menetapkan nilai baku mutu untuk parameter warna pada limbah industri tekstil sebesar 200 Pt-Co. Hasil menunjukkan bahwa pada setiap variasi dosis setelah dilakukan perlakuan tidak memenuhi baku mutu berdasarkan peraturan tersebut karena hasil pengukuran >200 Pt-Co.

Turunya kadar warna setelah proses koagulasi flokulasi dengan kombinasi koagulan tawas dan PAC terjadi karena adanya penyerapan zat-zat warna terhadap koagulan sehingga terjadi pembentukan flok yang nantinya akan mengendap. Koagulan mampu menstabilkan muatan listrik pada partikel koloid yang terdapat pada limbah batik sehingga koloid akan bergabung dengan koagulan

lalu membentuk flok dan mengendap, sehingga terjadi penurunan warna. Polly Aluminium Chloride (PAC) memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi dengan baik selain itu mampu membentuk flok-flok tinggi dengan dosis yang kecil serta memiliki kemampuan untuk mengendapkan flok dengan cepat. Sedangkan tawas dikenal dengan flokulator yang baik dalam menjernihkan air dengan cara menggumpalkan dan efektif untuk mengendapkan partikel yang melayang maupun tersuspensi. Sehingga kombinasi diantara keduanya pada penelitian ini mampu menurunkan kadar warna pada air limbah batik yang digunakan sebagai sampel penelitian.

b. Analisis Bivariat

Analisa digunakan untuk menunjukkan kecenderungan nilai hasil perlakuan kombinasi dosis PAC-Tawas dalam menurunkan warna pada air limbah batik secara matematis/ statistik. Hasil Analisa tersaji pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Uji One Way ANOVA Penurunan Warna Air Limbah Batik Setelah Koagulasi Flokulasi Menggunakan Kombinasi Koagulan Tawas dan PAC

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Between Groups</i>	83715,900	5	16743.180	48,482	0,000
<i>Within Groups</i>	8288,400	24	345,350		
Total	92004,300	29			

Berdasarkan hasil uji One Way ANOVA didapatkan silai Sig 0,000 nilai tersebut kurang dari nilai signifikasi 0,05 artinya H0 ditolak dan Ha diterima. Dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan pada kelompok kontrol dan lima variasi dosis kombinasi koagulan tawas dan PAC terhadap penurunan warna air limbah batik.

c. Analisis Tabel

Hasil penurunan terhadap warna air limbah yang telah dilakukan perlakuan dengan variasi kombinasi dosis PAC-Tawas tersaji pada tabel 2.

Tabel 2. Penurunan Warna Air Limbah Batik Sebelum dan Sesudah

Dosis	Penurunan	Prosentase
Kontrol	-3,8	0%
Dosis 1	132,4	26,8%
Dosis 2	137,8	27,8%
Dosis 3	158,6	32,1%
Dosis 4	103,4	20,9%
Dosis 5	121,4	24,5

Keterangan :

(-) : terjadi kenaikan

Berdasarkan tabel 2 pada kelompok perlakuan seluruh variasi dosis yang digunakan pada dasarnya mampu untuk menurunkan warna. Jika dilihat dari prosentase penurunan dosis 3 memberikan prosentase penurunan paling tinggi, sehingga nilai optimum pada penelitian ini terdapat pada dosis 3 dengan kombinasi koagulan PAC 50 mg/L dan tawas 150 mg/L yang mampu menurunkan warna sebesar 32,1%.

Penurunan warna terjadi karena zat-zat pembentuk warna terserap atau terikat oleh koagulan yang digunakan. Pada tabel 3 dapat dikatakan bahwa penurunan warna tidak berbanding lurus dengan bertambahnya koagulan, namun ketika mencapai konsentrasi tertentu penurunan warna tinggi dapat diakibatkan karena tingkat kejenuhan partikel oleh koagulan. Menurut Yulianti, penambahan dosis koagulan yang berlebih akan membuat koloid yang terbentuk menjadi kembali stabil karena tidak ada ruang untuk membentuk penghubung partikel (18).

Penambahan dosis koagulan yang diberikan saat proses koagulasi flokulasi membuat partikel koloid yang tergabung dengan koagulan dan membentuk flok semakin banyak. Pemberian dosis yang melebihi batas optimum mengakibatkan gaya-gaya elektrostatis pada koloid yang sudah tergabung pada flok rusak selain itu juga dapat mengakibatkan rusaknya ikatan flok. Menurut (19) penyerapan dosis yang berlebihan menyebabkan kembali gaya tolak menolak pada partikel koloid sebab mempunyai muatan yang sama hal ini dapat disebut restabilisasi dimana muatan partikel koloid yang bermuatan negatif akan berubah menjadi positif karena menyerap terlalu banyak dosis, sehingga tidak membentuk flok yang lebih besar.

4. Simpulan dan Saran

Permasalahan yang sering timbul dan dihadapi oleh pelaku usaha industri batik skala rumah tangga adalah penanganan akhir air cucian batik, dimana air hasil cucian ini menjadi air limbah. Air limbah batik banyak mengandung sisa pewarna dan bahan lain hasil proses pembatikan yang harus dilakukan penanganan sebelum dibuang. Penurunan warna dapat menggunakan bahan koagulan, hal terjadi karena zat-zat pembentuk warna terserap atau terikat oleh koagulan yang digunakan. Penggunaan kombinasi dosis 3 (PAC: 50 mg/L dan Tawas 150 mg/L) mampu memberikan penurunan kadar warna secara efektif terhadap kombinasi dosis PAC-Tawas lainnya.

Penanganan limbah batik secara sederhana yang masih memungkinkan dilakukan industry skala rumah tangga adalah dengan menggunakan bahan koagulan seperti penggunaan kombinasi PAC-

Tawas yang dilakukan pada bak penampungan sementara sebelum air limbah dibuang ke badan air.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan hasil penelitian. Segenap pembimbing lahan dan pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, arahan serta motivasi dan semua pihak yang berperan terhadap keberhasilan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

1. Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. 2023;(55).
2. Hana ML. Analisis Kadar COD Air Limbah Pada Industri Batik X di Desa Kertijayan Kecamatan Buaran Kota Pekalongan Tahun 2022. 2022.
3. PERMEN RI NO 82 TAHUN 2001. Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Peratur Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendali Pencemaran Air. 2001;1-22.
4. Badjatyta P. Usage of Textile Dye Waste Water in Concrete. List Issue. 2015;168(2).
5. Lolo EU. Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil Secara Koagulasi Flokulasi (Studi Kasus: IPAL Kampung Batik Laweyan, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia). J Serambi Eng. 2020;5(3):1090-8.
6. Annisaputri WA. Studi Potensi Fotokatalis dari Material Kerangka Logam-Organik (Metal-Organic Framework) untuk Degradasi Zat Pewarna Limbah Batik. Indones Green Technol J. 2020;1(1):42-53.
7. Jannah IN. Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. War Pengabd. 2019;13(3):106-15.
8. Faidah; NN. Komparasi Efisiensi Penurunan Warna Limbah Batik Pada Pengolahan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (Sansivera Sp) dan Pisang-Pisangan (Heliconia Sp) Di Purwokerto Tahun 2017. 2017.

9. Nilasari NI. Penurunan Cod, Tds, Tss, Warna Pada Limbah Batik Dengan Berbagai Jenis Koagulan. Semin Nas Tek Kim Soebardjo Brotohardjono Xvi. 2020;(3):1–8.
10. Lolo EU. Pengaruh Koagulan PAC dan Tawas Terhadap Surfaktan dan Kecepatan Pengendapan Flok Dalam Proses Koagulasi Flokulasi. J Serambi Eng. 2020;5(4):1295–305.
11. Salsabila U. Perbedaan Penurunan Chemical Oxygen Demand (Cod) Melalui Pemberian Tawas Dan Poly Aluminium Chloride (Pac) Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Penggaron Semarang. J Kesehat Masy. 2018;6(4):525–31.
12. Fitriyah. Pengolahan Limbah Cair Batik Banten secara Koagulasi Menggunakan Tawas dan Adsorpsi dengan Memanfaatkan Zeolit Alam Bayah. J Serambi Eng. 2021;7(1):2499–509.
13. Nurdiani. Penentuan Optimasi Koagulan Pac Dan Alum. 2020;44(283):26–31.
14. Winoto E, Yhopie, Aprilyanti S, Sisnayati. Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan Dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang. J Redoks [Internet]. 2021;6(2):107–16.
15. Tandiarang J, Devy SD, Trides T, Pertambangan T, Teknik F, Mulawarman U. Studi Perbandingan Penggunaan Tawas dalam Pengolahan Air Asam Tambang di PT. Kaltim (Research Ratio Employing Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) And Calcium Hidroksida ($Ca(OH)_2$) In Processing Acid Mine Drainage At PT Kaltim Diamond Coal Subdistri. J Teknol Miner FT UNMUL [Internet]. 2016;4(1):23–30.
16. Kristijarti AP, Suharto I, Marieanna. Penentuan Jenis Koagulan Dan Dosis Optimum Untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi Dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. Lemb Penelit dan Pengabd Kpd Masy Univ Katolik Parahyangan. 2013;1–33.
17. Rahimah Z, Heldawati H, Syauqiyah I. Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan PAC. Konversi. 2016;5(2):13–9.
18. Yusmidiarti. Pengaruh Air Laut Sebagai Koagulan Air Sumur Gali Dalam Penurunan Kekeruhan, Warna, Tds. J Kesehat [Internet]. 2019;12(1):160–7.
19. Fatma I, Budiono A, Baskoro R. Penentuan Dosis Optimum Koagulan Aluminium Sulfat Unit Dissolved Air Flotation Waste Water Treatment Plant Pt Kawasan Industri Intiland. Distilat J Teknol Separasi. 2022;8(1):169–75.