

## Penggunaan Koagulan Ganda dan Koagulan Oksidator dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik

Dewi Hambar Sari<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Pusat Studi Sains dan Teknologi, IAIN Surakarta, Jl. Pandawa, Pucangan, Kec. Kartasura, Kab. Sukoharjo, Jawa Tengah

Koresponden E-mail: [dewihambars@gmail.com](mailto:dewihambars@gmail.com)

<https://doi.org/10.47826/econews.4.2.p.39-44>

Diterima: 10 September 2021  
Disetujui: 28 September 2021  
Diterbitkan: 30 September 2021

### Keywords:

Batik wastewater treatment, dual coagulant, coagulant-oxidizing agent, alum-FeSO<sub>4</sub>, alum-chlorine

### ABSTRACT

Batik wastewater contains various chemical compounds, such as dyes, synthetic compounds, heavy metals, and organic compounds that can harm the environment. Therefore, proper waste management is required. The use of alum as coagulant in textile wastewater treatment is commonly used, but it is not effective enough to remove wastewater colour and reduce COD. This study aims to modify alum-based batik wastewater treatment using (i) double coagulant by combining alum - FeSO<sub>4</sub>; and (ii) coagulant-oxidizing agent with combination of alum - chlorine. This experimental study consisted of two stages, the first experiment aimed to determine the optimum composition dose of alum - FeSO<sub>4</sub> and alum - chlorine in depositing waste pollutants, reducing the colour and pH of the effluent; the second experiment aims to determine the effect of alum - FeSO<sub>4</sub> and alum - chlorine at the optimum dose in reducing the COD. The results showed that alum-chlorine in various compositions reduced colour ten times and precipitated pollutants two times better than alum-FeSO<sub>4</sub>. The optimum concentration ratio of alum:chlorine is 1:1 (1.2 g/L alum : 1.2 g/L chlorine). This dose reduced the pH to 8; depositing 0.385 g pollutants; removed 99.57% wastewater colour; and decreased COD from 686.9 mg/L to 235.53 mg/L.

### PENDAHULUAN

Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang sekaligus berperan sebagai *nation brand* dan identitas bangsa Indonesia (Hakim, 2018). Pada tanggal 2 oktober 2009, lembaga internasional UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) secara resmi mengakui batik sebagai warisan budaya tak benda Indonesia. Selanjutnya, tanggal tersebut ditetapkan sebagai hari batik nasional (Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2009 tentang Hari Batik Nasional, 2009).

Adanya pengakuan lembaga internasional UNESCO tersebut berkorelasi positif dengan peningkatan permintaan dan produksi batik (Aditya, 2014; Suliyanto et al., 2015). Pada akhir tahun 2019, jumlah industri batik di Indonesia diperkirakan mencapai 6.120 unit, dengan 87% di antaranya tersebar di berbagai provinsinsi Pulau Jawa, seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, DIY, Jawa Timur, Banten, dan DKI Jakarta. Adapun provinsi di luar pulau Jawa dengan jumlah industri batik terbanyak adalah Provinsi Jambi. Keberadaan industri batik ini membuktikan peran penting batik bukan hanya sebagai warisan budaya, melainkan juga pada sektor ekonomi. Nilai produksi batik mencapai 4,89 triliun rupiah per tahun. Selain itu, industri batik juga berperan penting bagi masyarakat dalam hal penyerapan tenaga kerja. Hingga 2019, jumlah tenaga kerja yang bekerja di industri batik mencapai 37.093 orang (Siregar et al., 2020).

Meskipun keberadaan industri batik memberikan banyak manfaat bagi perkembangan negara dan bangsa Indonesia, namun industri batik juga tidak terlepas dari berbagai permasalahan, termasuk di antaranya adalah limbah yang dihasilkan dan proses pengolahannya. Pada proses produksi batik, memerlukan cukup banyak air, sehingga perkembangan industri batik diiringi dengan peningkatan jumlah limbah cair, yang terutama dihasilkan dari proses pengolahan kain, pewarnaan, dan pelorodan (Apriyani, 2018). Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah cair tersebut harus diolah terlebih dahulu. Akan tetapi, Siregar et al. (2020) menemukan bahwa hanya 19% industri batik di Indonesia yang melakukan pengolahan limbah, sedangkan 81% sisanya tidak melakukannya meskipun menggunakan bahan pewarna sintetis pada proses produksinya. Pembuangan limbah industri batik tanpa pengolahan, khususnya limbah cair, ke lingkungan akan menyebabkan berbagai dampak negatif, terlebih bagi masyarakat yang mengandalkan sungai sebagai sumber mata pencaharian.

Air limbah yang dibuang dari industri tekstil merupakan salah satu pencemar utama dengan jumlah terbanyak di antara semua sektor industri, seperti farmasi, pabrik pulp, kertas, dan cat (Khalik et al., 2015). Air limbah batik juga mengandung berbagai senyawa kimia, seperti zat warna, senyawa sintetis, logam berat, dan senyawa organik. Zat warna dan senyawa sintetis dalam limbah tersebut umumnya bersifat tidak dapat terurai secara alami (*non-biodegradable*) (Wibowo et al., 2017). Paparan zat warna sintetis juga dapat

mengakibatkan berbagai permasalahan kesehatan, seperti penyakit kuning, keracunan, dan peningkatan detak jantung. Secara keseluruhan, senyawa kimia tersebut beresiko meningkatkan nilai *chemical oxygen demands* (COD) dan kekeruhan warna air limbah (Khalik et al., 2015).

Bahan pewarna sintetis yang digunakan pada proses produksi batik juga terindikasi mengandung logam berat, seperti kadmium (Cd), krom (Cr), dan timbal (Pb), sehingga limbah yang dihasilkan pun dikhawatirkan mengandung logam berat. Budiyanto et al., (2018) menganalisa kandungan logam berat pada limbah cair batik di Pusat Industri Batik Jenggot, Kota Pekalongan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah cair yang dihasilkan dari industri batik rata-rata mengandung logam berat Cd, Cr, dan Pb secara berurutan sebesar 0,07 mg/L; 0,76 mg/L; dan 0,78 mg/L. Angka tersebut melebihi batas standar baku mutu limbah cair. Dengan demikian, diperlukan metode pengolahan limbah cair industri batik yang tepat agar limbah cair yang akan dibuang ke lingkungan mampu memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dan juga menghilangkan warna limbah.

Berbagai teknik pengolahan limbah seperti oksidasi, adsorpsi, presipitasi, pertukaran ion, dan degradasi biologis telah dikembangkan dan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Proses koagulasi merupakan teknik yang paling umum digunakan dalam pengolahan limbah cair, karena proses ini mudah dilakukan. Koagulasi dapat diaplikasikan secara langsung untuk menghilangkan polutan pada limbah cair dengan cara penambahan koagulan yang berfungsi untuk menghilangkan kestabilan koloid limbah, sehingga partikel-partikel kecil yang tersebar di dalamnya dapat menggumpal menjadi flok berukuran lebih besar (Rana & Suresh, 2017).

Tawas  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  merupakan jenis koagulan berbasis garam kationik yang banyak digunakan pada pengolahan limbah cair. Akan tetapi, penggunaan tawas memberikan kerugian lingkungan karena residu tawas pada air limbah yang dibuang ke lingkungan akan bereaksi terhadap alkalinitas alami air yang menyebabkan penurunan pH air lingkungan (Oladoja, 2015). Residu tawas juga diketahui menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan, seperti onset penyakit Alzheimer's (Asharuddin et al., 2018). Selain itu, Wartiono and Rosyida (2009) menemukan bahwa penggunaan tawas dalam pengolahan limbah tekstil tidak dapat menghilangkan warna dengan baik, sehingga warna air limbah masih tetap seperti semula.

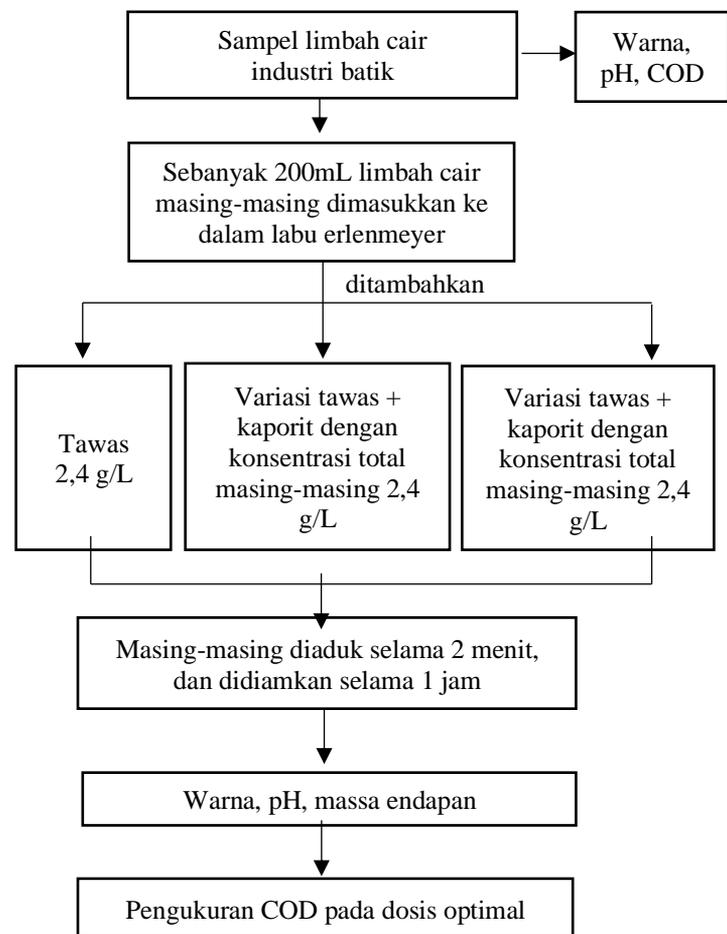
Untuk mengurangi dampak negatif tawas dalam pengolahan air limbah industri batik serta meningkatkan efektivitasnya, maka penggunaan tawas perlu dikurangi jumlahnya dengan menggantikannya dengan bahan lain. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penambahan agen pengoksidasi (Güneş et al., 2019) dan koagulan ganda (Jagaba et al., 2018) dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan efektifitas pengolahan limbah. Di antara sekian banyak bahan kimia,  $\text{FeSO}_4$  merupakan koagulan dan kaporit merupakan oksidator yang umum digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi pengolahan limbah berbasis tawas dengan menggunakan sistem (i) koagulan ganda dengan mengkombinasikan tawas -  $\text{FeSO}_4$ ; dan (ii) koagulan-oksidator dengan kombinasi antara tawas - kaporit.

## METODOLOGI

### Bahan dan Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan model penelitian eksperimen di laboratorium. Sampel limbah cair diperoleh dari salah satu industri batik di Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan limbah adalah (i) tawas; (ii) tawas -  $\text{FeSO}_4$ ; dan (iii) tawas - kaporit dengan konsentrasi total masing-masing sebesar 2,4g/L.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan. Tahap pertama bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum tawas- $\text{FeSO}_4$  dan tawas-kaporit dalam menurunkan nilai pH, menurunkan persentase warna limbah, dan mengendapkan polutan limbah. Tawas- $\text{FeSO}_4$  dan tawas-kaporit dengan komposisi yang paling optimal selanjutnya akan digunakan pada pengujian tahap kedua, yang bertujuan untuk mengetahui kemampuannya dalam menurunkan COD. Secara lebih lengkap, alur penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

### Penentuan Komposisi Optimum Bahan Pengolah Limbah

Proses pengolahan limbah dilakukan dengan menambahkan bahan pengolah limbah ke dalam 200mL limbah cair industri batik ke dalam labu erlenmeyer disertai dengan pengadukan selama kurang lebih 2 menit. Campuran kemudian didiamkan selama 1 jam untuk mengendapkan partikel dalam limbah. Selanjutnya, dilakukan pemisahan antara endapan dan supernatan menggunakan kertas saring. Adapun komposisi bahan pengolah limbah yang digunakan

dapat dilihat pada tabel 1 dengan konsentrasi total masing-masing sebesar 2,4g/L.

**Tabel 1.** Komposisi Bahan Kimia Pengolah Limbah yang Digunakan dalam Penelitian

Bahan Pengolah Limbah	Rasio Konsentrasi	Konsentrasi (g/L)		
		Tawas	FeSO <sub>4</sub>	Ca(OCl) <sub>2</sub>
Tawas	1:0	2,4	-	-
Tawas - FeSO <sub>4</sub>	1:1	1,2	1,2	-
	1:3	0,6	1,8	-
	1:5	0,4	2,0	-
	3:1	1,8	0,6	-
	5:1	2,0	0,4	-
Tawas - kaporit	1:1	1,2	-	1,2
	1:3	0,6	-	1,8
	1:5	0,4	-	2,0
	3:1	1,8	-	0,6
	5:1	2,0	-	0,4

### Pengukuran pH, Penurunan Warna, dan Massa Polutan Terendapkan

Parameter pengujian untuk menentukan komposisi pengolah limbah yang optimal pada penelitian ini adalah pH, warna, dan massa endapan. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH universal. Massa endapan diukur menggunakan neraca analitik setelah endapan dikeringkan. Adapun efisiensi penurunan warna diukur menggunakan metode spektroskopi UV-Vis. Panjang gelombang optimum serapan warna diukur pada rentang panjang gelombang 0-800 nm. Selanjutnya, absorbansi masing-masing sampel perlakuan diukur pada panjang gelombang optimum yang diperoleh. Presentase penurunan warna dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{penurunan warna} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{perlakuan}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100\%$$

#### Keterangan :

- $A_{\text{kontrol}}$  = Absorbansi kelompok kontrol  
 $A_{\text{perlakuan}}$  = Absorbansi kelompok perlakuan

### Pengukuran Chemical Oxygen Demands (COD)

Setelah memperoleh variasi komposisi yang optimal untuk tawas + FeSO<sub>4</sub> dan tawas + kaporit, selanjutnya dilakukan pengukuran COD pada kelompok perlakuan yang optimal. Pengujian COD dilakukan sesuai dengan SNI 6989.2:2009 dengan metode spektrofotometri dan menggunakan larutan kalium hidrogen ftalat (KHP) sebagai standar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah Cair Pre-Treatment

Limbah cair yang digunakan sebagai sampel penelitian ini berasal dari salah satu industri batik di wilayah Sukoharjo, Jawa Tengah. Industri batik tersebut telah memiliki sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang terdiri dari bak ekualisasi, bak aerob, bak anaerob, dan bak penampung akhir. Bak ekualisasi berfungsi untuk memisahkan fasa padatan dan cair limbah. Adapun bak aerob berfungsi untuk mengolah limbah secara aerobik dengan menggunakan mikroorganisme sebagai bahan pengolah, dan bak anaerob

digunakan untuk pengolahan lanjutan dengan menggunakan lumpur aktif dengan proses yang dilakukan dengan sistem tertutup. Selanjutnya, limbah yang telah diolah akan masuk ke dalam bak penampung akhir untuk siap dibuang ke lingkungan. Akan tetapi, hasil akhir pengolahan limbah batik pada perusahaan tersebut masih berwarna biru tua (Gambar 2), sehingga masih memerlukan prosedur pengolahan limbah yang tepat. Pada penelitian ini, limbah cair industri batik yang digunakan merupakan limbah cair dari bak *pre-treatment*, yaitu bak yang menampung seluruh limbah cair yang belum mengalami pengolahan dengan sistem IPAL di perusahaan tersebut.



**Gambar 2.** Gambaran warna air limbah dan bak IPAL di industri batik tempat pengambilan sampel

Warna limbah cair industri batik, seperti halnya industri tekstil lainnya, bergantung pada jenis warna yang digunakan. Pada proses pewarnaan tekstil, umumnya pewarna sintetis lebih banyak digunakan dibandingkan pewarna alami (Herfiani et al., 2017). Pewarna sintetis tersebut (misalnya pewarna azo dan indigisol) bersifat mudah menempel pada kain, sehingga efisiensi fiksasi warna pada kain dapat mencapai 60-90% (Şahinkaya, 2013). Dengan demikian, hanya sebagian kecil dari zat warna yang diperlukan pada proses pewarnaan batik, sedangkan sisanya dibuang dan masuk ke dalam limbah cair. Hal inilah yang menyebabkan pekatnya warna pada limbah cair industri batik.

Karakteristik limbah cair *pre-treatment* yang diuji pada penelitian ini adalah warna, pH, dan COD. Warna limbah cair adalah biru tua, dengan nilai COD sebesar 686,9 mg/L, dan pH 10. Nilai COD dan pH limbah *pre-treatment* tersebut belum memenuhi standar baku mutu limbah industri tekstil yang tertuang dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012. Baku mutu untuk COD sebesar 150 mg/L, sedangkan pH berada pada kisaran 6-9. Dengan demikian, COD dan pH limbah cair awal sekitar 4,5 kali lebih tinggi dibandingkan standar baku mutu. Hasil ini sesuai dengan penelitian (Şahinkaya, 2013) yang melaporkan bahwa sebagian besar limbah cair industri tekstil memiliki nilai COD tinggi, warna yang pekat, dan tingkat salinitas yang tinggi. Tabel 2 memperlihatkan karakteristik limbah cair *pre-treatment*.

**Tabel 2.** Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Sebelum Perlakuan

Parameter	Pengamatan
Warna	Biru tua pekat
pH	10
COD	686,9 mg/L

COD merupakan parameter yang umum digunakan untuk melihat karakteristik material organik yang terdapat di dalam limbah tekstil dan nilainya tergantung pada jenis zat warna yang digunakan (Suryawan et al., 2018). Nilai yang tinggi menunjukkan bahwa diperlukan oksigen dalam jumlah yang banyak untuk menguraikan senyawa-senyawa anorganik di dalam limbah. Semakin tinggi nilai COD, berarti kebutuhan oksigen untuk menguraikan limbah akan semakin banyak. Dengan demikian, oksigen di sekitar tempat buangan limbah akan banyak terpakai untuk menguraikan limbah, sehingga kehidupan biota lingkungan menjadi terganggu (Ramayanti & Ulil, 2019). Adapun nilai potensial hidrogen (pH) menunjukkan indeks konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam air. pH limbah akan berbeda-beda tergantung pada bahan-bahan kimia yang terkandung di dalamnya. Nilai pH yang memenuhi standar baku mutu limbah tekstil adalah 8-9. pH yang lebih tinggi dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi amoniak ( $NH_4$ ) yang bersifat toksik bagi organisme (Tatangindatu et al., 2013). Oleh sebab itu, konsentrasi COD dan pH pada limbah cair industri batik harus dikurangi sebelum dibuang ke lingkungan.

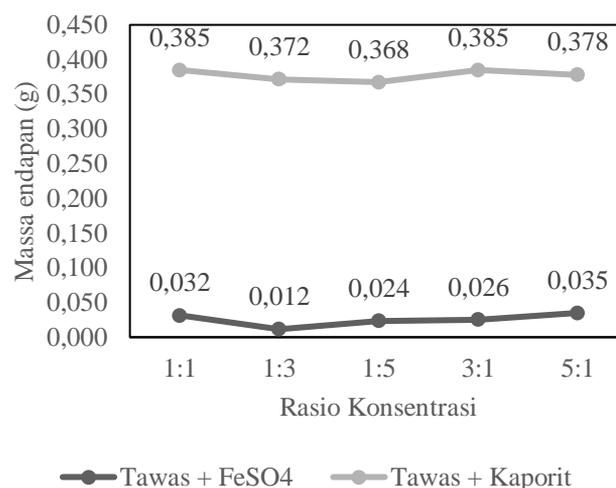
Meskipun warna bukan merupakan parameter yang harus dipenuhi dalam standar baku mutu limbah tekstil, namun keberadaan warna memunculkan beberapa kerugian. Masalah umum yang timbul dari limbah dengan warna pekat yang dibuang ke lingkungan adalah perihal estetika. Selain itu, zat warna juga dapat menyerap sinar matahari secara kuat, sehingga mengganggu aktivitas fotosintesis biota perairan (Solmaz et al., 2006). Dengan demikian, warna limbah juga perlu untuk dihilangkan sebelum limbah dilepaskan ke lingkungan.

### Dosis Optimum Bahan Pengolah Limbah

Pengolahan limbah cair industri batik dengan penambahan (i) tawas; (ii) tawas-kaporit; dan (iii) tawas- $FeSO_4$  mampu menurunkan pH limbah mencapai standar baku mutu limbah cair industri tekstil. Baku mutu pH yang dipersyaratkan pada Perda Jateng No 5 Tahun 2012 berkisar 6 hingga 9, sedangkan pH limbah sebelum perlakuan adalah 10. Penambahan tawas, tawas-kaporit, dan tawas- $FeSO_4$  mampu menurunkan pH limbah hingga mencapai baku mutu yang ditetapkan, dengan nilai pH sebesar 8 - 9. Dengan demikian, tawas, tawas-kaporit, dan tawas- $FeSO_4$  pada berbagai konsentrasi dapat digunakan untuk menurunkan pH limbah cair industri batik agar mencapai pH yang dipersyaratkan.

Adapun penambahan (i) tawas; (ii) tawas - kaporit; dan (iii) tawas- $FeSO_4$  menyebabkan pengendapan zat-zat yang terdispersi dalam limbah, serta berkurangnya warna dan kekeruhan limbah. Penambahan tawas sebesar 2,4 g/L mampu mengendapkan 0,015 g polutan limbah. Adapun kombinasi tawas-kaporit pada berbagai konsentrasi mampu mengendapkan lebih banyak polutan dibandingkan tawas secara tunggal dan kombinasi tawas- $FeSO_4$  (Gambar 2).

Rentang massa polutan yang terendapkan dengan penambahan tawas-kaporit berada pada kisaran 0,368 hingga 0,385 g, sedangkan pada penambahan tawas- $FeSO_4$  sebesar 0,012 hingga 0,035 g. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa kemampuan tawas-kaporit dalam mengendapkan polutan limbah berkisar 10 kali lipat lebih baik dibandingkan tawas- $FeSO_4$ , dengan hasil terbanyak diperoleh pada perbandingan tawas : kaporit sebesar 1:1 dan 3:1 yang sama-sama mengendapkan 0,385 g polutan. Adapun kombinasi terbaik tawas :  $FeSO_4$  adalah 5:1 dengan massa polutan yang diendapkan sebanyak 0,035 g. Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan tawas-kaporit dan tawas- $FeSO_4$  terhadap massa polutan limbah yang terendapkan.

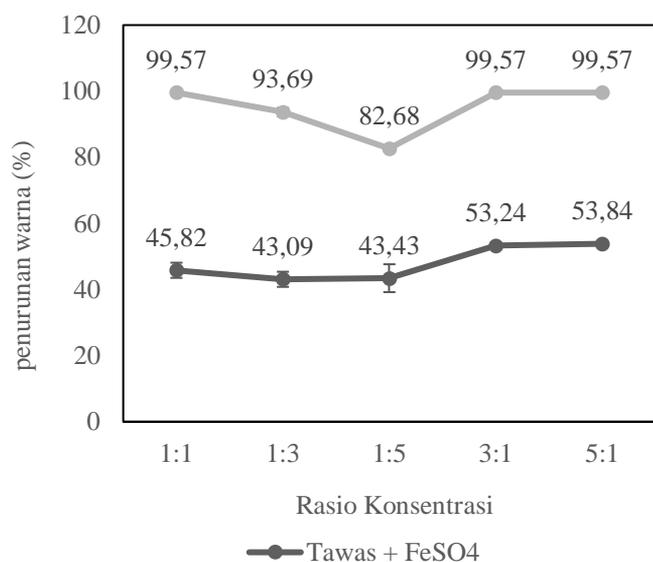


**Gambar 3.** Pengaruh komposisi bahan pengolah limbah terhadap endapan yang terbentuk

Dalam hal penurunan warna limbah, penambahan tawas pada limbah cair industri batik hanya mampu menurunkan warna hingga 35,8%. Di sisi lain, persentase penurunan warna limbah dengan penambahan tawas-kaporit dan tawas- $FeSO_4$  lebih baik dibandingkan penggunaan tawas saja. Yan et al. (2007) membuktikan bahwa kemampuan koagulasi tawas, dengan rumus kimia  $Al_2(SO_4)_3$ , sangat bergantung pada jenis spesies ion aluminium yang terbentuk. Terdapat 3 spesies ion aluminium, yaitu  $Al_a$  (monomerik),  $Al_b$  (polimer medium),  $Al_c$  (spesies koloid atau solid). Spesies aluminium terbanyak yang terbentuk dari  $Al_2(SO_4)_3$  adalah  $Al_a$ , yang bersifat paling tidak stabil dibandingkan spesies lainnya. Di dalam air, spesies  $Al_a$  akan terhidrolisis secara langsung membentuk hidroksida, sehingga hanya sedikit Al yang dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain di dalam limbah (M.Yan et al., 2007; Yang et al., 2010). Hasil penelitian ini menunjukkan hal serupa, yaitu penggunaan tawas secara tunggal tidak optimal dalam mengkoagulasikan partikel-partikel dalam limbah cair industri batik, yang terlihat dari rendahnya persentase penurunan warna limbah dan sedikitnya massa polutan yang terendapkan.

Secara umum penggunaan tawas-kaporit mampu menurunkan warna limbah lebih baik dibandingkan tawas- $FeSO_4$ . Persentase penurunan warna limbah dengan penambahan tawas-kaporit berkisar 82,68 hingga 99,57%, sedangkan tawas- $FeSO_4$  hanya berada pada kisaran 43,09 hingga 53,84%. Berdasarkan hasil ini, terlihat bahwa kemampuan tawas-kaporit dalam menghilangkan warna limbah berkisar 2 kali lipat lebih baik dibandingkan tawas- $FeSO_4$ . Kombinasi optimum tawas-kaporit dalam

menghilangkan warna limbah cair industri batik adalah dengan rasio konsentrasi tawas : kaporit sebesar 1:1, 3:1, dan 5:1, yang masing-masing mampu menurunkan 99,57% warna limbah, sedangkan komposisi optimum tawas-FeSO<sub>4</sub> berada pada rasio konsentrasi 5:1 dengan penurunan warna limbah sebesar 53,84%.



**Gambar 4.** Pengaruh komposisi bahan pengolah limbah terhadap warna limbah

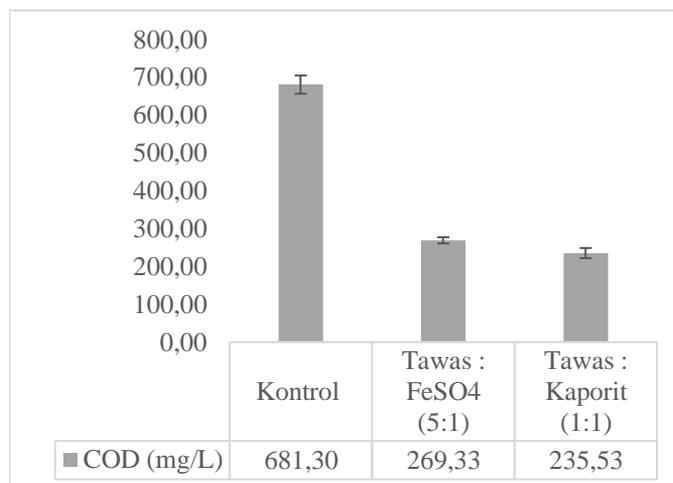
Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan tawas-kaporit pada berbagai rasio konsentrasi memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dalam penurunan warna dan pengendapan polutan, khususnya pada rasio konsentrasi 1:1, 3:1, dan 5:1. Akan tetapi, karena tujuan dari penambahan kaporit di sini adalah untuk mengurangi jumlah tawas yang digunakan, maka untuk tahap selanjutnya tawas-kaporit dengan rasio 1:1 (1,2 g tawas : 1,2 g kaporit) yang akan diuji dalam kemampuannya menurunkan COD.

Kemampuan tawas-kaporit dalam menurunkan warna dan mengendapkan polutan lebih baik dibandingkan penggunaan tawas-FeSO<sub>4</sub>. Hal ini dimungkinkan karena kaporit dan FeSO<sub>4</sub> memiliki peran yang berbeda dalam proses pengolahan limbah. Dalam hal ini, kaporit berperan sebagai oksidator yang mampu mengoksidasi zat warna, yang kemudian zat warna tersebut dapat terkoagulasi dengan adanya tawas dalam larutan. Dengan demikian, tawas dan kaporit saling melengkapi dalam proses pengolahan limbah, sehingga zat warna yang terendapkan lebih banyak. Di lain sisi, FeSO<sub>4</sub> memiliki peran yang sama dengan tawas, yaitu sama-sama berfungsi sebagai koagulan. Adanya FeSO<sub>4</sub> akan menambah jumlah koagulan di dalam larutan, namun tidak ada zat yang mengoksidasi zat warna terlebih dahulu, sehingga zat warna yang terendapkan lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan tawas-kaporit.

#### Penurunan *Chemical Oxygen Demands* (COD)

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi tawas – kaporit dan tawas – FeSO<sub>4</sub> dengan rasio konsentrasi secara berurutan sebesar 1:1 dan 5:1 berhasil menurunkan COD. COD limbah *pre-treatment* sangat tinggi, yaitu sebesar 686,9. Angka tersebut berhasil diturunkan secara signifikan ( $p$ -statistik < 0,05, *t-test independent*) menjadi 269,33 mg/L dengan menggunakan tawas – FeSO<sub>4</sub>; dan 235,53 mg/L dengan

menggunakan tawas-kaporit. Meskipun belum memenuhi baku mutu standar COD yang ditetapkan, namun berdasarkan hasil ini terlihat bahwa COD limbah cair industri batik berhasil diturunkan hingga hampir 3 kali lipat dengan penambahan koagulan-oksidator atau pun koagulan-ganda. Gambar 5 menunjukkan nilai COD limbah sebelum dan setelah perlakuan.



**Gambar 5.** Pengaruh penggunaan tawas – FeSO<sub>4</sub> dan tawas – kaporit terhadap COD

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, secara umum dapat disimpulkan bahwa penggunaan tawas – kaporit dan tawas – FeSO<sub>4</sub> lebih efektif dibandingkan penggunaan tawas secara tunggal dalam menghilangkan warna dan mengendapkan polutan limbah cair industri batik. Di antara ketiganya, tawas– kaporit memberikan hasil terbaik, dengan kisaran pengendapan polutan 10 kali dan penurunan warna 2 kali lebih baik dibandingkan penggunaan tawas – FeSO<sub>4</sub>. Dosis optimum tawas – kaporit, yaitu dengan rasio konsentrasi sebesar 1:1 (1,2 g/L tawas : 1,2 g/L kaporit). pH, massa polutan terendapkan, persentase penurunan warna, dan COD limbah dengan penambahan tawas – kaporit (1:1) berturut-turut sebesar 8; 0,385 g; 99,57%; dan 235,53 mg/L. Adapun pH, massa polutan terendapkan, persentase penurunan warna, dan COD limbah dengan penambahan tawas – FeSO<sub>4</sub> dosis optimal (5:1) secara berurutan adalah 8; 0,035 g; 53,84%; dan 235,53 mg/L. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tawas– kaporit berpotensi dalam tahap awal pengolahan limbah cair industri batik. Akan tetapi, karena nilai COD yang dihasilkan belum memenuhi standar baku limbah tekstil (150 mg/L), maka masih perlu dilakukan penentuan komposisi optimum tawas – kaporit. Selain itu, proses lanjutan dalam IPAL juga tetap diperlukan untuk lebih mengefektifkan proses pengolahan limbah cair industri batik dengan penggunaan tawas-kaporit ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, D. F. (2014). Dampak Pengakuan Dunia terhadap Batik Indonesia pada Aspek Produksi di Kelurahan Kergon Kota Pekalongan. *Fashion and Fashion Education Journal*, 3(1), 27–32.  
<https://doi.org/10.15294/fjeej.v3i1.4430>
- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik*

- Lingkungan, 3(1), 21–29.
- Asharuddin, S. M., Othman, N., Zin, N. S. M., Tajarudin, H. A., Din, M. F. M., & Kumar, V. (2018). Performance assessment of cassava peel starch and alum as dual coagulant for turbidity removal in dam water. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(4), 185–192. <https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.04.029>
- Budiyanto, S., Anies, Purnaweni, H., & Sunoko, H. R. (2018). Environmental Analysis of the Impacts of Batik Waste Water Pollution on the Quality of Dug Well Water in the Batik Industrial Center of Jenggot Pekalongan City. *E3S Web of Conferences*, 31. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183109008>
- Güneş, E., Demir, E., Güneş, Y., & Hanedar, A. (2019). Characterization and treatment alternatives of industrial container and drum cleaning wastewater: Comparison of Fenton-like process and combined coagulation/oxidation process. *Separation Purification Technology*, 209, 425–433. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.07.060>
- Hakim, L. M. (2018). Batik Sebagai Warisan Budaya Bangsa dan Nation Brand Indonesia. *Nation State: Journal of International Studies*, 1(1), 61–90. <https://doi.org/10.24076/NSJIS.2018v1i1.90>
- Herfiani, Z. H., Rezagama, A., & Nur, M. (2017). Pengolahan limbah cair zat warna jenis indigosol blue (C.I vat blue 4) sebagai hasil produksi kain batik menggunakan metode ozonasi dan adsorpsi arang aktif batok kelapa terhadap parameter COD dan warna. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(3).
- Jagaba, A. H., Abubakar, S., Lawal, I. M., Latiff, A. A. A., & Umaru, I. (2018). Wastewater Treatment Using Alum, the Combinations of Alum-Ferric Chloride, Alum-Chitosan, Alum-Zeolite and Alum- Moringa Oleifera as Adsorbent and Coagulant. *International Journal of Engineering Management*, 2(3), 67–75. <https://doi.org/10.11648/j.ijem.20180203.13>
- Khalik, W. F., Ho, L. N., & Ong. (2015). Decolorization and Mineralization of Batik Wastewater through Solar Photocatalytic Process. *Sains Malaysiana*, 44(4), 607–612. <https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4404-16>
- M. Yan, D., Wang, J., Qu, W., & He, C. W. K. (2007). Relative importance of hydrolyzed Al(III) species (Ala, Alb, and Alc) during coagulation with polyaluminum chloride: a case study with the typical micro-polluted source waters. *J Colloid Interface*, 316(2), 482–489. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.08.036>
- Oladoja, N. A. (2015). Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. *Journal of Water Process Engineering*, 6, 174–192. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2009 tentang Hari Batik Nasional, (2009).
- Ramayanti, D., & Ulil, A. (2019). Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (potential Hydrogen) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1), 16–21.
- Rana, S., & Suresh, S. (2017). Comparison of different Coagulants for Reduction of COD from Textile industry wastewater. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 567–574. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.058>
- Şahinkaya, S. (2013). COD and color removal from synthetic textile wastewater by ultrasound assisted electro-Fenton oxidation process. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19, 601–606. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2012.09.023>
- Siregar, A. P., Raya, A. B., Nugroho, A. D., Indana, F., Prasada, I. M. Y., Andiani, R., Simbolon, T. G. Y., & Kinasih, A. T. (2020). Upaya Pengembangan Industri Batik di Indonesia. *Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah*, 37(1), 79–92.
- Solmaz, S. K. A., Birgu`l, A., U`n, E., & Yonar, T. (2006). Colour and COD removal from textile effluent by coagulation and advanced oxidation processes. *Coloration Technology*, 122(2), 102–109. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2006.00016.x>
- Suliyanto, Novandari, W., & Setyawati, S. M. (2015). Persepsi Generasi Muda terhadap Profesi Pengrajin Batik Tulis di Purbalingga. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 18(1), 135–144. <https://doi.org/10.24914/jeb.v18i1.275>
- Suryawan, I. W. K., Helmy, Q., & Notodarmojo, S. (2018). Textile wastewater treatment: colour and COD removal of reactive black- 5 by ozonation. *The 4th International Seminar on Sustainable Urban Development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012102>
- Tatangindatu, F., Kalesaran, O., & Rompas, R. (2013). Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Budidaya Perairan*, 1(2), 8–19. <https://doi.org/10.35800/bdp.1.2.2013.1911>
- Wartiono, T., & Rosyida, A. (2009). Pemilihan tawas, ferri klorida dan ferro sulfat sebagai zat koagulan yang paling efektif dalam pengolahan limbah cair tekstil. *Jurnal Teknik ATW*, 6(1).
- Wibowo, E., Rokhmat, M., Yanto, D., & Murniati, R. (2017). Batik Wastewater Treatment Using TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Coated on the Surface of Plastic Sheet. *Procedia Engineering*, 170, 78–83. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.015>
- Yang, Z., Gao, B., & Yue, Q. (2010). Coagulation performance and residual aluminum speciation of Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> and polyaluminum chloride (PAC) in Yellow River water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 165(1), 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.ccej.2010.08.076>