

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH TEKSTIL MELALUI PROSES  
KOAGULASI – FLOKULASI DENGAN MENGGUNAKAN LEMPUNG  
SEBAGAI PENYUMBANG PARTIKEL TERSUSPENSI  
Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah**

***TEXTILES WASTEWATER TREATMENT BY COAGULATION -  
FLOCCULATION PROCESS WITH THE USE OF CLAY AS THE CONTRIBUTOR  
OF SUSPENDED PARTICLES***

*Case Study: Banaran, Sukoharjo and Lawean, Kerto Suro, Central Java*

**Anna Fadliah Rusydi, Dadan Suherman, dan Nyoman Sumawijaya**

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung  
E-mail: anna.fadliah.rusydi@lipi.go.id

Tanggal diterima: 4 Oktober 2016, direvisi: 8 Maret 2017, disetujui terbit: 22 Maret 2017

**ABSTRAK**

Air tanah dangkal di Banaran Sukoharjo dan Lawean Kerto Suro, Jawa Tengah, telah tercemar zat organik yang ditandai dengan tingginya kandungan COD. Kandungan COD dalam airtanah berkisar antara 9.8 mg/L sampai 150 mg/L. Salah satu penyebab tingginya COD adalah pembuangan air limbah dari industri tekstil tanpa pengolahan ke lingkungan yang kemudian bergerak hingga mencapai airtanah. Pengolahan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan merupakan cara yang tepat untuk mengatasi masalah pencemaran ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem *batch* melalui proses koagulasi-flokulasi. Percobaan diawali dengan penambahan kaporit dan kapur untuk menurunkan intensitas warna, kemudian tanah lempung untuk menaikkan kandungan partikel-partikel tersuspensi, dan penambahan tawas sebagai koagulan. Penambahan 2 g kaporit; 0.3 g kapur; 1 g lempung; dan 1 g tawas ke dalam 500 ml air limbah, pada pengadukan 200 rpm selama 2 menit, berhasil menurunkan COD sebesar 79% yakni dari 615 mg/L menjadi 130 mg/L, dan warna sebesar 99% yakni dari 7000 PCU menjadi 45 PCU. Penurunan COD dan warna pada air limbah akan meminimalkan dan mencegah terjadinya pencemaran airtanah, karena kandungan COD 130 mg/L telah memenuhi baku mutu limbah. Warna belum tercantum dalam baku mutu limbah, namun dengan kondisi air limbah yang sudah tidak berwarna maka limbah telah memenuhi syarat dari segi estetika.

**Kata kunci:** tekstil, koagulasi, flokulasi, dosis, partikel tersuspensi, COD, warna, pH

**ABSTRACT**

*Shallow groundwater in Banaran Sukoharjo and Lawean Kerto Suro, Central Java, have been contaminated by organic matter which was characterized by a high content of COD with a value of 9.8 mg/L to 150 mg/L. One of the causes of high COD was the discharge of untreated wastewater from textile industries into the environment without treatment which then moves until it reaches groundwater. Wastewater treatment before release into the environment is the right way to solve this contamination problem. The method used in this study is a batch system through coagulation-flocculation process. The experiment begins with the addition of calcium hypochlorite and lime to reduce the intensity of the color, then clay to raise the content of suspended particles, and alum as a coagulant. The addition of 2 g of chlorine; 0.3 g of lime; 1 g of clay; and 1 g of aluminium sulfate in 500 ml of wastewater, with stirring process 200 rpm for 2 minutes, has successfully reduce the COD about 79%, from 615 mg/L to 130 mg/L, and colors about 99%, from 7,000 PCU to 45 PCU. COD and color reduction from the wastewater will minimize and prevent groundwater pollution, because COD with value 130 mg/L has met the wastewater quality standard. Color is not listed in wastewater standard but with the condition of the wastewater that colorless so the waste is aesthetically qualified.*

**Keywords:** textile, coagulation, flocculation, dose, suspended particles, COD, color, pH

## PENDAHULUAN

Pencemaran air akibat limbah industri tekstil merupakan masalah yang sering terjadi di negara-negara berkembang dunia, salah satunya Indonesia.<sup>1</sup> Jika dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara lainnya, Indonesia merupakan negara dengan beban air limbah industri tekstil terbesar. Beban air limbah organik yang dihasilkan di Indonesia adalah sebesar 883 ton/hari, yang mana 29% dari beban ini berasal dari industri tekstil.<sup>2</sup>

Industri tekstil biasanya menghasilkan limbah cair yang berwarna pekat serta mengandung BOD (*biochemical oxygen demand*), COD (*chemical oxygen demand*), pH, temperatur, turbiditas, salinitas, dan bahan kimia toksik yang tinggi dan berfluktuasi.<sup>3,4,5</sup> Air limbah tersebut menimbulkan dampak negatif, baik langsung maupun tidak langsung, apabila dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan.<sup>3,6</sup> Salah satu dampak langsungnya adalah pencemaran airtanah dangkal akibat proses pergerakan air limbah dari permukaan ke dalam tanah. Dampak ini telah terlihat di lokasi penelitian, yakni industri tekstil di Banaran Sukoharjo dan Lawean Kerto Suro Jawa Tengah. Banaran dan Lawean merupakan sentra industri batik di Indonesia yang umumnya dilakukan dalam skala rumah (*homescale industry*). Industri tersebut menghasilkan banyak air limbah yang sebagian besar berasal dari proses pencelupan dan pencucian kain. Permasalahan kemudian timbul karena air limbah umumnya dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan. Air limbah tersebut memiliki warna sangat pekat dan nilai COD tinggi ( $\pm 600$  mg/L) sehingga mencemari airtanah dangkal di sekitarnya. Hal ini terlihat dari tingginya kandungan COD pada airtanah dangkal. Hasil penelitian menunjukkan nilai COD pada airtanah dangkal terendah adalah 9.8 mg/L dan tertinggi mencapai 150 mg/L.<sup>7</sup>

Hasil analisis hidrogeologi di lokasi penelitian menunjukkan bahwa tanah memiliki laju infiltrasi lambat<sup>8</sup>. Nilai laju infiltrasi menunjukkan kemampuan tanah untuk melewatkan cairan dari permukaan tanah secara vertikal.<sup>9</sup> Tanah dengan nilai infiltrasi lambat harusnya dapat menahan pergerakan pencemar mencemari airtanah. Namun, tanah juga memiliki kapasitas jenuh yang mana saat kapasitas ini sudah tercapai maka pencemar dalam air dapat lolos ke dalam airtanah. Pada kondisi ini semua jenis pencemar dapat masuk ke dalam airtanah, termasuk limbah domestik sebagai pencemar organik. Namun demikian, pencemar yang berasal dari limbah industri umumnya memberikan kontribusi organik yang lebih tinggi dibandingkan limbah lain. Seperti halnya kualitas airtanah dangkal (sumur-sumur gali) di daerah penelitian sekitar lokasi industri pencelupan menunjukkan kandungan COD sampai 150 mg/L. Dalam mengatasi permasalahan tersebut perlu

dilakukan pengolahan air limbah untuk menurunkan nilai COD dan mengurangi intensitas warna limbah yang pekat untuk mencegah terjadinya pencemaran airtanah yang lebih serius.

Koagulasi – flokulasi merupakan salah satu proses pengolahan air limbah yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Pemilihan ini dikarenakan prosesnya yang sederhana, mudah diaplikasikan, biaya relatif murah, dan mampu mengolah limbah hingga memenuhi baku mutu.<sup>1,10</sup> Koagulasi adalah proses penambahan koagulan atau zat kimia ke dalam suatu larutan dengan tujuan untuk mengkondisikan suspensi, koloid, dan materi tersuspensi dalam persiapan proses lanjutan yaitu flokulasi.<sup>11, 12</sup> Flokulasi adalah proses pengumpulan partikel-partikel dengan muatan tidak stabil yang kemudian saling bertubrukan sehingga membentuk kumpulan partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar, juga dikenal dengan istilah partikel flokulan atau flok.<sup>12</sup>

Pada beberapa jenis limbah cair tekstil, salah satunya limbah yang berkarakteristik bening, proses koagulasi - flokulasi tidak bisa diterapkan dengan baik karena larutan yang bening miskin akan partikel-partikel (materi) tersuspensi (pembentuk koloid). Oleh karena itu, proses ini perlu dilakukan secara bertahap yakni dengan terlebih dahulu menaikkan kandungan partikel-partikel tersuspensi melalui penambahan tanah lempung. Tujuan dari penelitian untuk menemukan dosis bahan kimia (kapur, kaporit, tanah lempung, tawas) yang tepat dalam mengolah air limbah tekstil guna menurunkan intensitas kadar COD dan warna sampai memenuhi baku mutu limbah agar aman dibuang ke lingkungan.

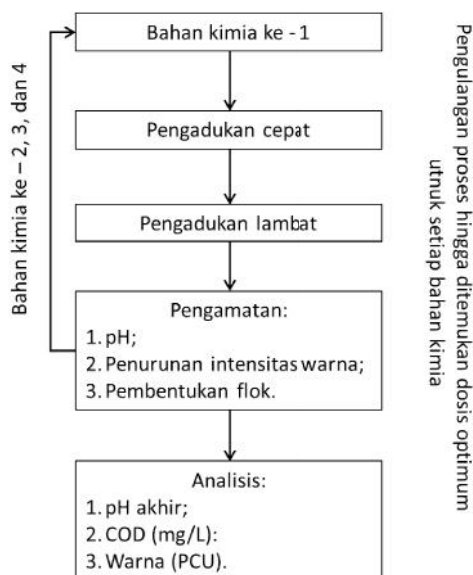
## METODE

### Bahan

Pengolahan dilakukan dengan sistem *batch* dengan menambahkan bahan kimia ke dalam 500 mL air limbah pada gelas beker berukuran 1000 mL. Air limbah diambil dari outlet industri pencelupan. Bahan kimia yang ditambahkan adalah kaporit, kapur (CaO), lempung, dan tawas. Pemilihan bahan kimia dalam pengolahan ini didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan Suherman (2013) mengenai pengolahan air gambut.<sup>13</sup> Air gambut memiliki sifat fisik yang sama dengan air limbah tekstil, yakni miskin partikel tersuspensi.

Bahan kimia kaporit, kapur, dan tawas merupakan bahan-bahan yang ditemukan di pasaran dan dapat langsung digunakan dalam proses koagulasi – flokulasi. Sementara lempung, merupakan bahan alami yang harus diproses sebelum ditambahkan ke dalam air limbah. Proses penyiapan lempung dilakukan dengan pengeringan dalam oven pada suhu 100 – 105°C, kemudian ditumbuk, dan diayak pada ayakan yang lolos pada

ukuran 100 mesh (-100 mesh). Selanjutnya dilakukan analisis fisik lempung. Hal ini penting, karena keberhasilan lempung dalam memperkaya kandungan partikel-partikel tersuspensi tergantung pada kandungan debu dan liat. Semakin banyak kandungan debu dan liat, maka penambahan lempung akan semakin membantu dalam memperkaya partikel-partikel tersuspensi dalam air limbah.



**Gambar 1.** Tahapan proses koagulasi - flokulasi

Seperti terlihat pada Gambar 1, setelah penambahan bahan kimia kemudian dilakukan pengadukan menggunakan pengaduk magnet dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Pengadukan ini disebut sebagai pengadukan cepat. Selanjutnya, dilakukan pengadukan lambat yaitu pada saat kecepatan diturunkan perlahan hingga 0 rpm. Pada setiap penambahan bahan kimia dilakukan pengamatan dan analisis seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pengamatan setelah penambahan bahan kimia pada proses koagulasi dan flokulasi

| Penambahan | Pengamatan dan analisis  |
|------------|--|
| 1. Kaporit | - pH.<br>- penurunan / perubahan warna.<br>- pembentukan flok. |
| 2. Kapur   | - pH.<br>- pembentukan flok.                                   |
| 3. Lempung |  |
| 4. Tawas   | - pH akhir.<br>- pembentukan flok.<br>- COD dan warna          |

#### Penentuan dosis awal

Dalam penentuan dosis optimum masing-masing bahan kimia dilakukan dengan cara menjadikan bahan kimia tertentu sebagai variabel

tidak tetap dan bahan-bahan kimia lain sebagai variabel tetap. Tabel 2 memperlihatkan dosis awal untuk masing-masing bahan kimia.

**Tabel 2.** Dosis awal untuk setiap bahan kimia

| Penentuan dosis awal | Variabel tidak tetap (g)     | Variabel tetap (g)                           |
|----------------------|------------------------------|--|
| 1. Kaporit           | - kaporit: 0.5; 1; 1.5; 2.   | - Kapur:0.5<br>- Lempung: 1<br>- Tawas: 1    |
| 2. Kapur             | - Kapur: 0.1; 0.2; 0.3; 0.4. | - Kaporit :2<br>- Lempung: 1<br>- Tawas : 1  |
| 3.Lempung            | - Lempung: 1.5; 2; 2.5; 3.   | - Kaporit :2<br>- Kapur:0.5<br>- Tawas : 1   |
| 4. Tawas             | - Tawas: 0.5; 1;1.5          | - Kaporit :2<br>- Kapur: 0.5<br>- Lempung: 1 |

Penambahan masing-masing zat kimia memiliki tujuan sebagai berikut:

- Kaporit**  
Kaporit merupakan zat kimia yang pertama kali ditambahkan dan bertujuan untuk memutus ikatan rangkap pada gugus fungsi zat warna sehingga terjadi reaksi addisi oleh Cl<sub>2</sub> dari kaporit. Proses kimiawi kaporit dalam memutus ikatan rangkap zat warna dijelaskan pada bagian pembahasan.
- Kapur**  
Penambahan kapur bertujuan untuk menaikkan nilai pH karena kondisi basa akan mengoptimalkan fungsi koagulan tawas.
- Lempung**  
Lempung bertujuan untuk memperkaya partikel-partikel tersuspensi dalam limbah karena limbah yang diolah secara fisik bersifat bening (miskin partikel tersuspensi).
- Tawas**  
Tawas berfungsi sebagai koagulan yang mengikat partikel-partikel tersuspensi yang berasal dari penambahan lempung sehingga terjadi proses koagulasi dan flokulasi.

#### Penentuan dosis optimum

Penentuan dosis optimum didasarkan pada hasil pengamatan pH, serta analisis COD dan warna setelah proses koagulasi dan flokulasi. Dosis optimum diperoleh berdasarkan penurunan COD dan warna yang paling signifikan. Analisis COD dan warna dilakukan sesuai *Standard Method* 21 (1995) dengan metode reflux tertutup untuk pemeriksaan COD dan spektrofotometri sinar tampak untuk pemeriksaan warna.<sup>14</sup> Hasil analisis kandungan COD dan pH air limbah setelah pengolahan selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu limbah cair industri tekstil dan batik yang diatur dalam Perda Provinsi Jawa Tengah No. 5

Tahun 2012.<sup>15</sup> Dalam peraturan tersebut dicantumkan baku mutu pH yang aman adalah pada rentang 6 s.d 9 dan kandungan COD maksimum adalah 150 mg/L. Sementara parameter warna belum diatur dalam peraturan ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik air limbah

Air limbah yang diolah memiliki karakteristik sebagai berikut: (i) pH = 8,3; (ii) COD = 615 mg/L, dan (iii) intensitas warna = 7000 PCU (*platina cobalt unit*). Nilai pH limbah yang diolah masih memenuhi persyaratan, sedangkan nilai COD limbah 76 kali di atas baku mutu maksimum. Warna limbah meskipun bening secara fisik, namun sangat gelap dan akan mengganggu estetika apabila dibuang langsung ke lingkungan. Oleh karena itu, pada penelitian ini warna termasuk parameter yang penting untuk diproses meskipun belum diatur dalam baku mutu limbah cair.

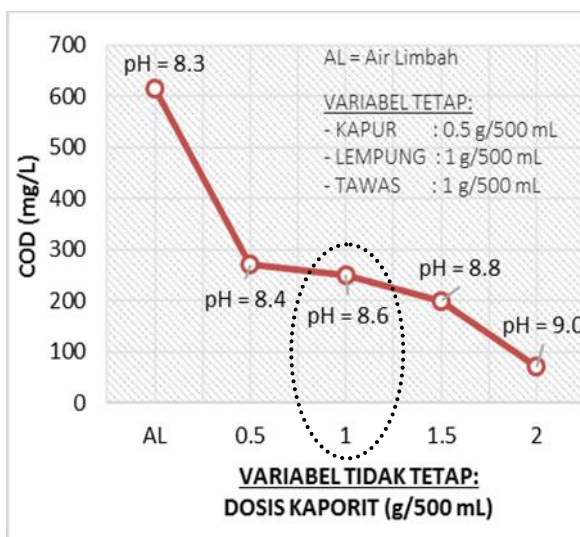
### Penentuan dosis kaporit

Gambar 2 memperlihatkan penurunan kandungan COD setelah penambahan kaporit: (i) penambahan 0.5 g, COD turun dari 615 mg/L menjadi 270 mg/L (56%); (ii) penambahan 1 g, COD turun menjadi 250 mg/L (59%); (iii) penambahan 1.5 g, COD turun menjadi 200 mg/L (67%); dan (iv) penambahan 2 g, mampu menurunkan COD hingga 70 mg/L (89%). Intensitas warna juga mengalami penurunan seiring dengan penurunan COD, yaitu: (i) saat penambahan 0.5 g, intensitas warna dari 7000 PCU turun menjadi 350 PCU (95%); (ii) penambahan 1 g, warna turun menjadi 340 PCU (95%); (iii) penambahan 1.5 g, warna turun menjadi 125 PCU (98%); dan (iv) penambahan 2 g, warna turun menjadi 100 PCU (99%) (Gambar 3).

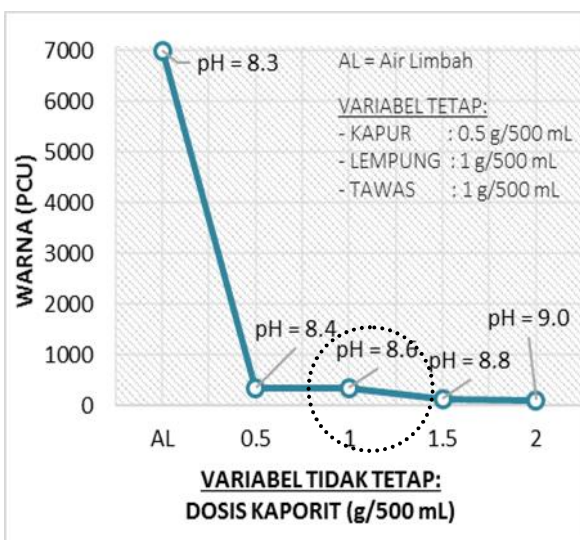
Nilai COD dan intensitas warna terendah diperoleh pada dosis kaporit 2 g. Pada dosis tersebut, COD turun hingga mencapai 89% dan warna mencapai 99%. Kemudian, dari pengamatan flok terlihat ukuran yang terbentuk berukuran ±0.3 cm dan mengendap dengan baik di dasar baker glass. Dengan demikian, dosis kaporit 2 g digunakan untuk percobaan selanjutnya yaitu penetapan dosis bahan kimia lainnya.

Saat kaporit ditambahkan ke dalam limbah, terjadi penurunan intensitas warna yang signifikan dari berwarna gelap menjadi hampir tidak berwarna. Peristiwa ini menunjukkan terjadi perubahan struktur dari gugus fungsi zat warna. Proses penurunan intensitas warna karena penambahan kaporit disebabkan karena terjadinya reaksi addisi. Secara teori, warna tersusun dari gugus kromofor, antara lain gugus nitroso ( $-N=O$ ), gugus azo ( $-N=N-$ ), gugus karbonil ( $>C=O$ ), gugus etilen ( $>C=C<$ ), dan gugus azometin ( $>C=N$ ).<sup>6, 10, 16</sup> Gugus fungsi tersebut memiliki sifat fisik tidak

berwarna, namun apabila berikatan dengan senyawa karbon rantai panjang atau rantai aromatik atau pun berikatan satu sama lain, maka akan terbentuk suatu senyawa yang berwarna<sup>17</sup>. Untuk menghilangkan sifat warna, maka ikatan pada gugus *chromophore* itu sendiri atau ikatan dengan rantai yang lain harus diubah melalui reaksi addisi. Kaporit dalam air akan mengurai dan menghasilkan gas  $Cl_2$  (reaksi 1) yang dapat mengubah ikatan rangkap zat warna menjadi ikatan tunggal (reaksi 2).



Gambar 2. Penurunan kandungan COD

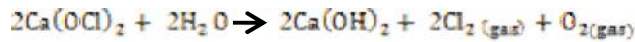


Gambar 3. Penurunan intensitas warna

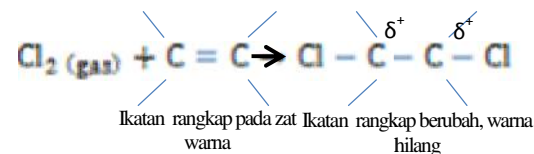
$Cl_2$  dari kaporit (reaksi 2) bereaksi dengan C ikatan rangkap dua pada zat warna melalui reaksi addisi membentuk senyawa C ikatan tunggal bermuatan  $\delta+$  (delta positif). Hal ini terjadi karena elektronegatifitas klorida sangat tinggi, sehingga elektron tertarik kearah atom klor. Selanjutnya, karbon yang bermuatan  $\delta+$  akan menarik partikel-partikel tersuspensi yang bermuatan negatif (berasal dari penambahan lempung). Proses ini kemudian

akan menghasilkan suatu zat yang dibungkus dengan muatan negatif dari partikel-partikel tersuspensi. Zat ini kemudian diendapkan melalui proses koagulasi – flokulasi setelah penambahan tawas ( $Al^{3+}$ ). Dengan demikian, kandungan COD dan intensitas warna dalam air limbah akan turun konsentrasinya.

Reaksi 1:



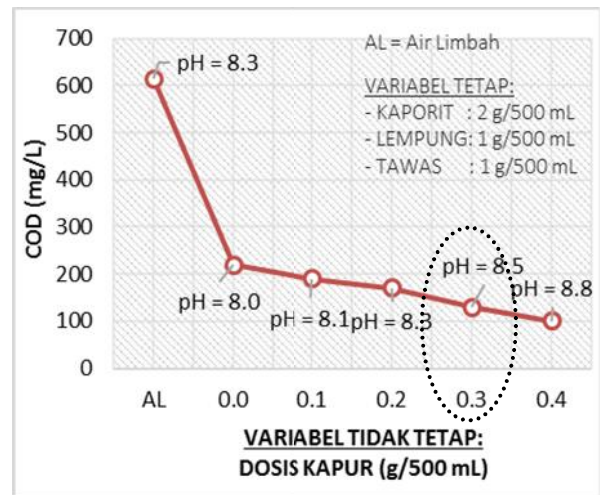
Reaksi 2:



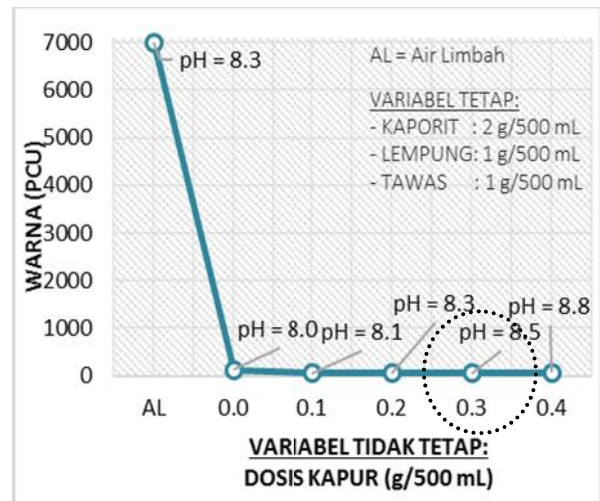
**Penentuan dosis kapur (CaO)**

Hasil analisis pH, COD, dan warna pada proses koagulasi – flokulasi kedua ini ditampilkan pada Gambar 4 dan 5. Gambar 6 memperlihatkan penurunan COD pada masing-masing dosis kapur: (i) tanpa penambahan kapur, kadar COD turun dari 615 mg/L menjadi 220 mg/L (64%); (ii) penambahan 0.1 g, kadar COD turun menjadi 190 mg/l (69%); (iii) penambahan 0.2 g, COD turun menjadi 170 mg/L (72%); (iv) penambahan 0.3 g, COD turun menjadi 130 mg/L (79%); dan (v) penambahan 0.4 g, COD turun menjadi 100 mg/L (84%). Sementara itu, penurunan warna tidak seiring dengan jumlah kapur yang ditambahkan, yakni: (i) intensitas warna tanpa penambahan kapur turun dari 7000 PCU menjadi 115 PCU (98%); (ii) penambahan 0.1 g dan 0.2 g, intensitas warna turun menjadi 50 PCU (99%); (iii) penambahan 0.3 g, turun menjadi 45 PCU (99%), dan (iv) penambahan 0.4 g, warna turun menjadi 60 PCU (99%) (Gambar 7).

Penurunan kadar COD tertinggi adalah saat penambahan kapur 0.5 g, sedangkan penurunan intensitas warna yang tinggi adalah pada penambahan kapur sebesar 0.3 g. Pada saat penambahan kapur lebih besar daripada 0.3 g penurunan intensitas warna tidak sebesar sebelumnya. Hal ini dikarenakan penambahan kapur yang melebihi kebutuhan akan meningkatkan kekeruhan pada air limbah, sehingga pada saat analisis spektrofotometri sinar tampak nilai yang terbaca lebih tinggi daripada semestinya.



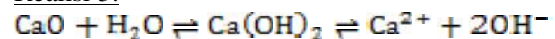
**Gambar 4.** Penurunan kandungan COD



**Gambar 5.** Penurunan intensitas warna

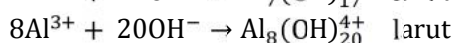
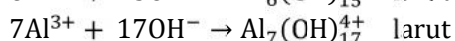
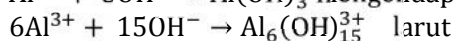
Setelah penambahan kapur, pH air limbah rata-rata meningkat menjadi 11 hingga 12. Kapur tohor (CaO) di dalam air membentuk senyawa kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ) yang bersifat basa dan dalam air terurai menjadi dua ion  $OH^-$  dan ion  $Ca^{2+}$  (reaksi 3). Ion hidroksida ( $OH^-$ ) akan meningkatkan pH air limbah.

Reaksi 3:



Suasana basa juga berfungsi untuk mengaktifkan koagulan tawas. Hal ini terjadi karena dalam suasana basa,  $Al^{3+}$  di dalam air terhidrolisis membentuk ion kompleks bermuatan positif (reaksi 4), ion ini memiliki kemampuan untuk menyerap permukaan partikel-partikel tersuspensi yang bermuatan negatif.<sup>18, 19, 20</sup>

**Reaksi 4:**

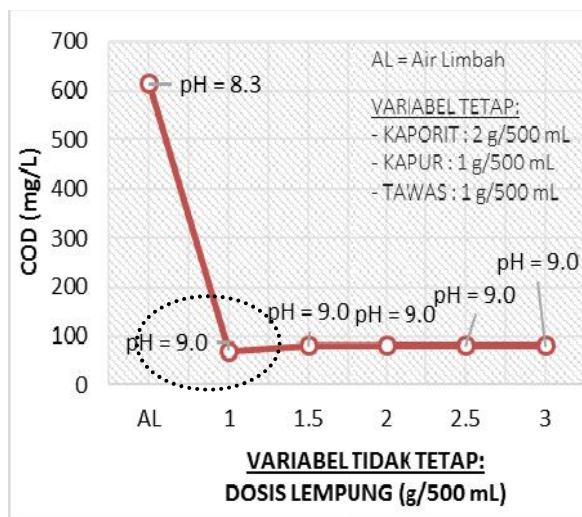


**Penentuan dosis lempung**

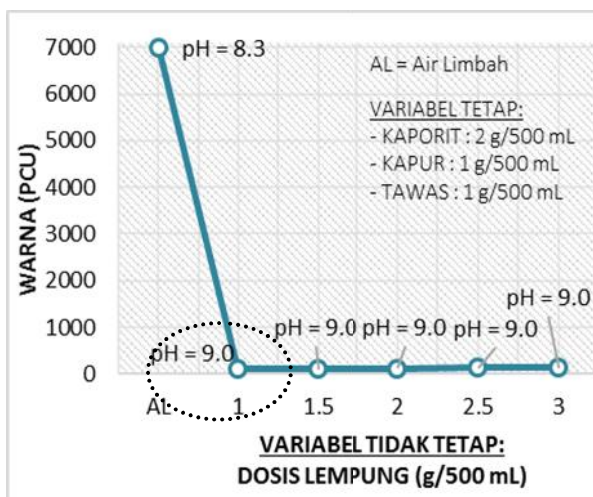
Lempung yang digunakan termasuk dalam kategori liat berdebu dengan komposisi sebagai berikut: (i) 14% pasir kasar; (ii) 2% pasir halus; (iii) 44% debu; dan (iv) 40% liat. Hasil analisis COD dan intensitas warna pada penentuan dosis lempung ditampilkan pada Gambar 6 dan 7. Kandungan COD pada setiap variasi lempung memiliki nilai yang sama, yakni turun menjadi 80 mg/L. Sementara intensitas warna pada setiap variasi lempung turun menjadi: (i) 110 PCU, saat penambahan 1.5 g; (ii) 120 PCU, saat penambahan 2.5 g; dan (iii) 130 PCU, saat penambahan 3 g. Terlihat bahwa semakin banyak penambahan lempung menyebabkan semakin berkurang penurunan warna. Sama halnya dengan kapur, penambahan lempung yang melebihi kebutuhan akan meningkatkan kekeruhan yang selanjutnya dalam analisis spektrofotometri sinar tampak akan terbaca sebagai intensitas warna.

Penambahan lempung tidak memberikan perubahan pada pH. pH air limbah berkisar 9. Ukuran flok yang terbentuk relatif sama antara keempat variasi dosis yang ditambahkan, yakni ±0.3 cm. Dari hasil analisis parameter COD, warna, dan pH ditetapkan dosis optimum lempung yang digunakan untuk percobaan selanjutnya adalah 1 g dalam 500 mL air limbah.

Lempung adalah bahan yang sangat penting dalam proses koagulasi – flokulasi. Lempung merupakan material yang terdiri dari mineral kaya alumina, silika, dan air. Mineral lempung berukuran sangat kecil (lebih kecil dari 2 mikron) dan merupakan partikel yang aktif secara kimiawi.<sup>21</sup> Kandungan partikel-partikel tersuspensi merupakan syarat utama terjadinya proses koagulasi - flokulasi.<sup>13</sup> Lempung yang ditambahkan dalam air limbah memiliki kandungan debu dan liat yang tinggi, masing-masing 40% dan 44%. Debu dan liat inilah yang menjadi partikel-partikel tersuspensi dalam air limbah yang diproses.



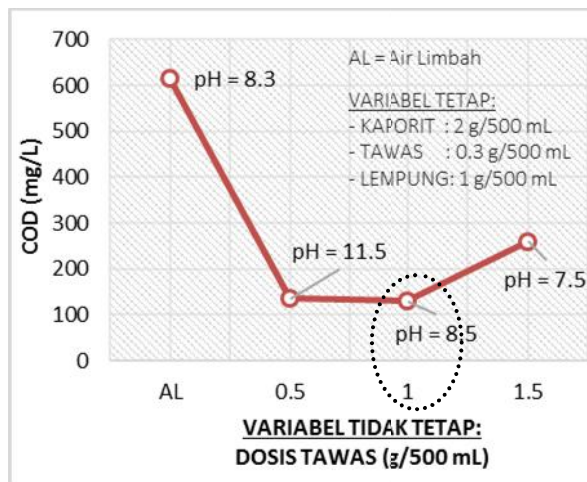
**Gambar 6.** Penurunan kandungan COD



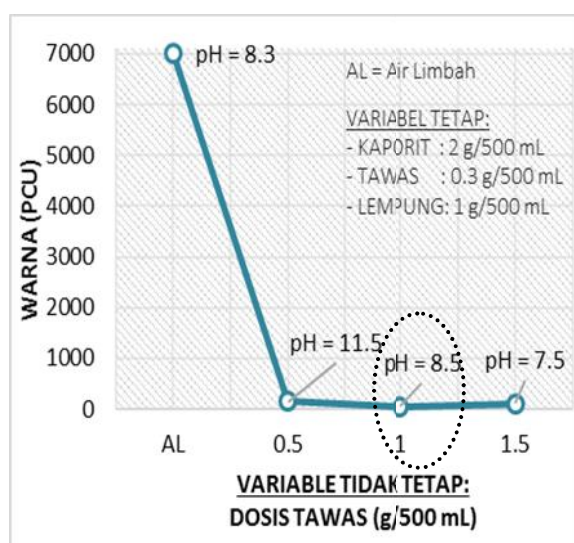
**Gambar 7.** Penurunan intensitas warna

**Penentuan dosis tawas**

Dosis optimum tawas sebagai koagulan telah tergambar pada penentuan dosis sebelumnya, yakni 1 g/500 mL. Hasil analisis kualitas limbah untuk setiap variasi dosis tawas disajikan pada Gambar 8 dan 9. Gambar 8 memperlihatkan kandungan COD pada dosis tawas 0.5 g turun menjadi 140 mg/L (78%), kemudian pada dosis 1 g COD turun menjadi 130 mg/L (79%), dan pada dosis 1.5 g COD turun menjadi 260 mg/L (58%). Gambar 9 menunjukkan penurunan intensitas warna yang seiring dengan penurunan COD. Intensitas warna turun menjadi 145 PCU (98%) pada penambahan tawas 0.5 g, 45 PCU (99%) pada penambahan tawas 1 g, dan 105 PCU (99%) pada penambahan tawas 1.5 g.



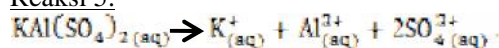
Gambar 8. Penurunan kandungan COD



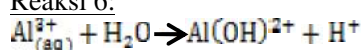
Gambar 9. Penurunan intensitas warna

Telah disebutkan sebelumnya bahwa tawas berperan sebagai koagulan. Tawas dengan rumus kimia  $KAl(SO_4)_2$  dalam larutan terurai menjadi ion-ion  $K^+_{(aq)}$ ,  $Al^{3+}_{(aq)}$ , dan  $SO_4^{2-}_{(aq)}$  (reaksi 5). Ion  $Al^{3+}_{(aq)}$  akan bereaksi dengan air membentuk ion koagulan  $Al(OH)^{2+}$  (reaksi 6). Ion tawas dalam air akan menstabilkan muatan listrik pada permukaan koloid dan partikel sangat ringan lainnya, sehingga semua partikel dapat bergabung membentuk flok berukuran besar yang dapat dipisahkan melalui proses sederhana seperti sedimentasi atau filtrasi. Kandungan pencemar seperti zat organik dan logam akan terganggu ke dalam flok dan ikut mengendap bersama.

Reaksi 5:

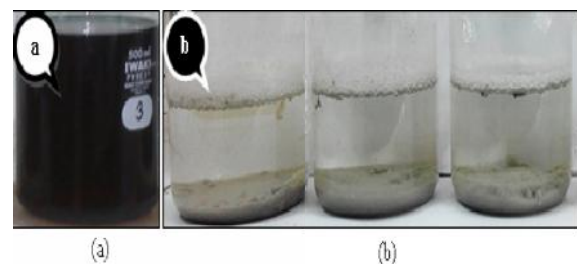


Reaksi 6:



Selain berperan sebagai koagulan, tawas juga dapat membantu menurunkan pH air limbah. Saat penambahan kapur, pH meningkat menjadi 11 hingga 12, nilai pH ini tidak memenuhi baku mutu. Namun, pada penambahan tawas 1 g dan 1.5 g, pH air limbah dapat diturunkan menjadi 8.5 dan 7.5. Hal ini terjadi karena ion  $H^+$  yang terbentuk dari reaksi 6 dapat menurunkan nilai pH air limbah.<sup>22</sup>

Berdasarkan penurunan COD dan warna, serta nilai pH akhir limbah, maka dosis optimum tawas yang dipilih adalah 1 g. Dengan demikian, dosis optimum untuk pengolahan 500 mL air limbah dengan proses koagulasi – flokulasi adalah: (i) 2 g untuk dosis optimum kaporit; (ii) 0.3 g untuk dosis optimum kapur; (iii) 1 g untuk dosis optimum lempung; dan (iv) 1 g untuk dosis optimum tawas. Kemudian, dilakukan pengulangan pengolahan air limbah sebanyak 3 kali dengan menggunakan dosis optimum dan diperoleh hasil yang relatif sama dengan rata-rata kadar COD 130 mg/L, intensitas warna 45 PCU, dan nilai pH 8.5.



Gambar 10. (a) Air limbah sebelum diolah; (b) Air limbah setelah diolah

Gambar 10 menunjukkan air limbah industri tekstil yang akan diolah (a) dan setelah diolah (b). Secara visual terlihat bahwa air limbah menjadi bening dan tidak berwarna. Dilihat dari kandungan COD yang telah turun dari 615 mg/L menjadi 130 mg/L dan telah memenuhi baku mutu limbah (150 mg/L), maka air limbah dipandang aman untuk dibuang ke lingkungan. Selain itu, intensitas warna pun menunjukkan penurunan yang signifikan, yakni dari 7000 PCU menjadi 45 PCU.

## KESIMPULAN

Dalam rangkaian pengolahan air limbah melalui proses koagulasi- flokulasi, sesaat setelah penambahan kaporit warna air limbah yang pekat dan bening berubah secara signifikan menjadi hampir tidak berwarna. Sifat bening ini mencerminkan kandungan partikel-partikel tersuspensi yang sangat rendah. Air limbah dengan kondisi ini tidak dapat diolah melalui proses koagulasi-flokulasi tanpa penambahan partikel-partikel tersuspensi. Pada penelitian ini, partikel-partikel tersuspensi dalam limbah yang diolah berasal dari penambahan lempung dengan

kandungan liat 40% dan debu 44%. Hasil yang diperoleh menunjukkan pada dosis 2 g kaporit, 0.3 g kapur, 1 g lempung, dan 1 g tawas dalam 500 mL air limbah, telah berhasil menurunkan kandungan COD dari 615 mg/L menjadi 130 mg/L (79 %); warna dari 7000 PCU menjadi 45 PCU (99 %); dan pH 8.5. Nilai COD 130 mg/L dan pH 8.5 telah memenuhi baku mutu limbah cair tekstil untuk dibuang ke lingkungan. Warna belum tercantum dalam bakumutu limbah, namun dengan kondisi air limbah yang bening dan tidak berwarna maka limbah telah memenuhi syarat dari segi estetika.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Pusat Penelitian Geoteknologi atas kesempatan untuk melakukan penelitian dengan judul “Studi Konsep Pengendalian Pencemaran Limbah Industri Kecil - Pencelupan dan Penyepuhan - pada Air Tanah: di Daerah Gianyar dan Karangasem (Bali) dan Sukoharjo/Solo (Jawa Tengah)”, kepada Bpk. Dady Sukmayadi, Bpk. Wahyu Purwoko, dan Bpk. Aep Sofyan atas bantuan selama proses laboratorium, serta rekan-rekan peneliti dan litkayasa yang tergabung dalam tim penelitian ini.

### PUSTAKA

- Freitas, T.K.F.S. Optimization of Coagulation-Flocculation Process for Treatment of Industrial Textile Wastewater using okra (a. esculentus) Mucilage as Natural Coagulant. *Industrial Crops and Products* **76**, 538–544(2015).
- World Bank. World Development Indicators Table 3.6: Water Pollution. The World Bank. USA(2012).
- Verma, A.K., et. al. A Review on Chemical Coagulation/Flocculation Technologies for Removal of Colour from Textile Wastewaters. *Journal of Environmental Management* **93**, 154 –168(2012).
- Jager, D.D., et al. Colour Removal from Textile Wastewater Using a Pilot-Scale Dual-Stage MBR and Subsequent RO System. *Separation and Purification Technology* **135**, 135 – 144 (2014).
- Holkar, C.R., et. al. A Critical Review on Textile Wastewater Treatments: Possible Approaches. *Journal of Environmental Management* **182**, 351 – 366 (2016).
- Akbari, A., et al. Treatment of Textile Dye Effluent Using a Polyamide-Based NanoFiltration Membrane. *Chemical Engineering and Processing* **41**, 601 – 609(2002).
- Rusydi, A.F., Marganingrum, D., Suherman, D., dan Sumawijaya, M. Pencemaran Airtanah Bebas Akibat Industri Pencelupan di Kampung Banaran, Sukoharjo, Jawa Tengah. Prosiding, Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi (2014).
- Sumawijaya, N., et al. Studi Konsep Pengendalian Pencemaran Limbah Industri Kecil - Pencelupan dan Penyepuhan - Pada Airtanah: di Daerah Gianyar dan Karangasem (Bali) dan Sukoharjo/Solo (Jawa Tengah). Laporan Penelitian DIPA Tematik. Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI (2013).
- Suripin. Pengembangan Sistem Drainase yang Berkelanjutan. Andi Offset, Yogyakarta (2004).
- Liang, C. Z., et al. Treatment of Highly Concentrated Wastewater Containing Multiple Synthetic Dyes by a Combined Process of Coagulation/Flocculation and Nanofiltration. *Journal of Membrane Science* **469**, 306 – 315(2014).
- Faust, S.D.dan O.M. Aly. (1998). Chemistry of Water Treatment. Lewis Publisher. USA.
- Howe, J. K., et al. (2012). Principle of Water Treatment. John Wiley and Sons, Inc. New Jersey.
- Suherman, D. dan N. Sumawijaya. Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi – Flokulasi Suasana Basa. *Riset Geologi dan Pertambangan* Vol **23** (2), 125 – 137(2013).
- Standard Method. The Examination of Water and Wastewater 21<sup>st</sup> edition. American Public Health Association. Washington (2005).
- Kementerian Lingkungan Hidup. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Lampiran A-IX. Jakarta (1995).
- Vickerstaff, T. The Physical Chemistry of Dyeing 2<sup>nd</sup> edition. Oliver & Boyd,London (1954).
- Bahl, B.S. dan A. Bahl.. Advanced Organic Chemistry. S. Chand & Company Ltd., Lam Nagar. New Delhi. 1279 (1979).
- Ravina, L. Everything You Want to Know About Coagulation and Flocculation, Zeta Meter, Inc. Staunton, Virginia. Faust, S.D dan O.M. Aly., 1998. Chemistry of Water Treatment. Lewis Publisher. USA (1993).
- Jiao, R., et.al. Influence of Coagulation Mechanisms on The Residual Aluminium – The Roles of Coagulant Species and MW of Organic Matter. *Journal of Hazardous Materials* **290**, 16–25 (2015).



20. Tang, H., Xiao, F., dan Wang, D. Speciation, Stability, and Coagulation Mechanisms of Hydroxyl Aluminum Clusters Formed by PACl and Alum: A Critical Review. *Advances in Colloid and Interface Science* 226, 78–85(2015).
  21. Hillier, S. Clay Mineralogy, in GV Middleton, MJ Church, M Coniglio, LA Hardie, and FJ Longstaffe eds. *Encyclopaedia of sediments and sedimentary rocks*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 139-142 (2003).
  22. Goeswono, S. Sifat dan Ciri Tanah, Bahan Bacaan Kuliah.(1979).
-

