



JRT PPI 8 (1) (2017)

Jurnal Riset  
Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Journal homepage : [ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi](http://ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi)

Kementerian  
Perindustrian  
REPUBLIK INDONESIA

## Integrasi teknologi koagulasi-flokulasi dengan filter silika-karbon aktif up flow sebagai unit pengolahan air limbah industri karpet

*The implementation of integrated coagulation-flocculation and silica activated carbon technology for carpet industry wastewater treatment*

Aris Mukimin\*, Agus Purwanto, Cholid Syahroni, Misbachul Moenir, Rame, Agung Budiarto

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Jl. Ki Mangunsarkoro No 6 PO Box: 829, Semarang 50136, Indonesia

### INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel :

Diterima 09 Februari 2017

Direvisi 21 Maret 2017

Disetujui 21 Maret 2017

Dipublikasikan online 29 Mei 2017

Keywords :

Carpet

Wastewater

Latex

Coagulation

Activated carbon

### ABSTRAK

Lateks, kapur dan air merupakan bahan utama dalam proses produksi industri karpet. Komposisi dari ketiga bahan tersebut secara berurutan 30%, 50% dan 20% sehingga karakteristik air limbahnya dominan mengandung COD dan TDS. Integrasi koagulasi-flokulasi dengan filter silika-karbon aktif menjadi pilihan yang tepat sebagai unit pengolah polutan tersebut. Unit koagulasi dibuat dalam bentuk tabung silinder dengan kapasitas 2,5 m<sup>3</sup>, adapun filter silika-karbon aktif ditempatkan dalam dua tabung vertikal dengan kapasitas masing-masing 50 L. Proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan tawas dan anion yang dilanjutkan dengan sedimentasi dan aerasi. Filter vertikal silika-karbon aktif dioperasikan dengan sistem alir kontinyu secara *up flow* sebagai tahap akhir dari unit pengolahan. Reduksi COD dan TDS telah mampu mencapai 92% dan 74% dengan dosis tawas 0,8 Kg/m<sup>3</sup>, kapur 0,35 Kg/m<sup>3</sup>, anion 0,4 g/m<sup>3</sup> dan aerasi dengan waktu tinggal 15 menit, serta laju alir 6 L/menit di filter silika-karbon aktif.

### ABSTRACT

Latex, lime and water are the main ingredients in the production of industrial carpet. The composition of these three materials are 30%, 50% and 20%, respectively, so the characteristic of wastewater is dominated by COD and TDS. Integrated method of coagulation-flocculation and silica-activated carbon filter is the appropriate choice as pollutant processing unit. Coagulation basin was made in form of cylindrical tube with 2.5 m<sup>3</sup> capacity, while the silica-activated carbon filter was packed in two vertical tubes with 50 L capacity per tube. Coagulation-flocculation process was carried out by addition of alum and anion in batch system and subsequently followed by sedimentation and aeration. Silica-activated carbon vertical filter, as the last stage of processing unit, was operated with an upflow continuous system. COD and TDS reductions were 92% and 74%, respectively, at a dose of 0.8 Kg/m<sup>3</sup> alum, 0.35 Kg/m<sup>3</sup> lime and 0.4 g/m<sup>3</sup> anion, aeration with HRT of 15 minutes and flow rate of 6 L / min in silica-activated carbon filter.

© 2017 BBT PPI. All rights reserved.

\*Alamat korepondensi :

E-mail : [arismukimin@gmail.com](mailto:arismukimin@gmail.com) (A. Mukimin)

## 1. PENDAHULUAN

Proses pembuatan karpet tergolong dalam industri tekstil yang dicirikan pada penggunaan air berjumlah besar khususnya pada tahap persiapan dan pewarnaan (Demmin dan Uhrich, 1988). Jenis manufaktur karpet sangat bervariasi yang tergantung pada komoditas produk yang dihasilkan. Karpet otomotif menjadi salah satu jenis produk karpet yang dalam proses produksinya menggunakan bahan baku berupa latek, kapur dan air. Ketiga bahan itu mempunyai komposisi 30% lateks, 50% kapur dan 20% air sehingga berimplikasi pada karakteristik air limbah yang dihasilkan. Jenis dan formula bahan baku tersebut menjadikan COD dan TDS merupakan dua parameter yang dominan pada buangan limbah dari sisa produksi dan pencucian alat proses.

Teknologi koagulasi-flokulasi merupakan metode sederhana yang banyak dipakai untuk mengolah air limbah palm oil (Ahmad dkk., 2005), tekstil (Meric dkk., 2005; Sklokar dkk., 1998), abattoir (Amuda dan Alade, 2006), pulp kertas (Wang dkk., 2011), farmasi (Crisnaningtyas dan Vistanty, 2016). Keuntungan utama metode konvensional ini bahwa molekul polutan tidak didekomposisi sehingga senyawa berbahaya dan beracun tidak akan terbentuk di produk pengolahan (Golob dkk., 2005). Koagulan-flokulan digunakan dengan tujuan mendestabilisasi material koloid sehingga senyawa berukuran kecil itu beraglomerasi membentuk flok besar yang mudah mengendap (Amuda dan Amoo, 2007). Efisiensi proses koagulasi-flokulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan dosis (Desjardins dkk., 2002; Hu dkk., 2005; Nandy dkk., 2003; Spicer dan Pratsinis, 1996; Wang dkk., 2002), pH (Elmaleh dkk., 1996; Miller dkk., 2008; Syu dkk., 2003), kecepatan pengadukan dan waktu (Gurses dkk., 2003), temperatur (Howe dkk., 2006; Zhu dkk., 2004). Wang dkk (2007 dan 2009) menyebutkan bahwa tawas merupakan koagulan konvensional yang mempunyai banyak keuntungan. Selain harganya yang murah, koagulan ini mudah membentuk  $Al(OH)_3$  pada daerah pH 6–8 yang dapat berperan sebagai

netralisasi muatan dan *sweep-floc*. Koagulan tawas ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) mempunyai kemampuan yang lebih baik dibanding ferro sulfat ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) ketika diaplikasikan untuk limbah dyebaths pada pH sekitar netral (Golob dkk., 2005). Kelemahan utama metode koagulasi-flokulasi yang terbesar yaitu terbentuknya produk sludge yang dihasilkan (Virma dkk., 2012).

Teknologi adsorpsi karbon aktif oleh Slokar & Marechal (1998) dan Koch dkk (2002) tergolong sebagai metode konvensional dalam pengolahan air limbah. Karbon aktif sangat efektif dalam penghilangan klorin, sedimen, organik volatil, bau dan rasa. Material karbon digunakan secara luas sebagai adsorben gas dan cair (Hameed dkk., 2007) karena kapasitas adsorpsi yang tinggi yang disediakan oleh sifat struktur porinya (Mukimin dkk., 2015). Adsorpsi pada karbon aktif efektivitasnya akan meningkat sebanding dengan luas permukaan yang menjadi tempat interaksi senyawa-senyawa polutan (Faria dkk., 2004). Proses interaksi polutan yang tergolong dalam kelompok senyawa anorganik juga dapat berlangsung tepatnya di bagian rongga pori-pori hingga batas kejenuhan (Hamidi dkk., 2011 dan Hariastuti dkk., 2016).

Pengolahan air limbah dengan integrasi telah banyak dipelajari dan diaplikasikan seperti penggabungan UASB dengan elektrokoagulasi (Vistanty dkk., 2015), koagulasi–SBR (Dosta dkk., 2008), koagulasi-karbon aktif (Dialynas dan Diamadopaulos, 2008; Quaissa dkk., 2012). Teknologi integrasi koagulasi dengan adsorpsi telah mampu menurunkan polutan dalam bentuk kekeruhan dan COD. Dialynas dan Diamadopaulos (2008) yang mengolah air limbah domestik dengan koagulasi-adsorpsi telah mampu menurunkan COD 25% dan kekeruhan 90%. Sementara itu Quaissa dkk (2012) dengan menggunakan teknologi integrasi yang sama untuk mengolah air limbah penyamaan kulit telah mampu menurunkan kekeruhan sebesar 96% dan COD 75%, berbeda jika hanya menggunakan koagulasi (25%) dan adsorpsi karbon aktif (50%).

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah air limbah industri karpet menggunakan teknologi integrasi koagulasi-flokulasi dan filtrasi silika-karbon aktif. Jenis dan dosis

koagulan-flokulan serta konsentrasi kapur menjadi variabel pada proses *jar test* dengan kandungan COD dan TDS sebagai parameter indikator. Kondisi operasi optimum diimplementasikan pada unit IPAL skala penuh yang terpasang di industri. Parameter baku mutu digunakan untuk mengevaluasi kinerja IPAL terpasang tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

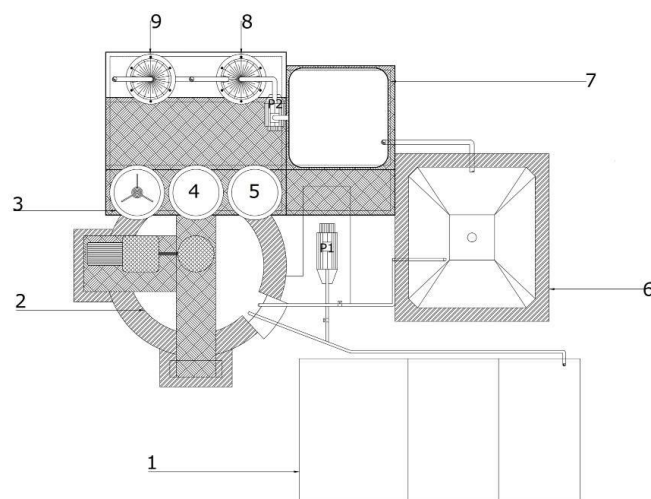
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: air limbah industri karpet di Semarang Jawa Tengah Indonesia, tawas 10% (w/v), ferri klorida 10% (w/v), kapur tohor 5% (w/v), polimer anion, silika, karbon aktif dan reagen-reagen kimia yang dipakai dalam analisis sampel. Semua bahan kimia tersebut berspesifikasi teknis kecuali untuk reagen analisis. Instrumen *jar test*, pH meter dan beker gelas merupakan peralatan yang digunakan selain unit IPAL dalam *full scale* sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.

### 2.2. Prosedur Penelitian

Metode *jar-test* digunakan untuk menginvestigasi jenis dan dosis koagulasi-flokulasi hingga diperoleh kondisi optimum. Sampel air limbah dibagi ke beberapa beker gelas 1000 mL dan ditambahkan tawas 10% atau ferri klorida

10% dalam berbagai variasi volume. Larutan kapur tohor 5% ditambahkan pula dalam beberapa variasi volum sebelum dilakukan pengadukan dengan kecepatan 120 rpm selama 5 menit. Flokulan anion 0,01% ditambahkan ke masing-masing beker gelas kemudian diaduk dengan kecepatan 30 rpm selama 3 menit, dan didiamkan selama 2 jam sehingga koagulan mengendap sempurna. Air limbah terproses diukur kandungan COD, DHL, dan TDS menggunakan metode penentuan yang mengacu pada *standar method*.

Formula terbaik dari proses *jar-test* diaplikasikan untuk pengolahan air limbah dengan unit berdimensi *full scale*. Air limbah dipompa dari ekualisasi ke bak koagulasi hingga volume 2,45 m<sup>3</sup>, ditambahkan 20 L tawas 10% dan 17 L kapur 5% kemudian diaduk dengan kecepatan 120 rpm selama 10 menit. Flokulan 0,01% sebanyak 10 L ditambahkan dan diaduk dengan kecepatan 30 rpm selama 5 menit, lalu didiamkan selama 2-3 jam. Air limbah terproses dipompa ke bak aerasi dan dilakukan pemberian suplai udara selama 15 menit setelah itu dialirkan ke dalam tangki vertikal filter silika dan dilanjutkan ke karbon aktif dengan kecepatan 6 L/menit. Kualitas air limbah terolah diketahui dengan mengukur kandungan polutan berdasarkan baku mutu air limbah industri golongan I.



**Gambar 1.** Unit IPAL terintegrasi koagulasi-flokulasi dengan filter silika-karbon aktif pada skala penuh: ekualisasi (1), koagulasi-flokulasi (2), koagulasi tawas (3), nitrifikasi kapur (4), flokulan anion (5), sedimentasi (6), aerasi (7), filtrasi silika (8) dan filtrasi karbon aktif (9)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Karakterisasi Air Limbah Karpet

Industri karpet menggunakan bahan baku proses berupa latek, kapur dan air. Karakteristik effluen air limbah industri ini sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakterisasi air limbah industri karpet

NO	Parameter	Konsentrasi (mg/L)		
		I	II	III
Fisika				
1	Temperatur (°C)	30	30	30
2	pH	8,23	8,15	8,04
3	TSS	325	255	286
4	TDS	4302	3915	4288
Kimia				
5	Besi terlarut	1,86	2,11	2,01
6	Mangan	0,156	0,266	0,178
7	Sulfida	0,09	0,09	0,07
8	BOD	250	256	221
9	COD	747,2	816,9	702,4
10	Nitrit	5,51	6,12	4,56
11	MBAS	3,59	3,23	2,45

Kode I, II, III mewakili waktu pengambilan, yaitu I (20-09-2015), II (5-10-2015), III (2-11-2015)

Berdasarkan pada hasil karakterisasi air limbah di Tabel 1 TSS, TDS, BOD dan COD merupakan parameter dominan. Kisaran untuk parameter-parameter tersebut berada pada 255 – 325 mg/L untuk TSS, 3915-4302 mg/L untuk TDS, 221-256 mg/L untuk BOD dan 702-816 mg/L untuk COD. Tingginya kandungan TSS dan TDS dimungkinkan berasal dari penggunaan kapur pada proses produksi, sedangkan besarnya konsentrasi BOD dan COD disebabkan oleh pemakaian lateks. Hasil pengukuran Tabel 1 juga menunjukkan informasi fluktuasi kualitas air limbah yang tidak besar. Performa kandungan polutan yang tidak terlalu variatif ini dimungkinkan siklus produksi yang bersifat tetap dengan formula yang relatif sama. Kestabilan kandungan air limbah ini akan membantu pada proses pengolahan baik di aspek pemilihan teknologi maupun kondisi operasi yang diterapkan.

#### 3.2. Penentuan Jenis dan Dosis Koagulan-Flokulan Optimal

Karakter air limbah yang sangat keruh dengan sumber utama polutan berasal dari latek dan kapur menguatkan pilihan bahwa koagulasi dan flokulasi menjadi teknik pengolahan yang tepat. Pemilihan jenis koagulan dan dosis koagulan menjadi faktor yang menentukan terhadap optimalisasi proses. Data penurunan polutan oleh koagulan tawas dan ferri klorida dengan berbagai variabel disajikan pada Tabel 2.

Data analisis kandungan COD untuk berbagai macam variasi dosis pada Tabel 2 telah menunjukkan bahwa metode koagulasi sangat efektif mengolah polutan yang ada dalam air limbah. Hal ini berdasar pada besar reduksi COD direntang nilai 94,11 – 94,86%. Penurunan COD oleh koagulan tawas berlangsung melalui pembentukan  $Al(OH)_3$  sebagaimana reaksi yang telah dijelaskan oleh MetCalf dan Eddy (1991).  $Al(OH)_3$  yang terbentuk merupakan senyawa yang berperan dalam proses koagulasi melalui adsorpsi partikel-partikel penyumbang COD dan TDS. Wang dkk (2011) telah menjelaskan bahwa netralisasi muatan dan *sweep-floc* adalah dua mekanisme utama yang terpenting untuk agregasi partikel-partikel dalam proses koagulasi.

Reaksi pembentukan  $Al(OH)_3$  berlangsung karena adanya  $Ca(HCO_3)_2$  yang ditambahkan. Pada studi investigasi ini peran alkalinitas  $Ca(HCO_3)_2$  dilakukan oleh larutan kapur  $Ca(OH)_2$  yang ditambahkan ketika proses koagulasi berlangsung. Perubahan penambahan larutan kapur telah mempengaruhi hasil penurunan COD. Chang dkk (1993) menyampaikan bahwa pengaturan pH sebagai efek langsung dari penambahan larutan kapur, berimplikasi pada netralisasi muatan ketika proses koagulasi. pH 6-8 merupakan daerah untuk pembentukan  $Al(OH)_3$  amorphous, dimana pada Ph tersebut efektif mengadsorpsi partikel polutan kedalam endapan  $Al(OH)_3(s)$  berlangsung melalui mekanisme *sweep-floc*.

Berdasarkan data Tabel 2 pula diketahui bahwa antara koagulan tawas dengan ferri klorida mempunyai performa penurunan COD yang berhimpit atau relatif sama ( $S_R=0,17$ ). Ada kecenderungan hasil COD yang terproses

dengan menggunakan tawas sedikit lebih besar dari pada ferri klorida. Hasil yang sama juga diperoleh oleh Crisnangingtyas dan Vistanty (2016) dimana reduksi COD dengan menggunakan tawas mencapai 66%, sementara besi hanya 40%. Capaian hasil reduksi COD ini sangat memungkinkan dipengaruhi oleh ketepatan dosis kapur yang diberikan untuk masing-masing koagulan serta sifat suspensi air limbah.

Penurunan konsentrasi COD dari proses koagulasi-flokulasi oleh koagulan tawas sangat signifikan sehingga menarik untuk dilakukan optimalisasi dosis. Investigasi dosis tepat dilakukan untuk koagulan jenis tawas karena berdasar pada tinjauan ekonomis koagulan ini jauh lebih murah dibanding dengan ferri klorida, sementara itu nilai penurunan COD dari keduanya tidak terlalu beda jauh.

Hasil optimalisasi dosis koagulan tawas pada proses koagulasi air limbah karpet disajikan sebagaimana Tabel 3.

Optimalisasi dosis koagulasi-flokulasi ditentukan melalui parameter TDS, hal ini berdasar pada kandungan polutan air limbah yang besar untuk parameter tersebut selain COD. Variasi konsentrasi tawas 10% diinterval 8, 10, dan 12 mL mempunyai nilai perbedaan TDS yang tidak terlalu besar. Dosis terbaik berdasarkan hasil kandungan TDS diperoleh ketika dilakukan penambahan tawas 8 mL dan kapur 7 mL. Kecenderungan nilai TDS yang berkurang ketika dosis tawas yang diberikan relatif besar dimungkinkan oleh ketidakstabilan koloid yang terbentuk akibat penyerapan  $AL^{3+}$  berbalik dari negatif menjadi positif sehingga partikel tidak stabil dan flok akan pecah kembali sebagaimana hasil yang diperoleh (Ghaly dkk., 2006; Crisnangingtyas dan Vistanty, 2016).

**Tabel 2.** Penurunan COD pada proses koagulasi-flokulasi air limbah karpet untuk berbagai dosis tawas dan ferri klorida

No	Bahan	Percobaan						
		0	1	2	3	4	5	6
1	Sampel (mL)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	Tawas 10% (mL)	-	12	10	8	-	-	-
3	Ferri Klorida 10% (mL)	-	-	-	-	12	10	8
4	Kapur 5% (mL)	-	13	10	7	8	6	4
5	Anion 0,01% (mL)	-	4	4	4	4	4	4
	COD (mg/L)	747,2	38,4	40,0	40,4	43,2	39,2	44
	Penurunan COD (%)	0	94,86	94,65	94,59	94,22	94,75	94,11

**Tabel 3.** Data kualitas TDS air limbah industri karpet terolah dengan koagulan tawas pada berbagai dosis

No	Bahan	Percobaan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Sampel (mL)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	Tawas 10% (mL)	-	8	8	8	10	12	12	12	14
3	Kapur 5% (mL)	-	5	6	7	8	7	8	9	10
4	Anion 0,01% (mL)	-	4	4	4	4	4	4	4	4
	DHL (jtS/cm)	8540	1515	1508	1482	1545	1685	1628	1667	2065
	TDS (mg/L)	4302	742	739	730	759	819	802	817	1003

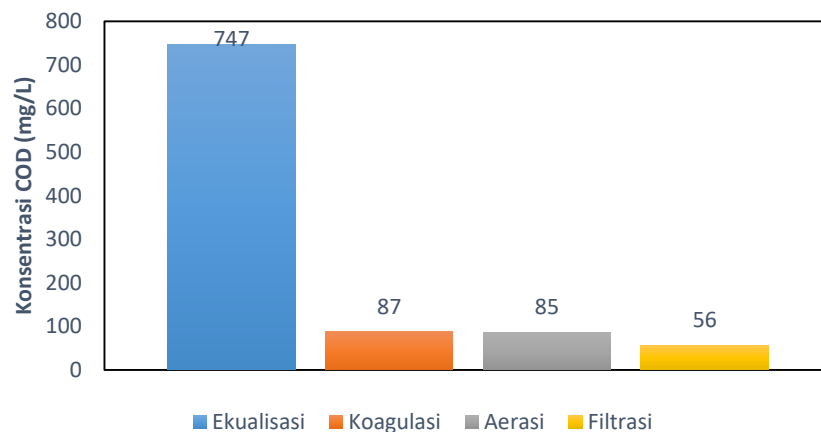
### 3.3. Aplikasi Koagulan-Flokulan pada Unit Pengolah Full Scale

Berdasarkan uji *jar-test* yang dilakukan maka tawas, kapur dan polimer anion menjadi pilihan terbaik untuk mengolah air limbah industri karpet. Dosis terbaik yang diperoleh kemudian diaplikasikan sehingga diperoleh tren perubahan konsentrasi polutan pada masing-masing tahap proses sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

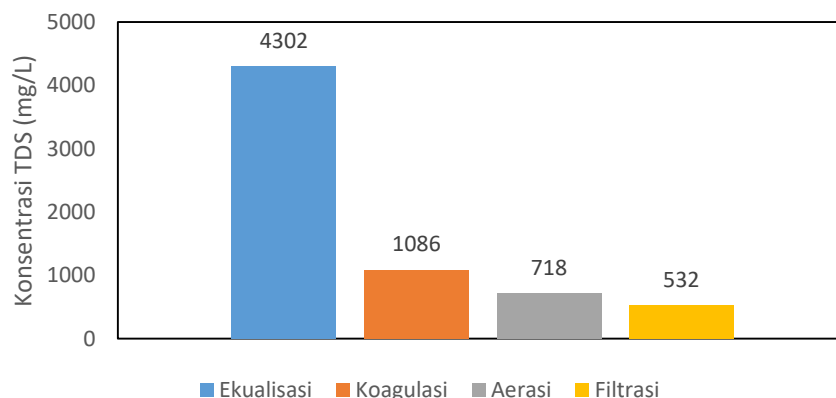
Data hasil uji sebagaimana termuat pada Gambar 2 menunjukkan secara jelas bahwa penurunan konsentrasi COD dan TDS cukup signifikan. Reduksi terbesar kandungan kedua polutan tersebut diperoleh dari tahap koagulasi yaitu sebesar 88% untuk COD dan 75% untuk TDS. Besarnya penurunan ini membuktikan bahwa proses koagulasi-flokulasi dapat berlangsung secara baik pada unit IPAL skala penuh, namun jika dibandingkan dengan hasil

dari skala *jar test* memang lebih rendah (94 % menjadi 75%). Hal ini kemungkinan dikarenakan oleh perbedaan rasio dimensi reaktor *jar test* dan reaktor skala penuh yang jauh lebih besar menyebabkan hambatan kesempurnaan proses (rasio perbesaran volume 1:2450).

Penurunan COD dan TDS pada proses aerasi tidak terlalu besar dibandingkan proses koagulasi-flokulasi. Hasil reduksi oleh proses tersebut sebesar 2,3% untuk COD dan 34% untuk TDS. Penurunan kandungan TDS yang relatif besar disebabkan oleh reaksi pengendapan ion kalsium oleh karbon dioksida yang terdapat dalam udara blower. Persamaan reaksi pengendapan kalsium oleh karbon dioksida telah disampaikan Morales-Florez dkk (2015). Kalsium karbonat yang terbentuk akan mengendap setelah melewati nilai hasil kali kelarutan senyawa tersebut ( $K_{sp}$ ) sebesar  $6,0 \times 10^{-9}$ .



(a)



(b)

Gambar 2. Tren penurunan COD (a) dan TDS (b) pada masing-masing tahapan proses pengolahan

Tahap filtrasi silika-karbon aktif juga telah menurunkan kandungan polutan sebesar 34% COD dan 34% TDS. Reduksi COD oleh karbon aktif berlangsung melalui adsorpsi partikel polutan di permukaan (Faria dkk., 2004). Begitu pula penurunan TDS, kation-anion yang ada akan teradsorpsi pada pori-pori material karbon aktif.

Efektivitas pengolahan air limbah oleh unit IPAL koagulasi-flokulasi terintegrasi filter silika-karbon menarik untuk diinvestigasi konsistensi kinerjanya. Data hasil pengolahan air limbah industri karpet oleh unit IPAL tersebut disajikan pada Tabel 4.

Data hasil pengukuran sebagaimana Tabel 4 telah menunjukkan konsistensi kinerja pengolahan IPAL. Semua kandungan polutan telah berada di bawah batas konsentrasi maksimum yang dipersyaratkan dalam PERDA Jateng NO 5 Tahun 2012 (BMAL Golongan I). Data hasil uji TDS Tabel 4 memberikan kecenderungan yang berbeda dibanding parameter yang lain. Kandungan TDS selalu naik dari monitoring pertama, kedua dan ketiga. Kenaikan TDS di setiap rentang monitoring disebabkan oleh penurunan ruang adsorpsi karbon aktif yang berada dalam filter. Pola peningkatan ini dapat digunakan sebagai alat prediksi umur pakai filter sehingga upaya regenerasi harus disiapkan.

**Tabel 4.** Hasil pengukuran kualitas air limbah terproses dari unit pengolah *full scale* berdasarkan beberapa parameter baku mutu yang berlaku

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran (bulan)			Baku Mutu
			1	2	3	
1	TDS	mg/L	864	1044	1211	2000
2	TSS	mg/L	23	19	18	100
3	pH	-	8,04	6,89	7,24	6,0-9,0
4	Besi terlarut	mg/L	<0,01	0,045	<0,01	5
5	Mangan terlarut	mg/L	0,024	<0,01	<0,01	2
6	Sulfida	mg/L	0,003	0,007	0,013	0,05
7	Nitrit	mg/L	0,006	0,004	0,004	1
8	BOD	mg/L	18,03	16,39	17,26	50
9	COD	mg/L	87,12	98,66	60,91	100
10	MBAS	mg/L	0,394	0,112	0,301	5

#### 3.4. Analisis biaya

Biaya pengolahan bersumber pada penggunaan bahan, listrik dan operator. Pada penelitian ini analisis biaya dihitung hanya berdasar pada pemakaian bahan yang terdiri dari tawas, kapur dan anion. Koagulan tawas yang dibutuhkan untuk satu meter kubik air limbah rata-rata sebesar 0,8 Kg, dimana 1 Kg nya seharga Rp 4.875 sehingga besar pengeluaran untuk bahan ini Rp 3.900/m<sup>3</sup>. Kuantitas kapur yang diperlukan sekitar 0,35 Kg yang berharga Rp. 19.428/Kg sehingga biaya yang muncul sebanyak Rp. 6.800/m<sup>3</sup>. Adapun anion jumlah konsumsinya kurang lebih 0,4 g/m<sup>3</sup> bila harga anion tersebut Rp. 180/g maka ongkos pembeliannya kurang lebih Rp. 72/m<sup>3</sup>. Berdasar hasil perhitungan-perhitungan tersebut maka total biaya dari

pembelian bahan sekitar Rp. 10.772/m<sup>3</sup> selain karbon filter yang secara periodik harus diregenerasi.

#### 4. KESIMPULAN

Air limbah industri karpet dominan mengandung polutan COD dan TDS yang disebabkan oleh penggunaan bahan baku latek dan kapur. Integrasi teknologi koagulasi dengan filtrasi merupakan pilihan metode pengolahan yang tepat untuk mengolah air limbah tersebut. Tawas dan polimer anion merupakan jenis koagulan dan flokulan yang tepat, sementara itu silika dan karbon aktif menjadi material filtrasi yang efektif. Teknologi integrasi ini telah mampu menurunkan COD dan TDS pada IPAL skala penuh

hingga 92% dan 74% dengan dosis tawas 0,8 Kg/m<sup>3</sup>, kapur 0,35 Kg/m<sup>3</sup>, anion 0,4 g/m<sup>3</sup> dan 15 menit HRT aerasi serta laju alir 6 L/menit di filter silika-karbon aktif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana berkat dukungan dana kerjasama antara Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri dengan PT Herculon Carpet yang tertuang dalam Kontrak Kerja No 411/BPKIMI/BBTPPI/SPK/IV/2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad AL., Ismail S., Bhatia S., 2005, Optimization of coagulation-flocculation process for plan oil mill effluent using response surface methodology, *Environ Sci Technol* 39: 2828-2834.
- Amuda OS., Alade A., 2006, Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater, *Desalination* 196: 22-31.
- Chang Q., Fu JY., Li ZL., 1993, Principles of flocculation, Lanzhou University Press, Lanzhou, China.
- Demmin TR., Uhrich KD., 1988, Improving carpet wastewater treatment, Andco Environmental Processes Inc, Amherst, New York.
- Desjardins C., Koudjonou B., Desjardins R., 2002, Laboratory study of ballasted flocculation, *Water Res* 36: 744-754.
- Dosta J., Rovira J., Gali A., Mace S., Mata-Alvarez J., 2008, Integration of a Coagulation/Flocculation step in a biological sequencing batch reactor for COD and nitrogen removal of supernatant of anaerobically digested piggery wastewater, *Bioresource Technol* 99: 5722-5730.
- Elmaleh S., Yahi H., Coma J., 1996, Suspended solids abatement by pH increase-upgrading of an oxidation pond effluent, *Water Res* 30: 2357-2362
- Ghaly A., Snow A., Faber B., 2006, Treatment of grease filter wastewater by chemical coagulation, *Canadian Bio Eng* 48: 12-22.
- Golob V., Vinder A., Simonic M., 2005, Efficiency of the coagulation/flocculation method for the treatment of dyebath effluents, *Dye and Pigments* 67: 93-97.
- Gurses A., Yalcin M., Dogar C., 2003, Removal of remazol red RB by using Al(III) as coagulant-flocculant: effect of some variables on settling velocity, *Water Air Soil Poll* 146: 297-318.
- Hameed BH., Din ATM., Ahmad AL., 2007, Adsorption of methylene blue onto bamboo-based activated carbon: Kinetics and equilibrium studies, *J Hazard Mater* 141: 819-825.
- Hariastuti N., Djayanti S., Rame, 2016, Pengaruh waktu kontak terhadap daya adsorpsi karbon aktif pada pengembangan teknologi proses purifikasi biogas, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* 7: 57-65.
- Howe KJ., Marwah A., Chiu KP., Adham SS., 2006, Effect of coagulation on the size of MF and UF membrane foulants. *Environ Sci Technol* 40: 7908-7913.
- Hu C., Liu H., Qu J., Wang D., Ru J., 2005, Coagulation behavior of aluminum salts in eutrophic water: significance of Al<sub>13</sub> species and pH control, *Environ Sci Technol* 40: 325-331.
- MetCalf dan Eddy, 1991, Wastewater engineering treatment, disposal and reuse, McGraw-Hill, New York.
- Meric S., Selcuk H., Belgionrno V., 2005, Acute toxicity removal in textile finishing wastewater by fenton's oxidation, ozone and coagulation-flocculation processes, *Water Res* 39: 1147-1153.
- Miller SM., Fugate EJ., Craver VO., Smith JA., Zimmerman JB, 2008, Toward understanding the efficacy and mechanism of opuntia spp as a natural coagulant for potential application in water treatment, *Environ Sci Technol* 42: 4274-4279.
- Morales-Florez V., Santos A., Romero-Hermida I., Esquivias L., 2015, Hydration and carbonation reactions of calcium oxide by weathering: kinetics and changes in the nanostructure, *Cheml Eng J* 265: 194-200.



- Mukimin A., Vistanty H., Crisnaningtyas F., 2015, Physico-chemical treatment to enhancing electroactivity properties of coconute shell-based carbon electrode, *Int J Appl Chem* 11: 553-565.
- Nandy T., Shastry S., Pathe PP., kaul SN., 2003, Pre-treatment of currency printing ink wastewater through coagulation-flocculation process, *water Air Soil Poll* 148: 15-30.
- Quaissa YA., Chabani M., Amrane A., Bensmaili A., 2012, Integration of electro coagulation and adsorption for the treatment of tannery wastewater-the case of an Algerian factory Rouiba, *Procedia Engineering* 33: 98-101.
- Spicer PT., Pratsinis SE., 1996, Shear-induced Flocculation: the evaluation of floc structure and the shape of the size distribution at steady state, *Water Res* 30: 1049-1056.
- Syu M., Chen B., Chou S., 2003, A study on the sedimentation model and neural network online adaptive control of a benzoic acid imitated wastewater oxidation process. *Ind Eng Chem Res* 42: 6862-6871.
- Vistanty H., Mukimin A., Handayani NI., 2015, Pengolahan air limbah industri karton box dengan metode integrasi UASB dan elektrokoagulasi-flotasi, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* 6: 1-8.
- Wang DS., Tang HX., Gregory J., 2002, relative importance of charge neutralization and precipitation on coagulation of kaolin with PACl: effect of sulfate ion, *Environl Sci Techn* 36: 1815-1820.
- Wang JP., Chen YZ., Ge XW., Yu HQ., 2007, Optimization of coagulation-flocculation process for a paper-recycling wastewater treatment using response surface methodology, *Colloids Surfaces A* 302: 204-210.
- Wang JP., Chen YZ., Yuan SJ., Sheng GP., Yu HQ., 2009, Synthesis and characterization of a novel cationic chitosan-based flocculant with a high water-solubility for pulp mill wastewater treatment, *Water Rese* 43: 5267-5275.
- Wang JP., Chen YZ., Wang Y., Yuan SJ., Yu HQ., 2011, Optimization of the coagulation-flocculation process for pulp mill wastewater treatment using a combination of uniform design and response surface methodology, *Water Res* 45: 5633-5640.
- Zhu K., El-Din MG., Moawad AK., Bromley D., 2004, Physical and chemical processes for removing suspended solids and phosphorus from liquid swine manure, *Environ Technol* 25: 1177-1187.

