

PENGOLAHAN LIMBAH PERENDAMAN KARET RAKYAT DENGAN METODE KOAGULASI DAN FLOKULASI MENGUNAKAN $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ DAN PAC

*(Rubber Immersion Wastewater Treatment from Small Scale Industries with
Coagulation and Flocculation Method using $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ and PAC)*

Riskawanti¹, Loveana Brena Honesty¹, Chairul Irawan¹ dan Andri Taruna²

¹ Progam Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru Kalimantan Selatan 70714, Indonesia

² Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru
Jl. Panglima Batur Barat No. 2 Banjarbaru Kalimantan Selatan 70711, Indonesia
e-mail: andri.taruna@gmail.com

Naskah diterima 14 Januari 2016, revisi akhir 2 Mei 2016 dan disetujui untuk diterbitkan 10 Mei 2016

ABSTRAK. Karet merupakan salah satu komoditas penting di Provinsi Kalimantan Tengah dengan total produksi lebih dari 220.000 ton di tahun 2013. Permasalahan dalam produksi karet rakyat adalah limbah cair dari perendaman karet yang biasanya dibuang langsung ke badan air. Salah satu metode pengolahan limbah cair perendaman karet adalah dengan proses koagulasi-flokulasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis dan dosis koagulan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC dengan dosis masing-masing sebesar 2 g/L, 4 g/L dan 8 g/L terhadap proses pengolahan limbah perendaman karet dengan metode koagulasi-flokulasi berdasarkan parameter COD, BOD₅, TSS, TDS dan warna sebelum dan sesudah pengolahan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Jar-Test pada pengadukan cepat 200 rpm selama 3 menit, dilanjutkan pada pengadukan lambat 50 rpm selama 10 menit dan pengendapan selama 1 jam. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa PAC lebih baik dalam mereduksi konsentrasi COD, BOD₅, TSS, TDS dan warna. Dosis yang disarankan berdasarkan penelitian ini sebesar 4 g/L. Konsentrasi COD, BOD₅, TSS, TDS dan warna limbah perendaman karet sebelum proses koagulasi dan flokulasi belum memenuhi baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995. Setelah diolah, didapatkan konsentrasi COD, BOD₅ dan TSS berturut-turut sebesar 37,07 mg/L, 14,29 mg/L dan 24,00 mg/L yang telah memenuhi standar baku mutu limbah cair karet tetapi pada konsentrasi TDS 514,00 mg/L dan warna 106,00 PtCO masih belum memenuhi standar baku mutu limbah cair karet sehingga perlu pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang.

Kata kunci: $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, koagulasi-flokulasi, limbah perendaman karet, PAC

ABSTRACT. Rubber is one of important commodities in Central Kalimantan with more than 220.000 tons productions in 2013. However, the rubber immersion wastewater which has been discharged into the water body becomes problem. This research aims to know the effect of $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ and PAC as coagulant in doses 2 g/L, 4 g/L and 8 g/L to reduce COD, BOD₅, TSS, TDS and color concentration of the wastewater. Jar-Test was used with rapid mixing 200 rpm for 3 minute and slow mixing 50 rpm for 10 minute then settled for 1 hour. The results showed that PAC with the dose of 4 g/L was better in reducing the COD, BOD₅ and TSS than $FeCl_3$ and $Al_2(SO_4)_3$. After coagulation-flocculation, COD, BOD₅ and TSS are 37,07 mg/L, 14,29 mg/L and 24,00 mg/L, respectively. On the other hand, TDS and color value showed higher concentration than standard with 514,00 mg/L and 106,00 PtCo, respectively.

Keywords: $Al_2(SO_4)_3$, coagulation-flocculation, $FeCl_3$, PAC, rubber immersion wastewater

1. PENDAHULUAN

Karet merupakan salah satu komoditas penting di Provinsi Kalimantan Tengah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2014), produksi karet Kalimantan Tengah pada tahun 2013 adalah sekitar 220.000 ton. Di Kalimantan Tengah, sebagian besar karet masih diolah secara konvensional yang dikenal dengan karet rakyat yaitu getah direndam dalam air agar kualitasnya tidak turun ketika dijual ke perusahaan karet. Air perendaman karet ini harus diganti secara berkala karena sangat keruh dan sangat berbau. Air bekas perendaman karet akan dibuang ke lingkungan sebagai limbah cair karena jika tidak diolah berpotensi mencemari lingkungan akibat tingginya senyawa-senyawa organik yang terkandung di dalamnya.

Paramater baku mutu yang tercantum pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995 mensyaratkan buangan untuk *Biochemical Oxygen Demand 5 days* (BOD₅) maks. 150 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) maks. 300 mg/L, *Total Suspended Solid* (TSS) maks. 150 mg/L, *Total Dissolve Solid* (TDS) maks. 500 mg/L dan warna maks. 50 PtCo. Limbah cair pabrik karet mengandung komponen karet (protein, lipid, karotenoid dan garam anorganik) dan lateks yang tidak terkoagulasi selama pengolahan karet (Suwardin, 1989). Karakteristik limbah cair pabrik karet tersebut yaitu berwarna keruh dan berbau tidak enak. Adanya bahan-bahan organik tersebut menyebabkan nilai BOD₅ dan COD menjadi tinggi (Yulianti, 2005).

Terdapat beberapa metode pengolahan limbah cair karet yaitu *Aerobic Granular Sludge* (AGS), *Granule Sequencing Batch Reactor* (GSBR) dan koagulasi-flokulasi (Amuda, 2006; De Kreuk, 2004; Rosman, 2013). Koagulasi dan flokulasi merupakan metode yang paling memungkinkan untuk diterapkan pada pengolahan karet rakyat karena sederhana, ekonomis dan efektif (Tzoupanos, 2008). Destabilisasi partikel dalam air pada proses koagulasi terjadi

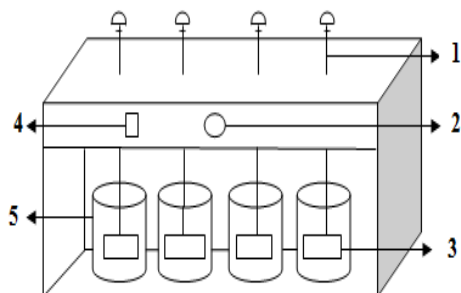
karena pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia yang disebut koagulan yang menghasilkan inti flok kemudian dilanjutkan dengan flokulasi dimana terjadi penggabungan inti-inti flok menjadi flok-flok yang lebih besar (Masduqi, 2012). Pada metode koagulasi dan flokulasi terdapat *Jar-Test* yang bertujuan untuk mengoptimalkan pengurangan polutan dengan cara mengevaluasi koagulan dan flokulan, menentukan dosis bahan kimia dan mencari pH yang optimal (Risdiyanto, 2007).

Proses koagulasi dan flokulasi terbukti dapat menurunkan konsentrasi COD dan TSS pada berbagai proses pengolahan air bersih dan limbah seperti pengolahan limbah cair rumah sakit dengan konsentrasi awal COD dan TSS berturut-turut sebesar 2277 mg/L dan 339 mg/L (Sonia, 2008), pengolahan limbah cair suatu industri dengan konsentrasi awal COD, BOD dan TSS berturut-turut sebesar 1176 mg/L, 802 mg/L dan 728 mg/L (Risdiyanto, 2007), pengolahan limbah air tempat pembuangan sampah kota dengan konsentrasi awal COD, BOD dan TSS berturut-turut sebesar 5350 mg/L, 1050 mg/L dan 0,48 mg/L (Tatsi, 2003) dan penjernihan air sungai untuk pengolahan air minum dengan konsentrasi awal TSS dan warna sebesar 0,0114 mg/L dan 1720 mg/L. Jenis koagulan yang sering digunakan di antaranya adalah aluminium (III) sulphat/alum/tawas ($Al_2(SO_4)_3$), kapur, ferrous (II) sulphate ($FeSO_4$), polialuminium klorida (PAC), tepung biji kelor, serbuk sekam padi dan lain-lain (Ramadhani, 2013). Selain itu, terdapat koagulan seperti ferric (III) chloride ($FeCl_3$) dan ferric (III) sulphate ($FeSO_4$) (Aziz, 2005; Sonia, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis dan dosis koagulan terhadap proses pengolahan air limbah perendaman karet berdasarkan metode koagulasi dan flokulasi serta mengetahui kondisi air limbah perendaman karet sebelum dan sesudah diolah berdasarkan parameter COD, BOD₅, TSS, TDS dan warna.

2. METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain *Jar-Test* seperti ditampilkan pada Gambar 1, *stopwatch*, pH meter, neraca analitik dan alat gelas. Bahan-bahan yang digunakan adalah air limbah, akuades, NaOH, aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), ferri klorida ($FeCl_3$) dan poli aluminium klorida (PAC).



- Keterangan:
 1. Pengaduk
 2. Speed Control
 3. Paddle
 4. Power
 5. Gelas Beker

Gambar 1. *Jar-test*

Limbah perendamaan karet dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambahkan koagulan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC pada masing-masing gelas dengan dosis 2 g/L, 4 g/L dan 8 g/L. Proses pengolahan dilakukan dengan pengadukan berkecepatan 200 rpm selama 3 menit. Kemudian kecepatan pengadukan dikurangi menjadi 50 rpm selama 10 menit dan ditambahkan NaOH untuk mengatur

pH larutan. Setelah pengadukan selesai dibiarkan selama 1 jam. Kemudian air limbah yang sudah diendapkan diambil dan dianalisis berdasarkan parameter COD, BOD_5 , TSS, TDS dan warna. Parameter tersebut diuji berdasarkan metode yang mengacu pada SNI 6989.72 (BOD_5) 6989.2 (COD) 6989.3 (TSS) 6989.27 (TDS) tahun 2009 dan SNI 6989.80 (warna) tahun 2011.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter limbah perendaman karet sebelum dan sesudah proses koagulasi dengan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi COD, BOD_5 , TSS, TDS, pH dan warna pada limbah perendaman karet sebelum dilakukan pengolahan belum memenuhi syarat baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995. Limbah perendaman karet yang diperoleh memiliki konsentrasi di atas baku mutu sehingga dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengaturan pH larutan perlu dilakukan dalam pengolahan limbah dengan metode koagulasi dan flokulasi. Jika proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH yang sesuai dapat mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan.

Tabel 1. Parameter limbah perendaman karet sebelum dan sesudah proses koagulasi dengan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC

Parameter	Baku Mutu	Awal	Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ (g/L)			Koagulan $FeCl_3$ (g/L)			Koagulan PAC (g/L)		
			2	4	8	2	4	8	2	4	8
COD (mg/L)	300	1490,2	95,18	76,76	69,08	78,29	59,87	52,19	73,85	47,66	37,07
BOD_5 (mg/L)	150	720	86,4	35,2	32	70,4	34,56	17,28	61,73	31,70	14,29
TSS (mg/L)	150	474	52	45	68	37	35	40	27	24	53
TDS (mg/L)	500	3864	542	992	1988	1058	1272	1562	514	966	2074
Warna (PtCo)	50	1050	139	134	175	163	136	164	106	106	189
pH	6-9	8,4	7±0,2	7±0,2	7±0,2	7±0,2	7±0,2	7±0,2	7±0,2	7±0,2	7±0,2

Hasil analisis pada Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa konsentrasi COD dalam limbah perendaman karet mengalami penurunan setelah limbah perendaman karet diolah dengan proses koagulasi dan flokulasi dengan konsentrasi awal sebesar 1490,2 mg/L. Penurunan tersebut terjadi pada penggunaan variasi koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 dan PAC dengan dosis 2 g/L, 4 g/L dan 8 g/L. Selain itu, konsentrasi COD yang dihasilkan juga telah memenuhi standar baku mutu limbah cair karet yaitu maksimal 300 mg/L (Kepmen, 1995). Penurunan konsentrasi COD tersebut disebabkan berkurangnya senyawa-senyawa organik yang dalam limbah karena partikel-partikel organik terdestabilisasi menjadi partikel yang bermuatan sehingga dapat berikatan dengan partikel-partikel koagulan membentuk endapan. Pada dosis 8 g/L, PAC mampu menurunkan konsentrasi COD menjadi 37,07 mg/L, FeCl_3 mampu menurunkan konsentrasi COD menjadi 52,20 mg/L, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mampu menghasilkan konsentrasi COD sebesar 69,08 mg/L.

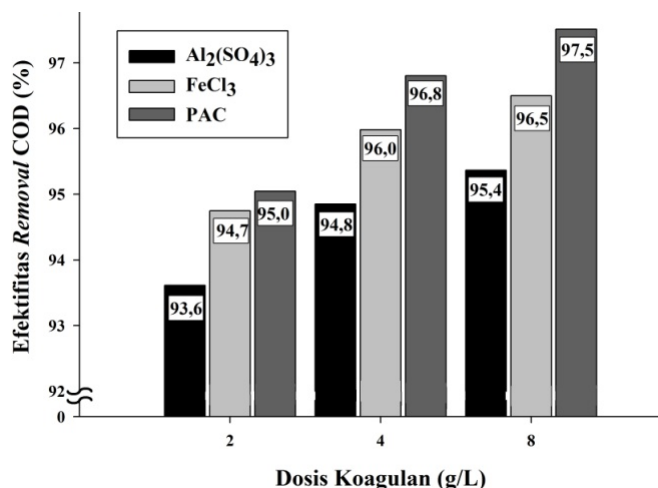
Konsentrasi BOD_5 juga mengalami penurunan setelah proses koagulasi (Tabel 1). Hal ini terjadi untuk setiap penggunaan koagulan dengan dosis 2 g/L, 4 g/L dan 8 g/L. Konsentrasi BOD_5 awal sebesar 720 mg/L turun menjadi 14,29 mg/L dengan penggunaan PAC 8 g/L, 17,30 mg/L didapat dengan penggunaan FeCl_3 pada dosis 8 g/L dan 32,00 mg/L dengan penggunaan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 8 g/L. Data tersebut menunjukkan bahwa setelah diolah, konsentrasi BOD_5 telah memenuhi standar baku mutu limbah cair karet maksimal sebesar 150 mg/L (Kepmen, 1995). Adapun penyebab konsentrasi BOD_5 yang menurun adalah partikel-partikel organik dalam limbah berkurang karena berikatan dengan partikel-partikel koagulan membentuk flok-flok dan menjadi endapan.

Hal yang berbeda terlihat pada parameter TSS. Data pada Tabel 1 menunjukkan konsentrasi TSS mengalami penurunan pada dosis koagulan 2 g/L dan 4 g/L namun terjadi kenaikan konsentrasi TSS pada dosis 8 g/L. Hal ini

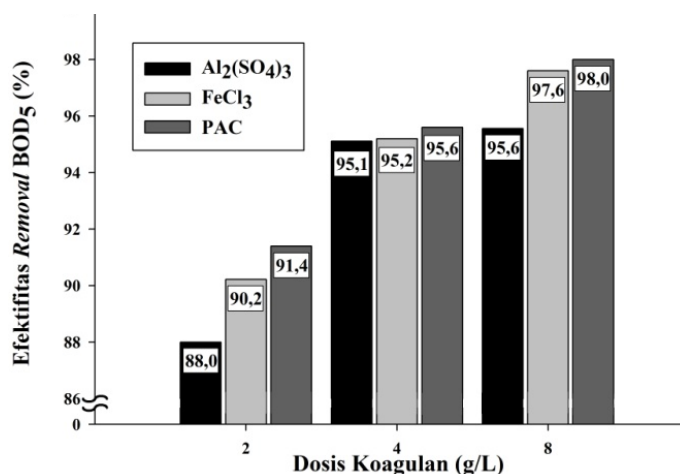
kemungkinan disebabkan karena tersuspensi kembali partikel-partikel limbah yang disebabkan oleh konsentrasi koagulan yang tinggi memberikan muatan positif ke permukaan partikel limbah sehingga terjadi dispersi kembali partikel limbah (Amuda, 2006). Meskipun terjadi kenaikan konsentrasi TSS pada dosis 8 g/L namun data analisis menunjukkan bahwa konsentrasi TSS untuk semua perlakuan telah memenuhi standar baku mutu limbah cair karet yaitu maksimal 150 mg/L dimana konsentrasi awal TSS sebesar 474 mg/L (Kepmen, 1995).

Konsentrasi TSS yang didapatkan setelah koagulasi dan flokulasi dengan penggunaan PAC dosis 4 g/L yaitu 24 mg/L, FeCl_3 dengan dosis 4 g/L sebesar 35,00 mg/L dan 45,00 mg/L dengan penggunaan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 4 g/L. Berdasarkan Tabel 1, konsentrasi TDS awal sebesar 3864 mg/L hanya mampu diturunkan menjadi 514,00 mg/L dengan penggunaan PAC 2 g/L, 542,00 mg/L dengan penggunaan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dosis 2 g/L dan 1058,00 mg/L dengan penggunaan FeCl_3 . Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil proses koagulasi dan flokulasi limbah perendaman karet dengan menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 dan PAC dosis 2 g/L, 4 g/L dan 8 g/L untuk parameter TDS belum memenuhi standar baku mutu limbah cair karet yaitu maksimal 500 mg/L (Kepmen, 1995).

Perilaku yang sama dengan parameter TSS ditunjukkan oleh parameter warna dimana konsentrasi warna mengalami penurunan pada dosis koagulan 2 g/L dan 4 g/L, tetapi terjadi kenaikan konsentrasi warna pada dosis 8 g/L. Kenaikan konsentrasi warna pada dosis 8 g/L kemungkinan terjadi akibat adanya kenaikan konsentrasi TSS dimana padatan yang kembali tersuspensi memberikan warna pada limbah yang sudah diolah. Konsentrasi warna dari 1050 PtCo turun menjadi 106,00 PtCo dengan penggunaan PAC 2 g/L dan 4 g/L, 134,00 PtCo dengan penggunaan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 4 g/L dan 136,00 PtCo dengan penggunaan FeCl_3 sebanyak 4 g/L. Hasil tersebut belum memenuhi standar baku mutu limbah cair karet yaitu



Gambar 2. Efektifitas *removal* COD (%) terhadap dosis koagulan (g/L) pada pH 7 dan temperatur ruang (25°± 2°C)



Gambar 3. Efektifitas *removal* BOD₅ (%) terhadap dosis koagulan (g/L) pada pH 7 dan temperatur ruang (25°± 2°C)

maksimal 50 PtCo. Pengaruh jenis koagulan dan dosis koagulan terhadap proses pengolahan limbah perendaman karet berdasarkan metode koagulasi dan flokulasi dapat dilihat dari Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa efektifitas *removal* COD dalam limbah lebih dari 90%. Merujuk pada hasil penelitian Tatsi, dkk. (2003), didapatkan efektifitas *removal* COD pada air lindi mencapai 80% pada penggunaan FeCl₃ dengan dosis optimum 2 g/L dan 66% pada penggunaan Al₂(SO₄)₃ 0,7 g/L. Untuk penelitian ini didapatkan efektifitas *removal* COD terbesar yaitu 97,5% pada penggunaan PAC 8 g/L, 96,5% pada penggunaan FeCl₃, dan 95,4% pada penggunaan Al₂(SO₄)₃ 8 g/L. Jadi dapat

disimpulkan bahwa dosis yang disarankan untuk *removal* COD terbaik adalah 8 g/L.

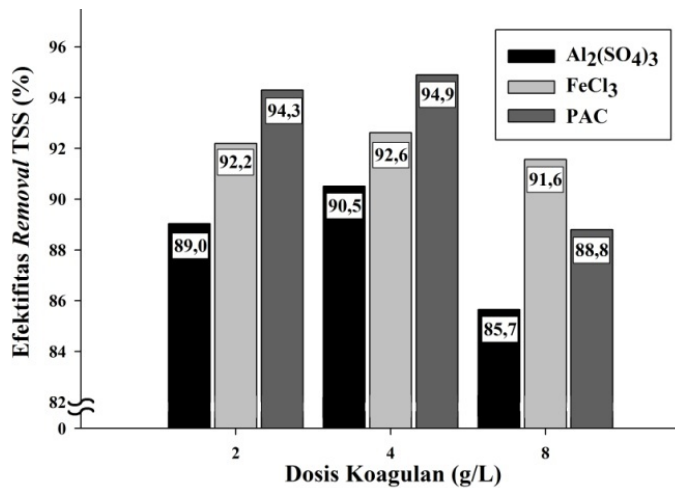
Pada Gambar 3 terlihat bahwa efektifitas *removal* BOD₅ dalam limbah pada penelitian ini lebih dari 85%. Adapun efektifitas *removal* BOD₅ terbesar adalah 98% dengan PAC 8 g/L, 97,6% untuk FeCl₃ 8 g/L dan 95,6% dengan Al₂(SO₄)₃ 8 g/L. Berdasarkan data tersebut, dosis yang disarankan untuk *removal* BOD₅ adalah 8 g/L. Hal ini terjadi karena apabila dosis koagulan semakin banyak dapat menyebabkan adanya peningkatan pembentukan presipitat antara partikel-partikel limbah yang bermuatan dengan partikel-partikel koagulan yang kemudian diikuti dengan peningkatan frekuensi tumbukan antar partikel sehingga dapat

membentuk flok yang lebih besar (Rachmawati, 2009).

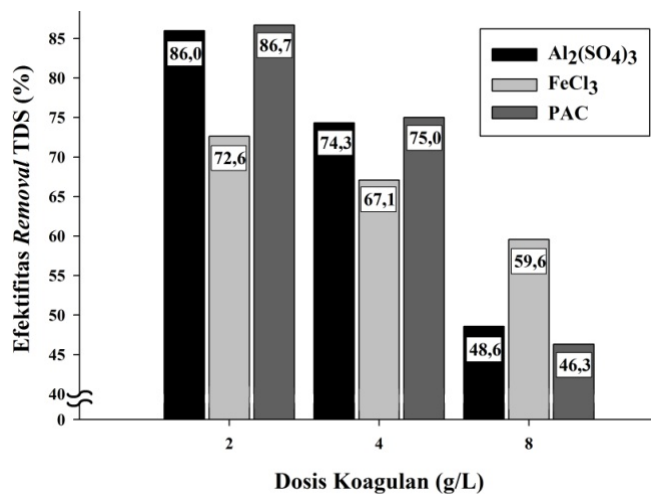
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa efektifitas *removal* TSS dalam limbah lebih dari 85%. Adapun dosis yang disarankan untuk *removal* TSS adalah 4 g/L dimana efektifitas *removal* TSS terbesar terdapat pada penggunaan PAC 4 g/L yaitu 94,9%, 92,6% dengan penggunaan FeCl_3 4 g/L dan 90,5% dengan penggunaan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 4 g/L. Berdasarkan hasil penelitian Tatsi, dkk. (2003), konsentrasi TSS pada air lindi mampu disisihkan sampai 80%.

Efektifitas *removal* TDS dalam limbah mencapai 86%. Berdasarkan

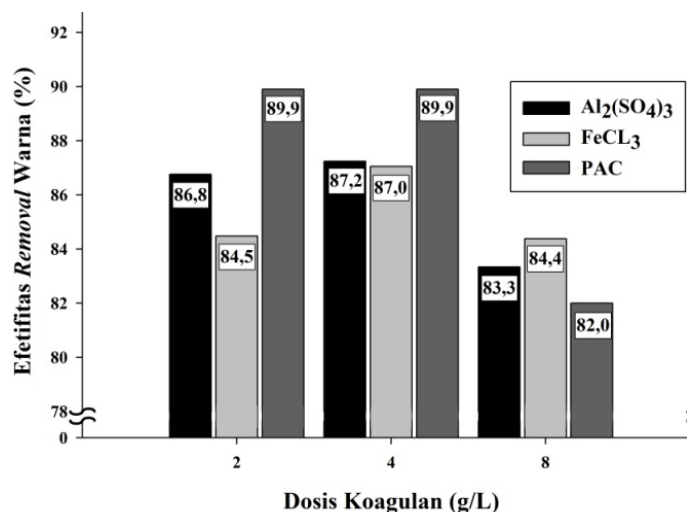
Gambar 5, nilai efektifitas *removal* TDS terbesar didapatkan dari 86,7% dengan PAC 2 g/L. Sedangkan untuk koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3 dengan dosis 2 g/L berturut-turut sebesar 86% dan 72,6% sehingga disimpulkan bahwa *removal* TDS cenderung baik pada kondisi dosis 2 g/L. Gambar 5 tersebut menunjukkan bahwa efektifitas *removal* TDS kurang bagus pada dosis koagulan 8 g/L. Hal ini mungkin disebabkan kadar PAC yang ditambahkan berlebih sehingga terjadi deflokulasi yang menyebabkan terbentuk kembali partikel koloid dalam air, hal ini memungkinkan nilai TDS menjadi semakin besar (Budiman, 2008).



Gambar 4. Efektifitas *removal* TSS (%) terhadap dosis koagulan (g/L) pada pH 7 dan temperatur ruang ($25^\circ \pm 2^\circ\text{C}$)



Gambar 5. Efektifitas *removal* TDS (%) terhadap dosis koagulan (g/L) pada pH 7 dan temperatur ruang ($25^\circ \pm 2^\circ\text{C}$)



Gambar 6. Efektifitas *removal* warna (%) terhadap dosis koagulan (g/L) pada pH 7 dan temperatur ruang ($25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$)

Secara umum, efektifitas *removal* warna dalam limbah adalah lebih dari 80%. Berdasarkan data pada Gambar 6, efektifitas *removal* warna terbesar adalah 89,9% dengan menggunakan PAC 2 g/L dan 4 g/L, 87,2% dengan Al₂(SO₄)₃ 4 g/L dan 87,2% dengan FeCl₃ 4 g/L. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa dosis yang disarankan dalam *removal* warna adalah 4 g/L. Selain itu, jenis koagulan yang dominan dalam *removal* warna adalah PAC. Dalam penelitian Irfan, dkk. (2013), PAC merupakan koagulan yang baik dalam mereduksi warna pada limbah pulp dan kertas sampai 52%.

Berdasarkan Gambar 3, 4, 5 dan 6 dapat dilihat bahwa koagulan PAC lebih dominan dan efektif dalam *removal* COD, BOD₅, TSS, TDS dan warna pada limbah perendaman karet. Koagulan PAC mampu menghasilkan flok yang lebih banyak dibandingkan flok yang terbentuk oleh koagulan FeCl₃ maupun Al₂(SO₄)₃. PAC adalah suatu senyawa kompleks berinti banyak dari ion-ion aquo aluminium yang terpolimerisasi (polimer senyawa anorganik) (Rokan, 2011). Oleh sebab itu, PAC memiliki banyak partikel-partikel muatan positif [Al₂(OH)]⁺ dan muatan negatif Cl⁻ yang akan berikatan dengan partikel-partikel limbah yang tidak stabil atau bermuatan membentuk flok-flok yang kemudian menghasilkan banyak endapan. Hal yang sama terjadi pada hasil penelitian Ghafari, dkk. (2009) dimana PAC lebih

efektif dalam *removal* COD, kekeruhan (*turbidity*), warna dan TSS daripada Al₂(SO₄)₃.

4. KESIMPULAN

Koagulasi dan flokulasi limbah perendaman karet rakyat menggunakan 4 g/L PAC lebih baik dalam penurunan konsentrasi COD, BOD₅, TSS, TDS dan warna dibandingkan menggunakan FeCl₃ dan Al₂(SO₄)₃. Konsentrasi COD, BOD₅, dan TSS limbah perendaman karet rakyat setelah pengolahan berturut-turut sebesar 37,07 mg/L, 14,29 mg/L dan 24,00 mg/L. Konsentrasi ini sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair karet, akan tetapi konsentrasi TDS sebesar 514,00 mg/L dan warna sebesar 106,00 PtCO masih belum memenuhi standar baku mutu limbah cair karet sehingga perlu pengolahan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amuda, O. S., & Amoo, I. A. (2006). Coagulation/ flocculation process and sludge conditioning in beverage industrial wastewater treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 141(3), 778-783.
- Aziz, H. A., Alias, S., Adlan, M. N., Faridah, Asaari, A.H., & Zahari, M. S. (2005). Colour Removal From Landfill Leachate by Coagulation and Flocculation Processes. *Bioresource Technology*, 98, 218-220.

- BPS. (2014). *Produksi Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Retrieved from http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=54¬ab=8.
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., & Hindarso, H. (2008). Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. *WIDYA TEKNIK*, 7(1), 25-34.
- De Kreuk, M. K., & De Bruin, L.M.M. (2004). Aerobic Granule Reactor Technology. In D. o. B. Delft University of Technology, Environmental Biotechnology Group (Ed.). London: IWA Publishing.
- Ghafari, S., Aziz, H. A., Isa, M. H., & Zinatizadeh, A. A. (2009). Application of response surface methodology (RSM) to optimize coagulation–flocculation treatment of leachate using poly-aluminum chloride (PAC) and alum. *Journal of Hazardous Materials*, 163, 650-656.
- Irfan, M., Butt, T., Abbas, N., Khan, R. A., & Shafique, A. (2013). The removal of COD, TSS and colour of black liquor by coagulation–flocculation process at optimized pH, settling and dosing rate. Riyadh: Arabian Journal of Chemistry.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri (1995).
- Masduqi, A. (2012). Koagulasi-Flokulasi A. Masduqi (Ed.) (pp. 2-3). Retrieved from oc.its.ac.id/detilmateri.php?idp=1940 database
- Rachmawati, S. W., Iswanto, B., & Winarni. (2009). Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5, 40-45.
- Ramadhani, S., Sutanhaji, A. T., & B. R. Widiatmono. (2013). Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk), Poly Aluminium Chloride (PAC), dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jernih. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3), 186-193.
- Risdianto, D. (2007). *Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. SIDO MUNCUL)*. Magister Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rokan, H. L. (2011). *Pengaruh Konsentrasi Poli Aluminium Klorida (PAC) Terhadap Alkalinitas dan Pembentukan Flok Pada Pengolahan Air di PT. Coca Cola Bottling Indonesia (CCBI)*. S-1 Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rosman, N. H., Anuar, A. N., Othman, I., Harun, H., Sulong, M. Z., Elias, S. H., Hassan, M. A. H. M., Chelliapan, S., & Ujang, Z. (2013). Cultivation of aerobic granular sludge for rubber wastewater treatment. *Bioresource Technology*, 129, 620-623.
- SNI. (2009a). Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD) (Vol. SNI 6989.72-2009). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- SNI. (2009b). Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/ COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri (Vol. SNI 6989.2-2009). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- SNI. (2009c). Cara Uji Padatan Terlarut Total (Total Dissolved solid, TDS) secara gravimetri (Vol. SNI 6989.27-2009). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- SNI. (2009d). Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended solid, TSS) secara gravimetri (Vol. SNI 6989.3-2009). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- SNI. (2011). Cara Uji Warna secara spektrofometer (Vol. SNI 6989.80-2011). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Sonia, S., Lema, J. M., & Omil, F. (2008). Pre-Treatment of Hospital Wastewater by Coagulation-Flocculation and Flotation. *Chemosphere*, 100(7), 2138-2146.
- Suwardin, D. (1989). Tehnik pengendalian limbah pabrik karet. *Lateks*, 4(2), 25-32.
- Tatsi, A. A., Zouboulis, A.I., Matis, K.A., & Samaras, P. (2003). Coagulation-Flocculation Pretreatment of Sanitary

- Landfill Leachates. *Bioresource Technology*, 53, 737-744.
- Tzoupanos, N. D., & Zouboulis, A. I. (2008). *Coagulation-Flocculation Processes In Water/Wastewater Treatment: The Application Of New Generation Of Chemical Reagents*. Paper presented at the 6th IASME/WSEAS International Conference Greece.
- Yulianti, D., Winarno, K., & Mudyantini, W. (2005). Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Karet PTPN IX Kebun Batu Jamus Karanganyar Hasil Fitoremediasi dengan *Azolla microphylla* Kaulf untuk Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* Linn.). *BioSMART*, 7, 125-130.