Adsorpsi limbah penyamakan krom dengan adsorben karbon aktif dari *palm kernel cake* (PKC)

Adsorption of chrome tanning waste with activated carbon adsorbent from palm kernel cake (PKC)

Ageng Priatni*, Rihastiwi Setiya Murti, Dona Rahmawati

Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Jl. Sokonandi No. 9, Yogyakarta 55166, Indonesia

* Penulis korespondensi. Tel.: +62 274 512929; Faks.: +62 274 563655

E-mail: agengpriatni@yahoo.co.id

Diterima: 06 April 2020

Direvisi: 16 Mei 2020

Disetujui: 26 Mei 2020

ABSTRACT

The leather tanning process, a complex process and consists of several steps, where the process involves a large number of water and chemical substances which can cause pollution. The current study provided an investigation on the activated carbon derived from Palm Kernel Cake (PKC) used in the adsorption technology. This activated carbon was considered for reducing total chromium content and BOD, increasing the pH and color of the tanneries wastewater, especially in chrome tanning process. Four variations of activated carbon weight (1 g, 2 g, 3 g, 4 g, and 5 g) were tested in three different temperatures (40 °C, 50 °C, and 60 °C) for 30 minutes. After that, the tannery wastewater, which had been adsorbed, was allowed to stand for 24 hours and then filtered. Next, observations on the total chromium content, Biological Oxygen Demand (BOD) level, pH, and color of the obtained filtrate were performed. The results showed that the activated carbon successfully adsorbed the pollutant compounds by reducing the total chromium and BOD levels, increasing the pH and color of tanneries wastewater. In more detail, the findings revealed that the activated carbon could raise the pH level to 6.6, reduced BOD levels to 50.7 mg/L with 87.03% of efficiency, and reduced the total chrome content to 1.03 mg/L with 99.87% of efficiency. Besides, the process resulted in tannery wastewater discoloration, from what was originally dark blue to colorless. To conclude, the adsorption for chrome tanning waste adsorption was found performing optimally by using 4 gram of activated carbon at 50 °C.

Keywords: activated carbon, adsorption, chrome tanning waste, palm kernel cake, total chrome.

ABSTRAK

Proses penyamakan kulit sangat kompleks dan melalui banyak tahapan, dimana setiap tahapan memerlukan air serta bahan-bahan kimia dalam jumlah besar yang berpotensi menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Penggunaan karbon aktif berbahan baku *Palm Kernel Cake* (PKC) diharapkan mampu mengadsorpsi senyawa-senyawa yang menjadi sumber pencemar, seperti menurunkan kadar krom total dan BOD, serta meningkatkan nilai pH dan warna dari limbah penyamakan kulit, khususnya penyamakan krom. Adsorpsi dilakukan pada suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C selama 30 menit dengan berat karbon aktif masing-masing 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, dan 5 g. Limbah *tanning* yang telah diadsorpsi, kemudian didiamkan selama 24 jam, dan selanjutnya disaring. Pada filtrat, yang diperoleh, kemudian dilakukan pengamatan terhadap warna, pH, BOD, serta kadar krom total. Kesimpulan diperoleh bahwa karbon aktif mampu menaikkan pH menjadi 6,6, menurunkan kandungan BOD menjadi 50,7 mg/L dengan efisiensi sebesar 87,03%, kadar krom total menjadi 1,03 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 99,87% serta warna limbah yang semula berwarna biru tua menjadi tidak berwarna. Kondisi optimal untuk adsorpsi limbah penyamakan krom adalah suhu 50 °C dan karbon aktif seberat 4 gram.

Kata kunci: adsorpsi, karbon aktif, krom total, limbah penyamakan krom, *palm kernel cake*.

PENDAHULUAN

Proses penyamakan kulit adalah proses mengolah kulit mentah (*hide* atau *skin*) menjadi kulit tersamak (*leather*). Proses tersebut dimaksudkan untuk mengubah sifat-sifat kulit mentah yang mudah mengalami kerusakan dan pembusukan menjadi kulit tersamak yang tahan terhadap aktifitas mikroorganisme dan pembusukan (Prayitno, 2017). Pada industri penyamakan kulit, selain dihasilkan berbagai macam produk utama untuk kebutuhan manusia juga dihasilkan hasil samping yang merugikan manusia sendiri dan lingkungan yaitu berupa limbah cair penyamakan kulit. Limbah cair ini mengandung total padatan, padatan tersuspensi, garam sulfida, zat organik, dan logam krom sehingga memerlukan penanganan secara tepat agar tidak mengganggu lingkungan (Hartanto *et al.*, 1993).

Menurut Brown *et al.* (2002), proses penyamakan kulit sangat kompleks dan melalui banyak tahapan, dimana setiap tahapan diperlukan air serta bahan-bahan kimia dalam jumlah besar yang berpotensi menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Untuk pengolahan 1 (satu) ton kulit mentah, dapat dihasilkan limbah cair sebesar 45-50 liter (Kanagaraj *et al.*, 2006). Adapun sifat-sifat fisis dan kimia dari limbah cair penyamakan kulit dengan volume 0,5-5 m³/hari, antara lain pH 3,5-4; BOD 1440-2750 mg/L; COD 2748-3132 mg/L; TSS 569-2505 mg/L; minyak/ lemak 100-171 mg/L; krom total 183-270 mg/L; dan sulfida 51-110,5 mg/L (Sunaryo & Sutiyasmi, 2010).

Krom merupakan bahan penyamak yang paling banyak digunakan oleh industri penyamakan kulit. Hal ini dikarenakan proses penyamakan dengan krom yang mudah serta kulit samak yang dihasilkan memiliki suhu kerut yang tinggi, kuat tarik, kelemasan, dan *softness* yang baik (Nashy *et al.*, 2010). Krom bersama limbah cair yang terbuang merupakan cemaran bahan berbahaya dan beracun (B3), karena krom merupakan jenis limbah logam berat yang bersifat sulit terurai dan dapat terakumulasi dalam tubuh dan lingkungan. Krom murni bersifat tidak toksik, tetapi senyawanya dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, diantaranya ulkus pada kulit dan selaput lendir, zat karsinogen, bersifat racun akut, dan mutagenik melalui pernafasan dan pencernaan. Beberapa penelitian lain juga menunjukan krom valensi tiga dapat berpotensi menyebabkan kanker

dan mutasi genetik (Rohaeti, 2007). Parameter lain yang menjadi indikator pencemaran pada limbah penyamakan kulit, selain krom total, adalah pH, warna, BOD, COD, dan lain-lain (Pemprov DIY, 2016). Limbah yang berwarna biru menandakan adanya kandungan krom di dalam limbah, pH menunjukkan tingkat keasaman dari limbah dan BOD menunjukkan tingginya kandungan bahan organik di dalam limbah.

Saat ini, berbagai teknik pengolahan limbah cair telah dilakukan dan dikembangkan, diantaranya pengolahan secara kimia, fisika, dan biologi. Teknologi kimia yaitu penambahan koagulan merupakan metode yang paling banyak dilakukan. Penggunaan NaOH sebagai agen presipitasi atau pengendap dapat menurunkan konsentrasi krom dalam limbah penyamakan kulit dengan efisiensi penurunan sebesar 99,34% pada pH optimum 8 (Meirinna *et al.*, 2013). Sementara menurut Joko (2015), senyawa alkali Ca(OH)₂, NaOH, dan NaHCO₃ mampu menurunkan konsentrasi kromium dengan efisiensi sebesar 99,28%, 99,28%, dan 98,50% pada pH optimal 8 dan konsentrasi senyawa alkali sebesar 10%. Pemisahan krom pada limbah cair penyamakan kulit menggunakan gelatin dari hasil hidrolisis *trimming* kulit domba piket telah dilakukan dan diperoleh efektifitas sebesar 34,48% (Sugihartono, 2016). Sementara secara biologi, pengambilan krom dari *sludge* limbah penyamakan kulit menggunakan biomassa *Fusarium sp.* telah dilakukan (Triatmojo *et al.*, 2001).

Selain secara kimia dan biologi, cara yang paling sederhana, murah, dan efektif untuk mengatasi atau mengurangi cemaran logam berat, senyawa organik, dan anorganik pada limbah cair, adalah melalui pengolahan secara fisika yaitu menggunakan adsorben karbon aktif. Karbon aktif adalah bahan padat berpori yang berwarna hitam sebagai hasil pembakaran tidak sempurna dalam bentuk granular atau bubuk yang telah melalui proses aktivasi sehingga pori-porinya lebih terbuka dan memiliki luas permukaan yang besar yaitu 300 sampai 3500 m²/g (Jati *et al.*, 2012). Aktivasi dilakukan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Adsorpsi adalah terserapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme adsorpsi digambarkan sebagai proses dimana molekul yang semula ada pada larutan, menempel pada permukaan zat adsorben secara fisika. Suatu molekul dapat teradsorpsi jika gaya adhesi antara molekul adsorbat dengan molekul

adsorben lebih besar dibanding dengan gaya kohesi pada masing-masing molekul ini. Proses adsorpsi biasanya dilakukan untuk mengurangi senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair, sehingga limbah cair dapat dimurnikan. Proses adsorpsi terjadi karena adanya luas permukaan, makin luas permukaan adsorben yang disediakan maka makin banyak molekul yang diserap (Bassett *et al.*, 2013).

Palm kernel cake (PKC) merupakan limbah padat dari inti sawit yang diolah menjadi minyak inti sawit atau biasa disebut *Palm kernel oil* (PKO). Satu ton inti sawit dapat menghasilkan sekitar 460 kg limbah PKC (Haspiadi & Sitorus, 2016). PKC bersifat mudah terurai dan dapat menyebabkan bau yang tidak sedap jika tidak diolah dengan benar. Jumlah PKC terus meningkat seiring dengan meningkatnya produksi minyak inti sawit di Indonesia. PKC atau bungkil inti sawit terdiri dari unsur karbon sebesar 96,21%; nitrogen 2,88%; fosfat 0,60%; dan kalium sebesar 0,19% (Kolade *et al.*, 2006). Tingginya kandungan karbon pada PKC berpotensi untuk dikembangkan menjadi karbon aktif.

Pemanfaatan limbah padat PKC sebagai sumber karbon aktif dengan aktivator H_3PO_4 dan KOH telah dilakukan (Haspiadi & Sitorus, 2016). Karbon aktif dari PKC tersebut juga telah dimanfaatkan sebagai media untuk menurunkan kadar amoniak pada air limbah rumah sakit dengan efektivitas sebesar 94,06% (Susilowati, 2015). Menurut Priatni *et al.* (2017), karbon aktif berbahan baku PKC mampu mengadsorpsi logam mangan, timbal, dan besi pada limbah cair laboratorium secara optimal dengan efisiensi penurunan sebesar 79,06%; 80,94%; dan 99,54%.

Limbah penyamakan kulit yang diadsorpsi dengan arang aktif yang dilapisi kitosan, mampu menurunkan kandungan BOD_5 sebesar 99,50% dan krom total sebesar 91,90% (Lasindrang *et al.*, 2014). Sementara Meirinna *et al.* (2013) telah membuktikan bahwa karbon aktif dari *bagasse fly ash* mampu mengadsorpsi krom total dalam limbah cair industri penyamakan kulit dengan efektifitas sebesar 94,99%. Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben telah terbukti mampu menyerap polutan-polutan yang ada pada limbah, namun penelitian penggunaan karbon aktif dari PKC untuk mengurangi polutan pada limbah penyamakan kulit belum dilakukan. Mengingat pentingnya pengolahan limbah penyamakan kulit, khususnya limbah penyamakan krom, serta belum

dimanfaatkannya karbon aktif dari PKC sebagai adsorben maka dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan karbon aktif berbahan baku PKC sebagai adsorben. Karbon aktif diharapkan mampu menurunkan kadar krom total, BOD, serta meningkatkan nilai pH dan warna dalam limbah cair penyamakan kulit, khususnya penyamakan krom.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Penelitian menggunakan bahan *palm kernel cake* (PKC) yang diperoleh dari PT. Wilmar Nabati Gresik, Jawa Timur, limbah penyamakan krom yang diperoleh dari Laboratorium Riset Penyamakan Kulit BBKKP Yogyakarta, serta bahan-bahan kimia seperti H_3PO_4 , H_2SO_4 , NaOH, HNO_3 , dan kertas saring Whatman 42 yang dibeli dari PT. Merck Jakarta dan PT. Brataco Chemika di Yogyakarta.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan antara lain *Atomic Absorbption Spectrophotometer* (AAS) Shimadzu AA-6800, *furnace* Thermolyne FB-1400, oven Memmert UF-55, *hot magnetic stirrer* Thermolyne SP46920-26, pH meter AMTAST AMT20, neraca analitik Mettler Toledo AB204-S, termometer, serta peralatan alat gelas seperti gelas *beaker*, erlenmeyer, gelas ukur, corong, dan pengaduk.

Metode Penelitian

Pembuatan karbon aktif

PKC ditimbang sebanyak ± 500 g dan dimasukkan ke dalam tanur untuk kemudian dipanaskan (dehidrasi) pada suhu 170 °C selama kurang lebih 2 jam. Selanjutnya suhu pemanasan dinaikkan secara bertahap, yaitu menjadi 300 °C selama ± 30 menit, dan kemudian 400 °C selama ± 30 menit. Setelah proses karbonisasi selesai, karbon yang diperoleh dikeluarkan dan didinginkan di dalam desikator.

Karbon selanjutnya diaktivasi secara kimia dengan larutan H_3PO_4 6% dengan cara dipanaskan perlahan-lahan pada suhu 200 °C dalam ruang asam sampai larutan aktivator tidak ada lagi. Rasio antara aktivator dengan karbon yang belum diaktivasi 1:2 (% berat). Karbon aktif kemudian ditiriskan dan dicuci dengan aquadest sampai pH air cucian berkisar antara 6-9. Selanjutnya keringkan kembali di dalam oven pada suhu 105 °C selama ± 2 jam.

Tabel 1. Karakteristik limbah penyamakan krom sebelum diadsorpsi dengan karbon aktif.

No.	Parameter	Satuan	Limbah Penyamakan Krom	Perda DIY No. 7 Thn. 2016
1.	Warna	-	Biru tua (pekat)	-
2.	pH	-	3,9	6,0 – 9,0
3.	BOD ₅	mg/L	390,9	50,0

Adsorpsi limbah penyamakan krom

Limbah penyamakan krom sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan kemudian ditambahkan karbon aktif dengan variasi berat 1, 2, 3, 4, dan 5 g. Selanjutnya diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetik pada kecepatan 400 rpm dan dipanaskan pada variasi suhu 40, 50, dan 60 °C selama 30 menit. Kemudian didiamkan selama kurang lebih 3 jam dan disaring menggunakan kertas saring Whatman 42. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pada filtrat yang diperoleh kemudian dilihat perubahan warna yang terjadi, pH, dan kadar krom total.

Analisis parameter pencemar

Analisa parameter dilakukan sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui penurunan konsentrasi beban pencemar setelah mengalami proses adsorpsi dengan karbon aktif dari PKC. Acuan prosedur penelitian yaitu warna (visual), pH (SNI-06-6989.11-2004) (BSN, 2004), BOD (SNI 6989.72:2009) (BSN, 2009a), dan krom total (SNI 6989.17:2009) (BSN, 2009b).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Limbah Penyamakan Krom

Karakterisasi limbah penyamakan krom ditentukan dari warna, pH, BOD, dan kadar krom total. Penentuan parameter tersebut

Gambar 1. Warna dari limbah cair penyamakan krom sebelum diadsorpsi dengan karbon aktif.

digunakan untuk mengetahui kondisi awal limbah. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan dari proses penyamakan krom sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil uji untuk limbah penyamakan krom yang dihasilkan masih berada di atas baku mutu air limbah untuk kegiatan industri penyamakan kulit menggunakan krom sebagaimana diatur dalam Perda Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Tingginya nilai dari parameter uji tersebut menandakan bahwa masih adanya bahan kimia ataupun senyawa-senyawa organik yang tidak terserap atau tidak bereaksi dengan kulit sehingga terbuang bersama limbah.

Dari Tabel 1 diperoleh kandungan BOD₅ sebesar 390,9 mg/L. Tingginya nilai BOD₅ menunjukkan tingginya kandungan bahan organik di dalam limbah serta banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik yang terlarut dan tersuspensi dalam limbah. Sementara nilai krom total pada limbah penyamakan krom sebesar 787,98 mg/L berasal dari proses *tanning* yang menggunakan garam krom. Tingginya nilai krom total diduga disebabkan karena tidak semua garam krom bereaksi dengan kulit. Menurut Wiegant (1999) dalam (Prayitno, 2017) bahwa hanya sekitar 70% garam krom yang masuk dan berikatan dengan serat kulit serta 30% akan dikeluarkan sebagai limbah. Tingginya krom juga bisa dilihat dari warna air limbah yang berwarna biru tua dan pekat (Gambar 1). Derajat keasaman atau pH dari limbah penyamakan krom yang dihasilkan sebesar 3,9 atau bersifat asam. Rendahnya pH limbah cair disebabkan penggunaan bahan-bahan kimia sebelum proses dan saat *tanning* seperti H₂SO₄, HCOOH, Cr₂(SO₄)₃, dan (NH₄)₂SO₄ (Sunaryo & Sutiyasmi, 2010).

Warna (Visual)

Secara umum, warna biru tua atau biru kehijauan dari limbah *tanning* berasal dari garam krom yang digunakan sebagai bahan penyamak (Gambar 1). Semakin tua warna biru dari limbah *tanning* menunjukkan semakin tinggi kadar krom

Gambar 2. Warna limbah penyamakan krom hasil adsorpsi pada suhu 40 °C dengan berat karbon aktif 1, 2, 3, 4, dan 5 gram.

dalam limbah. Limbah cair dengan keadaan demikian sangat berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan atau badan penerima air yang nantinya akan digunakan oleh masyarakat untuk aktivitas mandi, cuci, dan lain-lain.

Gambar 2, 3, dan 4 menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif mampu merubah warna limbah penyamakan krom dari biru tua berangsur-angsur menjadi tidak berwarna. Ini disebabkan karena karbon aktif mampu menyerap ion krom sehingga kadar krom dalam limbah berkurang dan menyebabkan warna dari limbah menjadi tidak berwarna. Peningkatan kualitas warna ini seiring dengan penurunan kadar krom total sebagaimana Gambar 8. Gambar 2, 3, dan 4 juga

Gambar 5. pH limbah penyamakan krom setelah adsorpsi pada berbagai perlakuan.

menunjukkan bahwa adsorpsi pada suhu 50 °C menghasilkan warna dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan suhu 60 °C dan 40 °C.

Derajat Keasaman atau pH

Pengukuran pH sangat penting sebagai salah satu parameter yang dapat menunjukkan kualitas air. Derajat keasaman juga berpengaruh besar terhadap tumbuh-tumbuhan dan hewan air sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan suatu lingkungan (Pamungkas, 2016). Derajat keasamaan atau pH dari limbah *tanning* yang telah diadsorpsi pada suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C dan berat karbon aktif 1, 2, 3, 4, dan 5 gram berkisar antara 4,1-6,6. Derajat keasamaan

Gambar 3. Warna limbah penyamakan krom hasil adsorpsi pada suhu 50 °C dengan berat karbon aktif 1, 2, 3, 4, dan 5 gram.

Gambar 4. Warna limbah penyamakan krom hasil adsorpsi pada suhu 60 °C dengan berat karbon aktif 1, 2, 3, 4, dan 5 gram.

atau pH terendah yaitu 4,1 diperoleh pada kondisi suhu adsorpsi 60 °C dan berat karbon aktif 1 gram, sementara pH tertinggi yaitu 6,6 diperoleh pada kondisi suhu 50 °C dan berat karbon aktif 3, 4, dan 5 gram (Gambar 5). pH 6,6 yang dihasilkan setelah adsorpsi sudah memenuhi baku mutu air limbah untuk kegiatan industri penyamakan kulit khususnya penyamakan menggunakan krom (*chrome tanning*) yang diatur dalam Perda DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu 6,0-9,0.

Derajat keasaman atau pH limbah penyamakan krom mengalami kenaikan seiring meningkatnya suhu adsorpsi hingga 50 °C dan menurun ketika suhu adsorpsi ditingkatkan menjadi 60 °C. Begitu pula dengan karbon aktif, semakin banyak jumlah karbon yang ditambahkan maka pH semakin meningkat dan cenderung tetap pada berat karbon 3, 4, dan 5 gram (Gambar 5). Kenaikan pH disebabkan karena peningkatan suhu menyebabkan pori-pori dari karbon aktif menjadi semakin terbuka sehingga daya serap meningkat. Begitu juga dengan semakin banyaknya jumlah karbon aktif yang ditambahkan akan memperluas bidang kontak antara adsorben (karbon aktif) dan adsorbat sehingga semakin banyak ion-ion yang terikat, khususnya dari senyawa H_2SO_4 , $HCOOH$, $Cr_2(SO_4)_3$, dan $(NH_4)_2SO_4$, yang berakibat meningkatnya pH limbah. Menurut Syauqiah *et al.* (2011), semakin besar kecepatan pengadukan, lama waktu kontak, dan pemanasan yang digunakan, maka proses penyerapan adsorbat oleh adsorben menjadi lebih baik.

Derajat keasaman atau pH yang menurun pada suhu 60 °C dikarenakan reaksi adsorpsi yang bersifat *irreversible* telah mencapai kesetimbangannya, serta penambahan karbon

aktif sebesar 4 dan 5 gram yang bersifat *excess* atau berlebih sehingga reaksi adsorpsi menjadi jenuh. Menurut Notodarmojo (2005), proses sorpsi umumnya berjalan dengan cepat pada tahap awal, kemudian cenderung tetap dan perlahan-lahan akan menurun, yang disebut kondisi keseimbangan. Keseimbangan yang dimaksud yaitu dimana laju sorpsi sama dengan laju desorpsi.

Biochemical Oxygen Demand (BOD₅)

Biochemical Oxygen Demand atau BOD₅ merupakan parameter utama untuk mengetahui jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan secara biologi (Ginting, 2007). Pemeriksaan BOD₅ diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air limbah penyamakan. BOD₅ dari proses adsorpsi dengan karbon aktif sebagaimana Gambar 6.

Kandungan BOD₅ dari limbah *tanning* yang telah diadsorpsi pada suhu 40, 50, dan 60 °C dan berat karbon aktif 1, 2, 3, 4, dan 5 gram berkisar antara 50,70-281,60 mg/L. Kandungan BOD₅ tertinggi yaitu 281,60 mg/L diperoleh pada kondisi suhu adsorpsi 40 °C dan berat karbon aktif 1 gram dengan efisiensi penurunan sebesar 27,96%. Kandungan BOD₅ terendah yaitu 50,70 mg/L dengan efisiensi sebesar 87,03% diperoleh pada kondisi suhu 50 °C dan berat karbon aktif 4 gram (Gambar 6 dan 7). Nilai kandungan BOD₅ terendah yang diperoleh yaitu 50,70 mg/L sudah mendekati baku mutu air limbah untuk kegiatan industri penyamakan kulit khususnya penyamakan menggunakan krom (*chrome tanning*) yang diatur dalam Perda DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu 50 mg/L.

Gambar 6. BOD₅ limbah penyamakan krom setelah adsorpsi pada berbagai perlakuan.

Gambar 7. Efisiensi penyerapan karbon aktif terhadap BOD₅ dari limbah penyamakan krom pada berbagai perlakuan.

Efisiensi penurunan yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan dengan yang dilakukan oleh Lasindrang *et al.*, (2014), dimana kitosan yang melapisi arang aktif memiliki gugus amino dan derajat deasetilasi yang tinggi sehingga mampu mengikat logam, protein, dan zat warna (Zakaria *et al.*, 2002), dan dapat mengadsorpsi BOD lebih efektif.

BOD₅ mencerminkan tingkat pencemaran suatu badan air oleh buangan organik, semakin tinggi nilai BOD₅ berarti semakin besar tingkat pencemaran (Pamungkas, 2016). Kandungan BOD₅ mengalami penurunan hingga suhu 50 °C dan berat karbon aktif hingga 4 gram. Penurunan kandungan BOD₅ terjadi dikarenakan kenaikan suhu menyebabkan reaksi adsorpsi berlangsung lebih cepat sehingga semakin banyak zat-zat organik yang terserap oleh karbon aktif serta luasnya permukaan kontak. Menurut Effendi (2003), aktivitas biologis serta reaksi-reaksi kimia akan meningkat dua kali lipat setiap kenaikan temperatur 10 °C.

Namun peningkatan suhu 60 °C dan berat karbon aktif 5 gram (Gambar 6) menyebabkan kandungan BOD₅ kembali tinggi yang menandakan zat-zat organik di dalam air limbah meningkat. Hal ini karena selain menaikkan kecepatan reaksi, peningkatan suhu juga menyebabkan kematian mikroorganisme yang sifatnya tidak tahan terhadap suhu tinggi sehingga kemampuan untuk menguraikan zat-zat organik menurun. Selain itu, penambahan karbon aktif 5 gram menyebabkan reaksi adsorpsi menjadi jenuh.

Krom Total

Garam krom yang digunakan dalam

Gambar 8. Krom total limbah penyamakan krom setelah adsorpsi pada berbagai perlakuan.

penyamakan kulit pada umumnya adalah garam kromium bervalensi 3 dalam bentuk $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ serta memiliki basisitas yang rendah, yaitu kurang lebih 33,33%. Tujuannya adalah agar garam krom dapat masuk jauh ke dalam jaringan kulit dan bereaksi dengan protein kolagen. Kemudian, basisitas ditingkatkan dengan penambahan natrium asetat atau natrium bikarbonat agar ikatan yang terjadi antara krom dengan gugus hidroksil kolagen tidak lepas (Prayitno, 2017). Garam krom yang tidak bereaksi dengan kulit akan terbuang bersama limbah cair. Krom total dari proses adsorpsi dengan karbon aktif sebagaimana Gambar 8.

Kadar krom total dari limbah penyamakan krom yang telah diadsorpsi berkisar antara 1,03-752,76 mg/L, dimana nilai untuk krom total tertinggi yaitu 752,76 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 4,47% diperoleh pada suhu adsorpsi 60 °C dan berat karbon aktif 1 gram. Kadar krom total terendah yaitu 1,03 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 99,87% diperoleh pada suhu adsorpsi 50 °C dan berat karbon aktif 3 gram (Gambar 8 dan 9). Nilai kadar krom total terendah yang diperoleh yaitu 1,03 mg/L masih berada di atas baku mutu air limbah untuk kegiatan industri penyamakan kulit khususnya penyamakan menggunakan krom (*chrome tanning*) yang diatur dalam Perda DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu 0,5 mg/L. Namun, efisiensi penurunan krom total yang diperoleh yaitu 99,87% lebih besar dibandingkan dengan limbah penyamakan kulit yang diadsorpsi dengan karbon aktif komersial + TiO_2 (nanokomposit) yaitu sebesar 95,93% (Jati *et al.*, 2012) dan yang diadsorpsi dengan karbon aktif dari *bagase fly ash* yaitu 94,99% (Meirinna *et al.*, 2013). Menurut Lasindrang *et al.* (2014), limbah

Gambar 9. Efisiensi penyerapan karbon aktif terhadap krom total dari limbah penyamakan krom pada berbagai perlakuan.

penyamakan kulit yang diadsorpsi dengan arang aktif yang dilapisi kitosan mampu menurunkan krom total sebesar 91,90%.

Pada Gambar 8 diketahui bahwa terjadi penurunan kadar krom total ketika suhu adsorpsi dinaikan hingga 50 °C. Peningkatan suhu menyebabkan pori-pori karbon aktif semakin terbuka sehingga semakin banyaknya ion-ion logam krom yang terserap dan membentuk ikatan kovalen dengan karbon aktif. Peningkatan suhu juga menyebabkan karbon aktif menjadi lebih reaktif sehingga tumbukan yang terjadi antara molekul krom hidroksida dan karbon aktif menjadi lebih cepat sehingga terjadi penurunan kadar krom dalam limbah.

Selain peningkatan suhu, penambahan karbon aktif hingga 3 gram juga menyebabkan penurunan kadar krom total. Penambahan karbon aktif menyebabkan bidang kontak antara karbon aktif dan ion logam yaitu krom hidroksida semakin luas. Menurut Reynolds (1982), semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Peningkatan kembali kadar krom total pada suhu 60 °C dan penambahan karbon aktif sebesar 5 gram (Gambar 8) diduga dikarenakan pemanasan tinggi yang mengakibatkan kesetimbangan reaksi adsorpsi berbalik ke arah kiri sehingga ikatan kovalen yang terbentuk terlepas dan sebagian ion-ion krom terlarut kembali ke dalam limbah cair.

KESIMPULAN

Karbon aktif dari PKC mampu menaikkan pH limbah penyamakan krom menjadi 6,6, menurunkan kandungan BOD menjadi 50,7 mg/L dengan efisiensi sebesar 87,03%, kadar krom total menjadi 1,03 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 99,87% serta warna limbah yang semula berwarna biru tua menjadi tidak berwarna. Kondisi optimal untuk adsorpsi limbah penyamakan krom adalah suhu 50 °C dan karbon aktif seberat 4 gram.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Kepala Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta atas sarana dan prasarana yang diberikan serta pihak-pihak yang terlibat penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H., & Mendham, J.

(2013). *Buku ajar Vogel: Kimia analisis kuantitatif anorganik*. Jakarta, Indonesia: EGC.

Brown, E. M., Latona, R. J., Taylor, M. M., & Garcia, R. A. (2012). Effects of pretanning processes bovine hide collagen structure. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 107, 1–7.

BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2004). *Air & Air Limbah Bagian 11. Cara uji pH dengan alat pH meter (SNI-06-6989.11-2004)*. Jakarta, Indonesia: BSN.

BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2009a). *Air & Air Limbah Bagian 72. Cara uji BOD (SNI 6989.72:2009)*. Jakarta, Indonesia: BSN.

BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2009b). *Air & Air Limbah Bagian 17. Cara uji krom total (Cr-T) secara SSA-nyala (SNI 6989.17:2009)*. Jakarta, Indonesia: BSN.

Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta, Indonesia: Kanisius.

Ginting, P. (2007). *Sistem pengelolaan lingkungan dan limbah industri*. Bandung, Indonesia: Yrama Widya.

Hartanto, E. S., Bastaman, S., & Citoreksoko, P. (1993). Pengaruh penambahan khitosan dan lama pengendapan terhadap hasil penanganan limbah cair industri penyamakan kulit. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 10(1-2), 14–17.

Haspiadi, H., & Sitorus, S. (2016). Pemanfaatan limbah padat *palm kernel cake* (PKC) sebagai sumber karbon aktif dengan proses kimia. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 10(1), 24–35.

Jati, B. N., Naimah, S., Aviandharie, S. A., & Ermawati, R. (2012). Komposit nano TiO₂ dengan PCC, zeolit atau karbon aktif untuk menurunkan total krom dan zat organik pada air limbah industri penyamakan kulit. *Jurnal Kimia Kemasan*, 34(1), 231–236. <https://doi.org/10.24817/jkk.v34i1.1858>

Joko, T. (2015). Penurunan kromium (Cr) dalam limbah cair proses penyamakan kulit menggunakan senyawa alkali Ca(OH)₂, NaOH, dan NaHCO₃ (Studi kasus di PT Trimulyo Kencana Mas Semarang). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 2(2), 39–45.

Kanagaraj, J., Velapan, K. C., Babu, N. K. C., & Sadulla, S. (2006). Solid wastes generation in the leather industry and its utilization for cleaner environment – A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 65(7), 541–548.

Kolade, O. O., Coker, A. O., Shridar, M. K. C., & Adeoye, G. O. (2006). Palm kernel waste management through composting and crop production. *Journal of Environmental Health Research*, 5(2), 81–85.

Lasindrang, M., Suwarno, Hadisusanto, Tandjung, S. D., & Nitisastro, K. H. (2014). Adsorpsi pencemaran limbah cair industri penyamakan kulit

- oleh kitosan yang melapisi arang aktif temprung kelapa. *Jurnal Teknosains*, 3(2), 132–141. <https://doi.org/10.22146/teknosains.6026>
- Meirinna, Fahrurrozi, & Santosa, S. J. (2013). Sistem penurunan kadar krom (III) limbah cair penyamakan kulit dengan kombinasi presipitasi menggunakan natrium hidroksida dan adsorpsi menggunakan bagase fly ash. *ASEAN Journal of System Engineering*, 1(2), 62–67.
- Nashy, E. H. A., Huseein, A. I., & Essa, M. M. (2010). Retanning agents for chrome tanned leather based on emulsion nano-particles of styrene/buthyl acrylate copolymers. *New York Science Journal*, 3(11), 13–21.
- Notodarmojo, S. (2005). *Pencemaran tanah dan air tanah*. Bandung, Indonesia: ITB Press.
- Pamungkas, M. O. (2016). Studi pencemaran limbah cair dengan parameter BOD₅ dan pH di pasar ikan tradisional dan pasar modern di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(2), 166–175.
- Pemprov DIY (Pemerintah Provinsi DIY). (2016). *Perda DIY No. 7 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah*. Yogyakarta, Indonesia: Pemprov DIY.
- Prayitno. (2017). *Teknologi bersih proses penyamakan kulit*. Yogyakarta, Indonesia: CV. Grafika Indah.
- Priatni, A., Rusdiansyah, & Sitorus, S. (2017). Efektivitas karbon aktif dari palm kernel cake sebagai adsorben ion logam Mn, Fe dan Pb pada air limbah AAS terkonsentrat. *Prosiding Seminar Nasional ke-1 Baristand Industri Samarinda*, 1, 250–264.
- Reynolds, T. D. (1982). *Unit operation and process in environmental engineering*. Texas, USA: Woods Worths Inc.
- Rohaeti, E. (2007). *Pencegahan pencemaran lingkungan oleh logam berat krom limbah cair penyamakan kulit (Studi kasus di Kabupaten Bogor)* (Disertasi). Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Sugihartono. (2016). Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(1), 21–30. <https://doi.org/10.20543/mkkip.v32i1.900>
- Susilowati. (2015). *Efektivitas pemanfaatan karbon aktif limbah inti sawit sebagai media penurunan kadar amoniak dalam air limbah RS Dirgahayu Kec. Samarinda Ulu Kota Samarinda* (Skripsi). Universitas Widya Gama Mahakam, Indonesia.
- Sunaryo, I., & Sutyasmi, S. (2010). Pengolahan limbah cair laboratorium riset penyamakan kulit di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKKP). *Jurnal Riset Industri*, 4(3), 61–72.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis variasi waktu dan kecepatan pengadukan pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Triatmojo, S., Sihombing, D. T. H., Djojowidagdo, S., & Wiradarya, T. R. (2001). Biosorpsi dan reduksi krom limbah penyamakan kulit dengan biomassa *Fusarium sp* dan *Aspergillus niger*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 8(2), 78–81.
- Zakaria, M. B., Jais, M., Ahmad, W. Y., & Othman, M. R. (2002). Penurunan kekeruhan efluen industri minyak sawit (EIMS) oleh koagulan konvensional dan kitosan. *Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB ke-5*, 1, 487–492.