PEMISAHAN KROMIUM PADA *SHAVINGS* MENGGUNAKAN KALIUM HIDROKSIDA SEBAGAI UPAYA PENANGANAN LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN

THE SEPARATION OF CHROMIUM IN SHAVINGS WITH POTASSIUM HYDROXIDE AS AN EFFORT TO TREAT THE WASTE OF THE TANNERY

Sugihartono, Dona Rahmawati dan Sri Sutyasmi

Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik

Jln. Sokonandi No. 9 Yogyakarta 55166 Tlp. (0274)512929-563939 Fax. (0274)563655

Email : hsugihartono@gmail.com

Diterima : 03-05-2018

Direvisi : 22-11-2018

Disetujui : 03-12-2018

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh total kromium yang dapat dipisahkan dari limbah *shavings* menggunakan basa kalium hidroksida. Penanganan limbah (*shavings*) industri penyamakan kulit menggunakan basa kalium hidroksida dapat menghasilkan nilai ganda yaitu diperolehnya kromium dan hidrolisat kolagen. Pemisahan kromium dilakukan dengan menggunakan kalium hidroksida konsentrasi 4; 5; 6; dan 7 %. Dosis yang digunakan pada masing-masing konsentrasi KOH adalah sebanyak 600 ml KOH/100 g *shavings*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan KOH dapat digunakan untuk pemisahan kromium pada limbah *shavings*, KOH 5% menghasilkan kromium terpisah dengan tingkat pemisahan terbanyak yaitu 1,24% b/b, atau setara 95,38 % dari krom yang terdapat pada kulit *shavings*. Hidrolisat kolagen atau gelatin yang diperoleh kaya unsur protein yaitu 45,56 – 56,88 % b/b, namun mengandung krom total sebanyak 0,58 – 0,76 mg/g hidrolisat kolagen. Kromium yang berhasil dipisahkan dapat dimurnikan dan dimanfaatkan kembali untuk proses penyamakan, sedangkan hidrolisat kolagen dapat digunakan untuk pupuk tanaman.

Kata kunci : *shavings*, kromium, pemisahan, basa

ABSTRACT

This study aims to obtain total chromium which can be separated from the waste shavings by using a potassium hydroxide base. Handling the waste (shavings) of leather tanning industry using potassium hydroxide can produce double value that one gets chromium and collagen hydrolyzate. The separation of chromium is carried out using the concentration of potassium hydroxide 4; 5; 6; and 7%. The dose used for each concentration of KOH is 600 ml of KOH / 100 g of shavings. The results showed that the KOH solution can be used for the separation of chromium into shavings, a 5% KOH concentration gives separate chromium with the highest separation rate of 1.24% w / w or equal to 95,38 % of the chromium weight contained in shavings. The collagen hydrolyzate or gelatin obtained is rich in protein elements of 45.56 - 56.88% w / w, but contains a total chromium of 0.58 to 0.76 mg / g of collagen hydrolyzate. Successfully separated chromium can be purified and reused for tanning, while collagen hydrolyzate can be used for plant fertilizer.

Keywords : shavings, chromium, separation, alkaline

PENDAHULUAN

Penyamakan kulit mentah 1000 kg hanya dihasilkan kulit samak 200 kg dan sisanya berupa limbah padat (Cabeza, *et al.* 1998., Herr´aez, *et al.*, 2012., Rahman, *et al.*, 2016).

Limbah padat terdiri atas limbah yang dihasilkan pada proses pra-penyamakan dan setelah proses penyamakan. Limbah padat yang dihasilkan pada proses pra-penyamakan antara lain berupa bulu 2-5 %, *chrome shaving*, *chrome split*, dan *buffing dust* 35-40%, *fleshing* 50-60%, dan *trimming* 5 -7% (Kanagaraj, *et al.* 2006; Rahman, *et al.*, 2016). Sedangkan limbah padat yang dihasilkan setelah proses penyamakan antara lain berupa *shaving* 200 kg (Herr´aez, *et al.*, 2012) bahkan sampai 250 kg (Cabeza, *et al.* 1998).

Shaving adalah kulit limbah hasil sampling dari proses pengetaman kulit yang disamak menggunakan garam kromium (IUE-2, 2008). Komponen utama kulit *shaving* adalah kromium dan protein (Herr´aez, *et al.*, 2012). Reaksi kompleks antara garam kromium trivalen dengan gugus karboksil kolagen pada proses penyamakan kulit menjadikan *shaving* stabil secara biologi dan tidak mudah busuk (Herr´aez, *et al.*, 2012), serta tahan terhadap degradasi dan memiliki siklus hidup panjang, yaitu antara 25 – 40 tahun (Andrioli & Gutterres, 2015). Berat jenis dan kemampuan pemadatan *shaving* rendah dan bervolume besar, karenanya menjadi masalah besar dalam penanganan limbah industri penyamakan kulit (Herr´aez, *et al.*, 2012., Anupama & Rubina, 2013).

Sebagai limbah, *shaving* diklasifikasikan ke dalam limbah yang berbahaya karena mengandung kromium (Andrioli & Gutterres, 2015). Di Indonesia limbah kulit tersamak digolongkan ke dalam B3 (bahan berbahaya dan beracun). Dalam kondisi tertentu kromium trivalen pada kulit dapat dioksidasi menjadi krom *heksavalen* yang bersifat sangat toksit dan karsinogen (Vaskova, *et al.*, 2013). Oleh karena itu krom di *shaving* perlu diolah dan atau di daur ulang. Penanganan limbah *shaving* dapat dilakukan melalui pembakaran (*inceneration*), penimbun tanah (*landfill*), gasifikasi (Rahman, *et al.*, 2016), dan pemanfaatan sebagai bahan untuk produk tertentu serta daur ulang kromium. Penggunaan *shaving* untuk penimbun tanah dapat menyebabkan pencucian kromium (*leaching*) yang mengancam lingkungan dalam jangka waktu lama (Rahman, *et al.*, 2016).

Penggunaan *shaving* sebagai bahan baku untuk pembuatan produk tertentu telah banyak dilakukan, antara lain untuk *sodium chromate*, *gelatable protein*, papan kulit (*leather board*), campuran batu-bata (*brick*) (IUE-2, 2008), bahan bangunan, insulator, sol sepatu (Nawaz, *et al.*, 2010), dan kertas seni (Sutyasmi, 2012). Daur ulang kromium pada *shaving* telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain melalui incinerator /pengabuan pada suhu 500 ° – 700 ° C (Rahman, *et al.* 2016), reduksi krom valensi 6 menggunakan incenerator pada suhu 1000 ° C (Sharafa, *et al.* 2013), penambahan natrium karbonat dilanjutkan karbonisasi pada suhu 600 ° C (Putshaka, *et al.* 2015), dan hidrolisis kolagen menggunakan enzim *alkaline Protease* (Kumar, *et al.* 2012). Cabeza, *et al.* (1998) mendaur ulang kromium melalui hidrolisis kolagen menggunakan MgO; Sutyasmi, S dan Supraptiningsih (2014) mendaur ulang kromium pada kulit *shavings* melalui hidrolisis kolagen menggunakan natrium hidroksida.

Incenerasi/pengabuan limbah *shaving* secara langsung untuk mendaur ulang kromium tidak dihasilkan hidrolisat kolagen. Hidrolisat kolagen dari *shaving* mengandung nitrogen dalam jumlah tinggi, karenanya dapat digunakan sebagai aditif pakan ternak dan pupuk tanaman (Cabeza, *et al.* 1998). Untuk memperoleh hidrolisat kolagen, maka daur ulang harus dilakukan melalui hidrolisis menggunakan asam, basa atau kombinasinya. Salah satu unsur yang berperan sangat penting pada proses metabolisme dalam tanaman adalah kalium. Oleh karena itu untuk menambah unsur kimia (kalium) pada hidrolisat kolagen, maka daur ulang perlu dilakukan dengan menggunakan basa kalium hidroksida. Daur ulang kromium menggunakan kalium hidroksida akan dihasilkan hidrolisat yang mengandung nitrogen dan kalium, sehingga dapat lebih bermanfaat apabila digunakan sebagai pupuk tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total kromium yang dapat dipisahkan dari limbah *shaving* menggunakan basa kalium hidroksida.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kulit samak yang berupa *shavings*, kalium hidroksida (KOH) teknis untuk hidrolisis kolagen dan sejumlah bahan kimia untuk uji karakterisasi hasil pemisahan. Limbah kulit *shavings* diperoleh dari industri penyamakan kulit yang berlokasi di Sitimulyo, Bantul, Yogyakarta.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penangas air / *water bath*, timbangan digital, oven, kertas saring (whatmann no 42), beker gelas, pipet ukur, gelas ukur, corong gelas, pengaduk dari gelas, alat saring, wadah dari plastik dan seperangkat alat lainnya untuk hidrolisis kulit *shavings*, penampung filtrat dan cake/residu.

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pemisahan kromium *shaving* adalah percobaan skala laboratorium. Pemisahan kromium dalam kulit *shaving* dilakukan dengan cara hidrolisis menggunakan larutan basa kalium hidroksida pada konsentrasi yang bervariasi. Variasi konsentrasi larutan kalium hidroksida masing-masing adalah 4, 5, 6, dan 7 %. Setiap perlakuan percobaan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

Shaving dibersihkan dari kotoran yang terikut seperti kertas, daun, plastik dan lainnya, kemudian ditimbang masing-masing sebanyak 100 gram. Selanjutnya kulit *shavings* di hidrolisis menggunakan larutan KOH sebanyak 600 ml pada konsentrasi masing-masing sebesar 4,5,6, dan 7%. Hidrolisis dilakukan selama 24 jam dalam wadah plastik pada suhu ruang. Kemudian kulit *shavings* yang telah di hidrolisis beserta larutannya dipindahkan kedalam beker gelas untuk di ekstraksi. Ekstraksi kolagen dilakukan selama 4 jam menggunakan *waterbath* pada suhu 80° - 90° C, setiap 30 menit sekali dilakukan pengadukan.

Setelah ekstraksi selesai, dalam keadaan panas di saring menggunakan kertas whatmann 42. Menjelang berakhirnya proses penyaringan, kedalam residu atau *cake* ditambah air panas suhu 80° - 90° C sebanyak 100 ml. Penambahan air panas bertujuan agar hidrolisat kolagen tersaring semuanya. *Cake* beserta kertas *whatmann* di taruh diatas *tray* plastik, kemudian di jemur sampai kering. Filtrat dituang kedalam *tray* yang terbuat dari plastik, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60-65° C sampai kering. *Cake* dan filtrat setelah kering dimasukkan kedalam plastik dan disimpan untuk selanjutnya dilakukan pengujian.

Pengujian *cake* dan filtrat meliputi bobot kering (Gravimetri), kandungan air (SNI 06-0644-1989), protein (cara Kjeldahl), kadar abu (SNI 06-0563-1989), lemak minyak (SNI 06-0564-1989), krom total (ISO 17072-2:2011) dan warna (visual). Untuk perhitungan persentase krom terpisah, menggunakan formula 1 dan 2.

$$\text{Bobot krom pada cake/residu (g)} = \text{kadar krom (\%)} \times \text{bobot cake/residu (g)} \quad (1)$$

$$\% \text{ Krom terpisah} = \frac{\text{bobot krom pada cake (g)}}{\text{bobot shaving yang diproses (g)}} \times 100 \% \quad (2)$$

Sementara untuk perhitungan persentase kromium terpisah berbasis neraca massa atau dibandingkan dengan kandungan krom yang terdapat pada *shaving* dapat dihitung menggunakan formula 3.

$$\% \text{ Cr terpisah} = \frac{\text{Cr dalam cake} \times 100 \%}{\text{Cr pada cake} + \text{Cr yang terikut hidrolisat}} \dots\dots\dots (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot *cake* rata-rata tiga ulangan semakin bertambah seiring peningkatan kadar KOH yaitu bervariasi dari 15,43 – 19,59 g, sedangkan bobot hidrolisat kolagen juga meningkat kemudian turun dan terendah didapat pada perlakuan KOH 7% yaitu 83,99 g dan tertinggi pada perlakuan KOH 5% yaitu 89,34 g. *Cake* mengandung komponen yang tidak larut termasuk krom, sedangkan filtrat merupakan hidrolisat kolagen, mengandung protein dalam jumlah banyak dan bahan-bahan terlarut serta bahan lain yang lolos kertas saring whatman 42 dan juga sisa basa.

Bobot hidrolisat kolagen mula-mula meningkat kemudian turun ke tingkat yang lebih rendah. Keadaan ini diduga bahwa pada konsentrasi basa tinggi untai protein kolagen dari triple heliks dihidrolisis dan lebih banyak dipecah menjadi satuan-satuan protein tunggal yang lebih kecil, kemudian sebagian ikut menguap pada saat ekstraksi dengan suhu yang agak tinggi dan pada proses pengeringan. Semakin tinggi konsentrasi basa, maka akan semakin banyak pula kolagen yang terhidrolisis, dengan demikian bobot hidrolisat kolagen semakin rendah. Hasil uji bobot *cake* dan hidrolisat kolagen selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bobot *Cake* dan Hidrolisat kolagen serta Kadar Kromium pada *Cake* dan Hidrolisat kolagen

No	Konsentrasi KOH (%)	Bobot (g)		Cr terpisah (% b/b)	
		<i>Cake</i>	Hidrolisat kolagen	<i>Cake</i>	Hidrolisat kolagen
1	4	15,43	85,69	0,85	0,06
2	5	16,44	89,34	1,24	0,06
3	6	18,42	85,03	1,06	0,06
4	7	19,59	83,99	0,99	0,05

Bobot *cake* ditambah hidrolisat kolagen melebihi 100 g, hal ini disebabkan adanya penggunaan KOH yang ditambahkan untuk hidrolisis *shaving*. Hasil analisis kandungan *cake* dan hidrolisat kolagen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan *cake* dan hidrolisat kolagen

No	Parameter	Cake				Hidrolisat kolagen			
		4%	5%	6%	7%	4%	5%	6%	7%
1	Cr total (mg/g)	55,1	75,6	57,5	50,7	0,67	0,73	0,76	0,58
2	Abu (% b/b)	45,88	43,88	44,79	38,50	15,88	15,91	22,03	22,62
3	Air (% b/b)	7,12	7,84	8,06	9,57	13,39	11,84	12,93	5,22
4	Lemak (% b/b)	-	-	-	-	7,14	9,03	2,94	3,86
5	Protein (% b/b)	23,46	26,19	25,31	23,19	46,44	45,56	56,88	51,0
6	Warna	hijau	hijau	Hijau	hijau	kc	kc	kc	kc

Keterangan : kc = kuning kecoklatan

Cake

Cake dari hasil hidrolisis *shaving* menggunakan larutan KOH 4, 5, 6, dan 7 % memiliki kandungan Cr total, abu, air, protein dan warna yang bervariasi sebagaimana Tabel 2. Kandungan Cr total, abu, air, protein dan warna pada cake tersebut masing-masing adalah

50,7 – 75,6 mg/g; 38,5 – 45,88 % ; 7,12 – 9,57 %; 23,19 – 26,19 %; sedangkan warnanya relatif sama yaitu hijau.

Kandungan Cr total pada *cake* cukup tinggi, hal ini juga diperkuat oleh adanya warna hijau pada *cake*. Warna hijau menunjukkan bahwa *cake* mengandung kromium dalam jumlah cukup tinggi. Dengan demikian berarti bahwa hidrolisis *shaving* menggunakan KOH, dilanjutkan penyaringan menggunakan kertas whatman 42 dapat digunakan sebagai metoda untuk pemisahan atau pengambilan kembali kromium pada kulit *shaving*. Mekanisme yang terjadi pada pemisahan kromium menggunakan KOH dapat dikemukakan sebagai berikut; mula-mula basa (KOH) memecah ikatan krom sulfat pada gugus karboksil kolagen dalam kulit *shaving*, selanjutnya basa (KOH) menjadikan serat kolagen mengembang dan menghidrolisisnya menjadi hidrolisat kolagen atau gelatin. Ikatan molekul krom dalam kulit samak termasuk kulit *shaving* digambarkan sebagai 2 (Peptida.R COO Cr)OSO₄ (Anupama & Rubina, 2013). Reaksi yang diduga terjadi antara KOH dengan kulit *shaving* adalah :

Setelah reaksi pemisahan krom selesai, basa (KOH) menghidrolisis kolagen menjadi gelatin. Pada kondisi panas hidrolisat kolagen atau gelatin berada pada fase cair sedangkan krom terpisah dan mineral lainnya mengendap, sehingga mudah dipisahkan dengan penyaringan.

Kandungan abu pada *cake* cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa *cake* mengandung mineral dalam jumlah yang cukup banyak, antara lain Cr dan mineral lain yang ditambahkan pada proses penyamakan serta yang terdapat pada kulit. Kandungan air dan protein pada *cake* relatif lebih rendah, keadaan ini memberi petunjuk bahwa terdapat kolagen atau protein yang tertahan pada proses penyaringan. Gelatin dapat membentuk gel yang bersifat *thermoreversible*, memiliki titik leleh dibawah suhu tubuh manusia yaitu < 35° C (Cole, 2000). Gelatin larut dalam air panas, pada suhu 35 – 40° C gelatin berubah menjadi gel (Singh, et al. 2002). Perubahan gelatin yang tadinya larut menjadi gel adalah penyebab tertahannya hidrolisat kolagen pada saringan dan tertinggal serta tercampur dengan ceke/residu. Penambahan air panas pada akhir penyaringan ternyata masih menyisakan protein dari hidrolisat kolagen pada *cake/residu*. Oleh karena itu penyaringan perlu dilakukan secara cepat (misal dengan vacum press) agar hidrolisat kolagen masih dalam bentuk larutan.

Persentase kromium yang dipisahkan dari limbah *shaving* sebagaimana Tabel 1. Hidrolisis dengan KOH 4, 5, 6, dan 7 % menghasilkan kromium terpisah sebanyak 0,85; 1,24; 1,06; dan 0,99 % b/b. Perlakuan menggunakan konsentrasi KOH 5 % merupakan perlakuan terbaik, karena menghasilkan kromium terpisah paling banyak, yaitu 1,24% b/b. Dari data ini dapat dikemukakan bahwa hidrolisis kolagen pada kulit *shaving* menggunakan basa kalium hidroksida cukup efektif untuk pemisahan krom yang terkandung pada kulit *shaving*.

Perhitungan kromium terpisah berbasis neraca massa menggunakan larutan KOH 4; 5; 6; dan 7 % berturut-turut adalah 93,41; 95,38; 94,64; 95,19 % dari bobot krom pada *shaving*. Meskipun krom yang terpisah dari *shaving* cukup besar, namun krom didalam *cake* masih tercampur dengan komponen lain. Oleh karena itu perlu dimurnikan terlebih dahulu sebelum digunakan lagi. Menurut Cabeza, *et al* (1998), pemurnian dapat dilakukan dengan menambahkan asam sulfat pekat kedalam *cake* sampai pH < 1, selanjutnya ditambah sodium hidroksida sampai pH berkisar antara 1,85 - 2,00. Didiamkan selama satu malam untuk mengendapkan bahan organik. Setelah endapan (bahan organik) dipisahkan, kedalam larutan ditambahkan sodium hidroksida sampai pH larutan menjadi 8 - 9, dipanaskan pada suhu 70° C selama 2 jam. Langkah berikutnya pengendapan krom dalam larutan menggunakan sodium hidroksida. Krom oksida yang mengendap dipisahkan dan dicuci.

Krom oksida ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) yang diperoleh dapat digunakan lagi sebagai bahan untuk proses penyamakan kulit, namun perlu ditambahkan asam sulfat sampai mencapai pH 2,8. dan didiamkan satu malam (Anupama & Rubina, 2013).

Hidrolisat kolagen

Hasil uji sebagaimana Tabel 2 menunjukkan bahwa variasi larutan KOH yaitu 4, 5, 6, dan 7 % dalam pemisahan kromium pada *shaving* menghasilkan hidrolisat kolagen atau gelatin dengan kandungan Cr total, abu, air, lemak/minyak, dan protein yang beragam yaitu masing-masing adalah ; 0,58 – 0,76 mg/g; 15,88 – 22,62 % b/b; % 5,22 – 13,39 b/b; 2,94 – 9,03 % b/b; 45,56 – 56,88 % b/b; sedangkan warna relatif sama yaitu kuning kecoklatan.

Hidrolisat kolagen ternyata masih mengandung Cr total meskipun dalam jumlah yang cukup rendah. Keadaan ini berarti bahwa terdapat Cr dalam bentuk larutan yaitu krom sulfat sehingga lolos dalam penyaringan. Kandungan abu pada hidrolisat kolagen cukup tinggi meskipun lebih rendah dari abu pada *cake*. Abu merupakan sisa pembakaran yang sempurna, terdiri atas mineral-mineral yang terdapat pada kulit asal seperti tembaga, zink dan arsen (Sasmitaloka, dkk. 2017), ditambah mineral yang digunakan pada proses pengolahan. Keadaan ini sejalan dengan kandungan Cr pada *cake* yang jumlahnya lebih banyak dibanding pada hidrolisat kolagen.

Kandungan air dan protein pada hidrolisat kolagen relatif cukup tinggi dan lebih besar daripada yang terdapat dalam *cake*. Kolagen merupakan protein yang memiliki tiga gugus reaktif yaitu karboksil (COOH), hidroksil (OH) dan amin (NH_2). Kondisi ini dapat dijelaskan sebagai berikut; mula-mula KOH memecah ikatan krom sulfat pada gugus karboksil kolagen, selanjutnya perendaman *shaving* pada larutan KOH menjadikan serabut kolagen mengembang dan menghidrolisisnya. Keadaan ini menjadikan basa (KOH) terperangkap pada kolagen dan sulit keluar (Sugihartono, *et al*, 2015). Sasmitaloka, *et al*. 2017 juga menyatakan bahwa saat pada proses perendaman menjadikan serabut kolagen membengkak dan membuka ikatan asam amino pada molekul kolagen dan pelarut terpengangkap serta tidak larut dalam netralisasi. Oleh karena itu hidrolisat kolagen mengandung protein dalam jumlah besar dan juga unsur kalium yang berasal dari proses hidrolisis. Dengan demikian hidrolisis menggunakan basa (KOH) menghasilkan hidrolisat kolagen yang kaya unsur nitrogen dan kalium. Kedua unsur tersebut sangat diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan metabolisme. Untuk lebih menjamin keamanan maka penggunaan hidrolisat kolagen ini sebagai pupuk tanaman pangan masih diperlukan penelitian lebih lanjut, karena mengandung kromium walaupun dalam jumlah yang relatif kecil.

Metoda pemisahan krom pada *shaving* dengan menggunakan basa (KOH) dapat digolongkan kedalam metoda yang sederhana dan mudah dikerjakan. Krom yang berhasil dipisahkan menggunakan metoda ini berjumlah cukup banyak yaitu 93,41- 95,38% berat krom yang terdapat pada *shaving*, disamping itu juga diperoleh hidrolisat kolagen atau gelatin. Hidrolisat kolagen mengandung protein dalam jumlah yang cukup besar. Melalui penerapan metoda ini pada pemisahan kromium dari *shaving*, maka penanganan limbah industri penyamakan yang digolongkan kedalam bahan berbahaya beracun dapat diatasi. Kromium yang berhasil dipisahkan dari *shaving* dapat dimurnikan dan dimanfaatkan kembali untuk proses penyamakan, sedangkan hidrolisat kolagen dapat digunakan sebagai gelatin teknis, misal untuk pupuk. Penerapan metoda ini pada penanganan *shaving* dapat digunakan untuk melindungi lingkungan dari kontaminasi kromium terutama kromium heksavalen.

KESIMPULAN

Limbah industri penyamakan yang berupa *shaving* dapat ditangani menggunakan basa kalium hidroksida. Penggunaan larutan kalium hidroksida 5 % menghasilkan krom terpisah yang paling tinggi yaitu 1,24 % (berat/berat *shaving*) atau sebanyak 95,38% dari total krom yang terdapat pada *shaving*. Hidrolisat kolagen yang diperoleh mengandung protein sebesar 45,56 – 56,88 % b/b, dan masih mengandung krom total sebanyak 0,58 – 0,76 mg/g hidrolisat kolagen. Kromium yang berhasil dipisahkan dapat dimurnikan dan dimanfaatkan kembali untuk proses penyamakan, sedangkan hidrolisat kolagen dapat digunakan untuk pupuk tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKKP) Yogyakarta atas kesempatan yang telah diberikan pada penulis untuk melakukan kegiatan penelitian dan kepada rekan-rekan pejabat Litkayasa di lingkungan BBKKP yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrioli, E. & Gutterres, M. 2015. Evaluation of waste management in tanneries, *Proceding XXXIII IULTCS Congress, Novo Hamburgo/Brazil*, 180 : 1-9
- Anupama, P. & Rubina, C., 2013, Studies on the Generation of Biogas from Collagen Hydrolysate obtained from Chrome Shavings by Alkaline Hydrolysis: A Greener Disposal Method. *Research Journal of Recent Sciences*, 2 : 234-240.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 1989. Standard Nasional Indonesia, SNI 06-0564-1989 : Cara uji kadar minyak atau lemak dalam kulit tersamak, Jakarta, Indonesia: BSN.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 1989. Standard Nasional Indonesia, SNI 06-0563-1989 : Kulit tersamak - Cara uji kadar abu. Jakarta, Indonesia: BSN.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 1989. Standard Nasional Indonesia, SNI 06-0644-1989 : Cara uji kadar air dalam kulit, Jakarta, Indonesia: BSN.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2013. Standard Nasional Indonesia, SNI-ISO 4684: 2013. Kulit-Uji kimiawi-Penentuan bahan mudah menguap. Jakarta, Indonesia: BSN.
- Cabeza, L.F., Taylor, M.M., DiMaio, G.L., Brown, E.M., Marmer, W.N. Carrio, R., Celma, P.J., & Cot, J. 1998. Processing of leather waste: pilot scale studies on chrome shavings. Isolation of potentially valuable protein products and chromium. *Waste Management* 18 : 211-218.
- Cole, CGB., Gelatin. 2000. *Encyclopedia of Food Science and Technology, 2nd edition, 4 Vols*, Ed. JF Frede rick. New York. John Wiley & Sons, 1183-1188.
- Herr´aez, D.S., Chabaane, L., Tahiri, S., Pastor, A., & Guardia, M., 2012. Preliminary Results on the Use of Leather Chrome Shavings for Air Passive Sampling, *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2012 : 1-6. doi:10.1155/2012/897872.
- International Standard. 2011. ISO 1702-2: 2011 (E). *Leather-Chemical determination of metal content*. First Edition, Switzerland.
- IUE (The International Union Environment Commission) -2. 2008. *Recommendation For Tannery Solid By Product Management. Updated 2008* http://www.iultcs.org/pdf/IUE2_2008 (Diakses 18 April 2013)
- Kanagaraj, J., Velappan, K.C., Chandra Babu, N.K., & Sadulla, S. 2006. Solid Wastes Generation In The Leather Industri And Its Utilization For Cleaner Environment –A Re view. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 65 : 541-548.
- Kumar, P.S., Sounderraj, L., Sivakumar, K., & Rajakumar, S. 2012. Enzymatic Hydrolyses of Chrome Shaving Waste from Tannery through *Aspergillus tamerii*. *BIOL. ENVIRON. SCI.*, 6(18): 285-292

- Nawaz, H.R., Solangi, B.A., Nadeem, U., & Zehra, B. 2010. Preparation of High Exhaust Chrome from Leather Shavings and Hydrocarbons with its Application in Leather Processing for Green Tanning Technology. *Journal-Chemical Society of Pakistan*, 32(4): 525-530.
- Putshaka J. D., Yakubu A., Jauro A., Harami H. M., & Kolo M. **2015**. Effect of Alkali and Acid Concentration in Extraction of Chromium III from Tannery Solid Waste. *American Journal of Chemistry and Application*, 2(6): 89-94
- Rahman, A., Hosen, Md. R., Bashar, K., Afroze, J.S., & Naher U.B.H., 2016. Extraction Of Chromium From Leather Chrome Shaving Dust. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 5(10) : 160-163.
- Sasmitaloka, K.R., Miskiyah, & Juniawati. 2017. Kajian potensi kulit sapi kering sebagai bahan dasar produksi gelatin halal. *Buletin Peternakan* 41 (3) : 328-337. DOI : 10.21059/buletinpetrnak.v41i3.17872
- Sharafa, S.A.A., Gasmeleed, G.A., & Musa, A.E . 2013. Reduction of Hexavalent Chromium from Chrome Shavings . *Journal of Advance Industrial Engineering*, 1(1): 24-27
- Singh, S., Rao, K.V.R., Venugopal, K., & Manikandan, R. 2002. Alteration in Dissolution Characteristics of Gelatin-Containing Formulation A Review of the Problem, Test Methods and Solution. *Journal Pharmaceutical Tecnology*, 26 : 36-59.
- Sutyasmi, S. 2012, Daur ulang limbah shaving industri penyamakan kulit untuk kertas seni. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 28(2): 113-121. <http://dx.doi.org/10.20543/mkkip.v28i2>
- Sutyasmi, S. & Supraptiningsih. 2014. Pemanfaatan kembali krom limbah *shaving* untuk penyamakan kulit. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 30(2): 87-94. <http://dx.doi.org/10.20543/mkkip.v30i2.100>
- Sugihartono, Sutyasmi, S. & Prayitno. 2015. Pemanfaatan trimming kulit piket sebagai flokulan melalui hidrolisis kolagen menggunakan basa untuk penjernihan air, *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 31(1) :37-43. <http://dx.doi.org/10.20543/mkkip.v31i1.221>
- Vaskova, H., Kolomaznik, K., & Vasek, V. 2013. Hydrolysis Process of Collagen Protein from Tannery Waste Materials for Production of Biostimulator and its Mathematical Model. *International Journal Of Mathematical Models And Methods In Applied Sciences*. 7 (5) : 568-575.