

Kemampuan Ampas Tahu dalam Proses Koagulasi Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Pabrik Penyamakan Kulit

Junina Yulianti Baun¹, L. Indah Murwani Yulianti^{1*}, F. Sinung Pranata¹

¹Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta; e-mail: indah.yulianti@uajy.ac.id

Abstrak

Limbah cair penyamakan kulit merupakan limbah hasil produksi kulit mentah menjadi kulit yang sudah tersamakkan dengan menggunakan bahan penyamak krom. Pada proses produksi limbah cairnya masih mengandung krom sekitar 20-40% sebab saat produksi tidak semua bahan krom terikat pada kulit bila dibuang ke lingkungan maka dapat menyebabkan kanker paru-paru, kanker kulit, nekrosis tubulus ginjal, hiperpigmentasi kulit dan bahkan kematian. Berdasarkan hasil karakteristik limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*), dapat diketahui kadar logam berat krom(Cr) sebesar 501 mg/l. Ampas tahu merupakan salah satu bahan biosorben karena memiliki kandungan protein yang dapat mengikat logam berat. Kandungan protein dalam ampas tahu yang diperoleh sebesar 20,63%. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dengan 2 faktor yaitu variasi berat ampas tahu (100 mg, 300 mg dan 500 mg) dan variasi waktu kontak (60 menit, 90 menit dan 120 menit). Ampas tahu memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar logam berat krom (Cr) dari 35,97% sampai dengan 66,43% sehingga memiliki kemampuan sama dengan tawas yang ada dipasaran. Berat ampas tahu yang optimum dalam menurunkan kadar logam berat krom (Cr) yaitu variasi 100 mg. Waktu kontak optimum agar terjadi pengikatan logam berat krom (Cr) dengan ampas tahu yaitu selama 90 menit.

Kata kunci : limbah cair, pabrik penyamakan kulit, chromium (Cr), koagulasi, ampas tahu

Abstract

Leather tannery wastewater is a waste from the production of raw leather into leather that has been tanned using chrome tanning material. In the production process, the liquid waste still contains around 20-40% chromium because, during the production, not all of the chromium material is bound to the skin when discharged into the environment and because of that, it can cause lung cancer, skin cancer, renal tubular necrosis, skin hyperpigmentation even death. Based on the results of the characteristics of the tannery liquid waste using AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*), it can be seen that the content of heavy metal chromium (Cr) is 501 mg / l. Tofu dregs is a biosorbent material because it contains protein that can bind heavy metals. The protein content in tofu dregs was 20.63%. The experimental design used in this study was a factorial completely randomized design (RALF) with 2 factors, namely variations in tofu pulp weight (100 mg, 300 mg, and 500 mg) and variations in contact time (60 minutes, 90 minutes and 120 minutes). Tofu dregs have the ability to reduce levels of heavy metal chromium (Cr) from 35.97% to 66.43% which means they have the same ability as an alum on the market. The optimum weight of tofu dregs to reduce heavy metal chromium (Cr) is a variation of 100mg. The optimum contact time of the heavy metal chrome (Cr) to bind tofu dregs is 90 minutes.

Keywords: liquid waste, leather tanning factory, chromium (Cr), coagulation, tofu dregs

Citation: Baun, J. Y., Yulianti, L. I. M., dan Pranata, F. S. (2023). Kemampuan Ampas Tahu dalam Proses Koagulasi Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Pabrik Penyamakan Kulit. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 21(2), 228-237, doi:10.14710/Jil.21.2.228-237

1. PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah berbagai macam kulit mentah, kulit setengah jadi (kulit piket, kulit *wet blue*, kulit kras) menjadi kulit jadi. Industri ini sebagai salah satu penghasil devisa nonmigas bagi negara (Adib dkk., 2018). Industri ini tidak hanya berdampak positif bagi ekonomi negara, ada pula dampak negatif yang ditimbulkan bagi kualitas perairan di lingkungan sekitar pabrik, sebab dalam proses pembuatan kulit

menggunakan bahan penyamak yaitu krom (Cr). Penggunaan krom (Cr) memiliki dampak bagi kesehatan manusia dan biota perairan. Krom sebagai bahan penyamak ini penggunaannya memiliki tujuan lainnya yaitu agar komponen kolagen dan polipeptida dapat membentuk ikatan kompleks untuk mencegah penetrasi air pada pori-pori kulit sehingga menghambat pembusukan pada kulit (Mayasari dan Muhamad, 2016).

Pada proses penyamakan dengan krom (Cr) biasanya kulit hanya dapat menyerap krom(Cr) sekitar 60-80% sedangkan 20-40% krom(Cr) akan terikut dengan air (Xavier dkk., 2013). Krom ketika masuk ke badan air akan menimbulkan permasalahan baru bagi kesehatan manusia antara lain terjadinya penghambatan kerja dari enzim benzopiren hidrosilase sehingga mengakibatkan perubahan pertumbuhan sel dan juga sel-sel dalam tubuh akan tumbuh secara liar dan bisa juga mengakibatkan kanker (Palar, 1994).

Menurut Effendi (2003) ,jikalau garam-garam kromium masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang melebihi dari ambang batas toleransi tubuh maka akan menimbulkan gangguan pada sistem pencernaan seperti nyeri perut, muntah, ulkus lambung, pendarahan dan nekrosis serta diare berdarah. Mengingat masalah kesehatan yang akan timbul seperti pertumbuhan sel hingga terbentuk kanker pada manusia, maka diharapkan adanya penanganan terhadap limbah penyamakan kulit baik secara kimia, fisik maupun biologi.

Penelitian mengenai penanganan limbah cair penyamakan kulit sudah pernah dilakukan oleh Meirinna dkk. (2013) dengan menggunakan kombinasi alkali NaOH dan adsorpsi menggunakan *bagase fly ash* berhasil mengurangi krom (Cr) dalam limbah cair hingga 99,97% namun memiliki masalah lain yaitu hasil endapannya dari proses presipitasi masih perlu diolah sebab bersifat toksik, dan juga diperlukan biaya yang lebih besar dalam penyediaan bahan baku. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan bahan alami yang berasal dari ampas tahu yang tidak bersifat toksik bila dibuang ke lingkungan serta lebih ekonomis.

Penelitian mengenai pemanfaatan ampas tahu dalam mengadsorpsi logam berat krom (Cr) pada limbah penyamakan kulit belum pernah dilakukan, namun telah dilakukan beberapa pengujian dengan memanfaatkan limbah tahu sebagai koagulan logam berat dengan cara dibuat dalam bentuk tepung untuk seperti yang dilakukan oleh Nohong (2010) dengan menggunakan sampel air lindi TPA Puuwatu Kendari diketahui bahwa tepung ampas tahu memiliki kemampuan mengadsorpsi krom (Cr) dalam limbah air lindi TPA sebesar 100% dan besi sebesar 95,53%, dengan kadar awal sebelum diolah sebesar 8,00 mg/L menjadi 1,13mg/L, sedangkan kemampuan maksimum limbah tahu dalam mengadsorpsi logam kadmiun tidak diperoleh. Peningkatan konsentrasi logam krom yang teradsorpsi pada massa pengadsorpsi 100 mg dan 300 mg mengalami peningkatan secara signifikan dan juga adsorpsi krom pada 30 menit hingga 90 menit masih mengalami peningkatan serapan krom.

Pada tahun 2016 Hartati,dkk melakukan penelitian dengan menggunakan limbah pada tahu sebagai pengadsorpsi logam timbal (Pb) dari air lindi sampah TPA Sukawinatan dan diperoleh hasil tepung ampas tahu dengan berat 1,5 g dengan waktu kontak 90 menit diperoleh hasil logam berat timbal (Pb)

dalam 100 mL lindi terjadi penurunan kadar timbal (Pb) dari 0,14mg/L menjadi 0,10mg/L.

Penelitian lain yang membuktikan kemampuan ampas tahu dalam mendegradasi logam berat seperti yang dilakukan oleh Amanda Rialita pada tahun 2017 untuk mendegradasi logam berat tembaga (Cu) pada limbah cair laboratorium Teknik lingkungan Universitas Tanjungpura dengan menggunakan tepung ampas tahu sebanyak 1 gram untuk setiap sampel dan diperoleh hasil bahwa terjadinya penurunan kadar logam berat tembaga (Cu) dari kadar awal 19,085 menjadi 10,013 mg/L dengan besar efisiensi penurunan sebesar 47,523% selama 150 menit. Pada parameter COD mengalami peningkatan sebesar 5% dari 360mg/L menjadi 379mg/L dan pH mengalami penurunan sebesar 18% dari 1,1 menjadi 0,94 berdasarkan hasil yang diperoleh ini menunjukkan kedua parameter ini nilainya masih belum sesuai dengan baku mutu berdasarkan PERMEN LH No. 5 Tahun 2014.

Nohong (2010) menyatakan bahwa, limbah padat tahu memiliki kemampuan untuk mengikat ion atau logam pada limbah cair, hal ini dikarenakan limbah padat tahu masih memiliki kandungan protein yang hampir sama dengan tahu. Protein yang ada memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat sebab protein memiliki sisi atau gugus aktif. Protein yang terdiri dari asam-asam amino dapat membentuk *zwitter* ion atau bermuatan dua. Hal ini lah yang membuat limbah padat tahu atau ampas tahu dapat digunakan sebagai koagulan alami. Ampas tahu memiliki keunggulan dibanding dengan koagulan lainnya sebab ampas tahu murah dan mudah didapat, tidak bersifat toksik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan ampas tahu dalam mengurangi logam berat krom (Cr) dan mengetahui berat optimal serta waktu kontak optimal ampas tahu dalam mengurangi logam berat krom (Cr) dalam limbah cair penyamakan kulit.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui kemampuan dan berat optimal ampas tahu dalam mengurangi kadar logam berat krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit, (2) mengetahui durasi waktu yang optimal bagi ampas tahu untuk dapat mengurangi kadar logam berat krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diterapkan pada industri penyamakan kulit dalam mengolah limbah cair sebelum dibuang ke badan air seperti sungai sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan bagi kesehatan manusia dan juga biota perairan yang ada.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan yaitu gelas beker 500 ml, labu ukur, gelas ukur 100 ml, gelas arloji, Erlenmeyer 250 ml, corong, pipet dan propipet, timbangan analitik, Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) merk THERMO-

Scientific seri iCE 3000, SEM (*Scanning Electron Microscope*) merk Phenom Desktop ProXL, jartest VELD FP4 Cat. F105A0117, oven, blender, grinder, hotplate, nampan, botol plastic ukuran 50 ml, ayakan 150 mesh, stopwatch, seperangkat alat uji kadar protein merk Buchi yang terdiri dari Speed Digester K425 dan Distillation Unit K-355, pH meter dan tubidimeter merk Turbichack. Bahan yang digunakan yaitu air limbah penyamakan kulit yang berasal dari CV. Cisarua Cianjur, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat, ampas tahu basah yang berasal dari pabrik tahu Pak Alip yang berada Desa Ngetisharjo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, asam sulfat pekat, akuades, larutan HNO₃ pekat 65%, larutan NaOH 32%, larutan asam klorida (HCl) 0,1 N, indikator metil merah, asam borat 4%, serbuk tawas, kertas saring, silica makanan, plastic ziplock dan kertas tissue.

2.2 Preparasi tepung ampas tahu

Ampas tahu sebanyak 1 kg dicuci dengan air sebanyak 2 kali, kemudian dikukus selama 15 menit dengan suhu 100°C lalu dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Ampas tahu yang sudah dikeringkan angin lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 65°C selama 8 jam kemudian dihaluskan dengan blender dan grinder lalu diayak dengan ayakan 150 mesh, dan disimpan dalam plastic ziplock serta diberi silica makanan (Sari dkk., 2018).

2.3 Pengujian kadar protein ampas tahu

Penentuan kadar protein dengan menggunakan alat Buchi terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

a) Preparasi sampel

Sampel yang diuji ditimbang sebanyak 2 gram, lalu ditimbang katalis N sebanyak 2 gram, kemudian dimasukkan ke dalam tabung destruksi dan ditambahkan H₂SO₄ pekat.

b) Tahapan destruksi

Destruktor dinyalakan, diputar panel kontrol panas hingga angka 10, ditunggu hingga 15 menit, lalu diturunkan panel kontrol panas pada angka 8. Tabung destruksi yang berisi sampel dipasang pada tungku destruktur dan nyalakan scrubber (penghisap uap) lalu ditunggu hingga larutan jernih (biasanya berwarna hijau) dan didinginkan.

c) Tahapan destilasi

Sampel yang telah dingin, selanjutnya didestilasi, sebelumnya alat destilasi dihidupkan dan ditunggu selama 15 menit, kemudian disiapkan Erlenmeyer yang terdapat 60 ml asam borat 4% dan 4 tetes indikator metil merah BCG. Selanjutnya sampel pada tabung destruksi dipasangkan pada alat destilasi lalu ditambahkan akuades 50 ml dengan cara ditekan tombol panel reagen 1 pada alat destilasi kemudian NaOH 32% 90 ml dengan cara ditekan panel reagen 2 pada

alat destilasi, selanjutnya tombol panel start ditekan dan ditunggu hingga 4 menit.

d) Tahapan titrasi

Larutan HCl 0,1 N dan juga buret disiapkan lalu sampel pada Erlenmeyer hasil destilasi dititrasi hingga terjadi perubahan warna.

Perhitungan kadar protein yang terkandung dalam ampas tahu dengan menggunakan rumus:

$$w(N) = \frac{V(1) - V(B1) \times F \times c \times f \times M(N)}{m \times 1000} \quad (1)$$

$$\% \text{ Protein} : w(N) \times PF \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

W(N) : Fraksi berat N

V (1) : Volume titran sampel

V (B1) : Volume titran blanko

F : Faktor titran (1=HCl, 2= H₂SO₄)

M(N) : Berat molekul (14,007 g/mol)

1000 : Faktor konversi (ml ke L atau mg ke g)

PF : Faktor Protein (6,25)

%P : % kadar protein

2.4 Pengujian dengan Jartest

Ampas tahu kering sebanyak 100 mg, 300 mg, dan 500 mg dicampurkan dalam limbah cair penyamakan kulit masing-masing sebanyak 100 mL dalam gelas beker. Larutan diaduk menggunakan jartest dengan pengadukan cepat selama 1 menit dengan kecepatan 100 rpm, lalu pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan 50 rpm. Setelah itu didiamkan selama 60, 90 dan 120 menit (Nohong, 2010 dan Chandam dan Alfian, 2013).

2.5 Pengukuran derajat keasaman (pH)

Alat pH meter dihidupkan dan dilakukan kalibrasi dengan cara alat pH meter (sensor) dicelupkan ke dalam larutan buffer pH 7, selanjutnya bagian sensor dikeringkan dengan kertas tissue. Alat pH meter yang telah dikalibrasi dicelupkan ke dalam sampel uji sebanyak 50 ml pada gelas beker dan ditunggu hingga pembacaan tetap dan hasilnya dicatat, kemudian diulangi sebanyak 3 kali.

2.6 Pengukuran turbiditas

Alat tubidimeter merk Turbichack dihidupkan dengan cara menekan tombol ON/OFF, kemudian larutan sampel dimasukkan ke dalam botol vial hingga tanda batas dan dibandingkan dengan larutan blanko. Larutan blanko dimasukkan ke dalam tabung pada nefelometer dan tutupnya dipasang lalu ditekan tombol read dan alat dibiarkan menunjukkan pembacaan yang stabil lalu alat diatur hingga angka kekeruhan larutan baku. Selanjutnya sampel dalam botol vial dimasukkan ke dalam turbidimeter lalu ditekan tombol read dan alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil. Hasil pembacaan dicatat dan diulangi sebanyak 3 kali. Nilai kekeruhan yang terbaca lalu dilakukan perhitungan kadar kekeruhan berdasarkan rumus:

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp \quad (3)$$

- Keterangan :
- A : Kekeruhan dalam NTU sampel yang diencerkan
 - fp : Faktor pengenceran

2.7 Pengukuran logam berat krom

Pengukuran kadar logam berat krom melalui 2 tahapan antara lain sebagai berikut :

a) Destruksi (SNI 6989.65:2009)

Larutan sampel uji diambil sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml lalu ditambahkan larutan HNO₃ pekat sebanyak 5 ml. Selanjutnya, gelas beker ditutup dengan kaca arloji (diameter 5 cm). Larutan uji kemudian dipanaskan dengan *hotplate* hingga volume larutan 20-15 ml atau sudah terlihat jernih. Langkah selanjutnya, kaca arloji dibilas dengan akuades dan air bilasannya dimasukkan ke dalam gelas beker sampel uji, lalu dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml sambil disaring menggunakan kertas saring dan corong. Setelah disaring ditambahkan akuades hingga tepat tanda tera.

b) Pengukuran logam berat krom (Cr) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (Thermo Fisher Scientific, 2018)

Larutan sampel uji disiapkan sebanyak 10 ml, seperangkat komputer dan UPS (*Unit Operation System*) dihidupkan, blower, kompresor dan tabung gas dipastikan dalam keadaan *On* lalu alat AAS (spektrofotometri) dihidupkan. Lampu untuk uji sampel logam krom dipastikan sudah terpasang. *Softwer* SOLAAR dibuka lalu metode parameter logam yang akan diuji disiapkan selanjutnya, *setup optic* dilakukan mengukur absorbansi logam berat krom (Cr) dengan panjang gelombang 357,9 nm.

Flame pada AAS dinyalakan dengan menekan tombol *Flame On* hingga api menyala sempurna, lalu analisa dengan mengklik ikon *analyse* pada lembar kerja lalu selang hisap dicelupkan ke dalam sampel uji dan diklik *Ok*. Setelah semua proses selesai, lalu diklik ikon *stop*. Selang hisap dicelupkan ke dalam akuades dan *flame* dimatikan, kemudian hasil analisa di *print*. Lampu katoda, kompresor alat AAS, dan *blower* dimatikan dan penutup gas diputar untuk menutup, lalu *softwer* SOLAAR ditutup dan UPS (*Unit Operation System*) dimatikan.

2.8 Analisis SEM (Scanning Electron Microscope)

Sampel endapan ampas tahu setelah perlakuan dengan limbah cair disaring lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 1 jam hingga kering dan bertekstur bubuk. Setelah itu, sampel dalam bentuk bubuk ditempatkan pada tatakan paku yang sudah dilapisi *double tape*. Bubuk ampas tahu dibubuhkan keatas tempat sampel lalu disemprot dengan *spray* hingga bubuk ampas tahu yang benar-benar menempel saja yang tertinggal. Sampel ampas tahu pada tatakan

paku di tempatkan pada *sample holder* yang berada di bagian bawah kolom elektron. Pada monitor diatur bagian kefokuskan kamera, perbesaran diatur hingga 5000x dan juga bagian yang menjadi titik fokus hingga terlihat jelas morfologinya, kemudian bagian yang diamati disimpan gambarnya.

2.9 Analisis Data

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan Analisis Varians (ANOVA) untuk mengetahui beda nyata antar perlakuan. Jika terdapat beda nyata, maka dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Analisis ini dilakukan dengan program SPSS versi 15.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Protein Ampas Tahu

Ampas tahu yang masih dalam keadaan basah terlebih dahulu harus dicuci dan dikeringkan sebelum dibuat tepung. Pencucian ampas tahu dengan tujuan untuk mengurangi cemaran lain yang terikut pada ampas tahu yang akan digunakan. Ampas tahu yang sudah kering kemudian dengan metode kjeldahl diukur kadar protein yang terkandung didalamnya dan diperoleh hasil kadar protein sebesar 20,63% dengan lama waktu pengeringan *oven* selama 8 jam pada suhu 65°C.

3.2 Derajat keasaman (pH)

Limbah cair penyamakan kulit sebelum diberi perlakuan dengan ampas tahu menunjukkan hasil pengukuran pH pada nilai 4,04 dengan demikian tergolong limbah dengan pH asam. Berdasarkan hasil pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan ampas tahu, maka diperoleh hasil pengukuran derajat keasaman (pH) yang dapat dilihat pada Gambar 1.

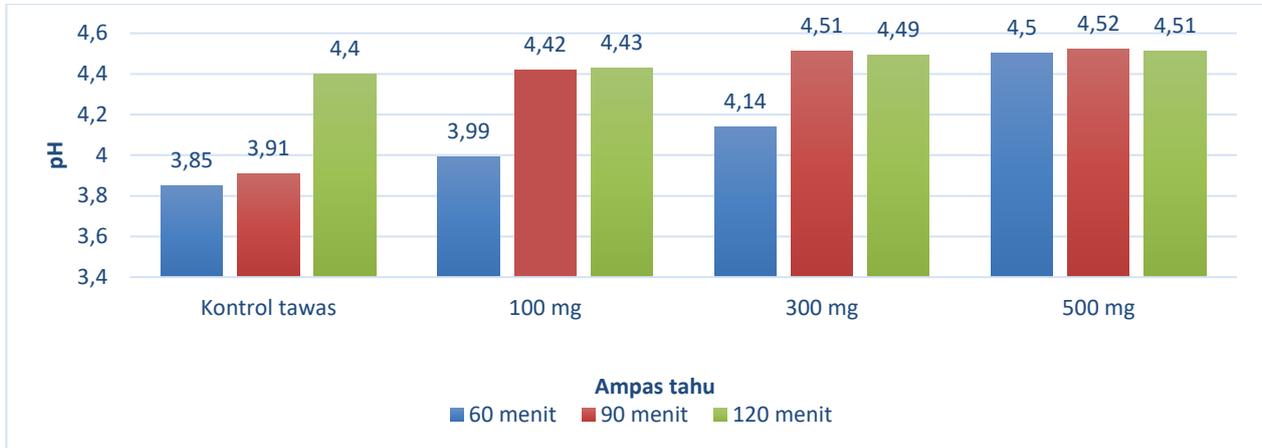
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pengukuran derajat keasaman (pH) seperti yang tertera pada Gambar 1. maka dapat diketahui bahwa pada waktu pendiaman 60 menit pada perlakuan ampas tahu dengan variasi 100 mg mengalami penurunan pH 3,99 sedangkan variasi 300 mg dan 500 mg mengalami peningkatan pH secara berturut-turut 4,14 dan 4,5. Pada waktu pendiaman 90 menit, semua perlakuan ampas tahu dengan variasi 100 mg, 300 mg dan 500 mg mengalami peningkatan pH secara berturut-turut sebagai berikut 4,42; 4,51 dan 4,52. Pada waktu pendiaman 120 menit semua perlakuan ampas tahu mengalami peningkatan pH yaitu 4,43; 4,49 dan 4,45.

Peningkatan pH ini terjadi disebabkan hasil dari protonasi, sebab pH awal sebelum diberi koagulan bersifat asam sehingga ampas tahu bermuatan positif (Nohong, 2010). Nurhayati dkk. (2018) mengatakan bahwa terjadinya kenaikan pH akan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida

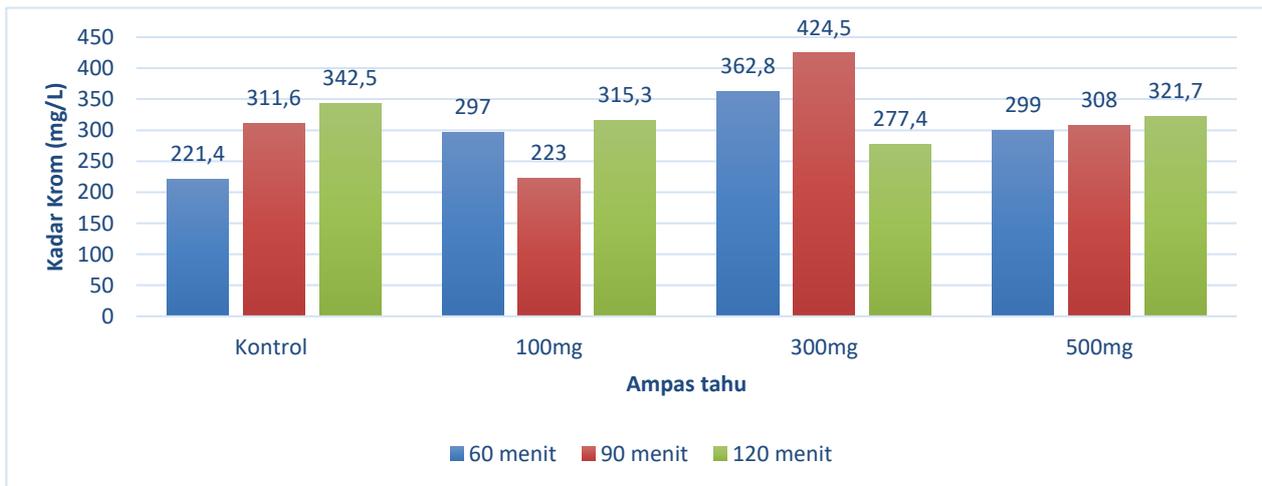
yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

Berdasarkan pengujian pH seperti yang terlihat pada Gambar 1 maka dapat diketahui pada rentang pH 3,99- 4,52 termasuk dalam pH optimum terserapnya logam krom oleh adsorben ampas tahu dengan mengacu pada hasil penelitian Zulkarnain dkk. (2015) dan Kaim dkk. (2014). Hasil pengukuran parameter pH yang diperoleh dari pengolahan limbah cair

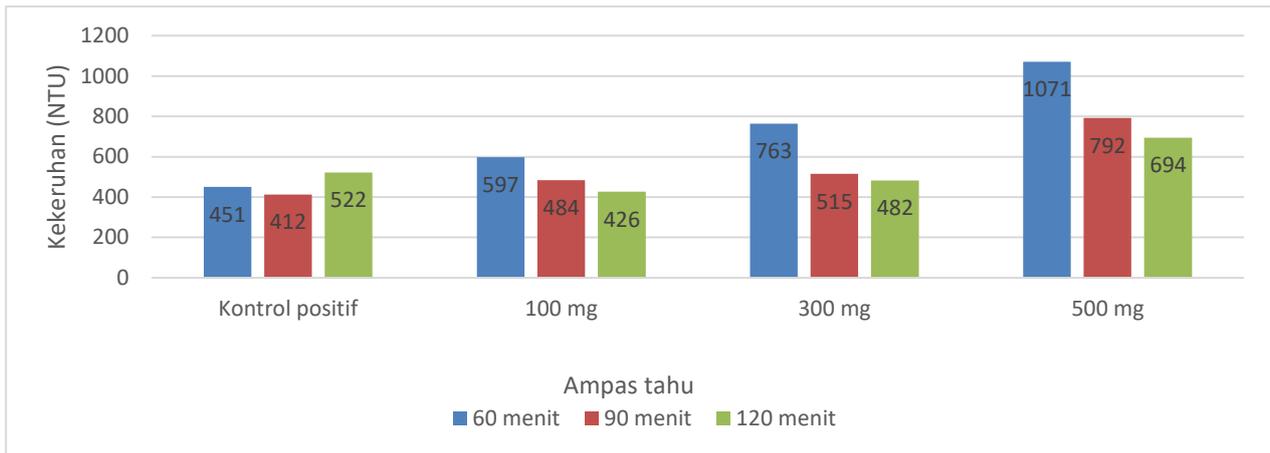
penyamakan kulit dengan ampas tahu belum memenuhi Baku mutu air limbah yang diijinkan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 dengan rentang pH 6-9 sehingga perlu penambahan dosis pemberian ampas tahu sebab memiliki tren meningkat dari setiap perlakuan.



Gambar 1. Hasil pengukuran derajat keasaman (pH) limbah cair penyamakan kulit setelah diberi ampas tahu (100 mg, 300 mg dan 500 mg) dengan 3 variasi waktu (60 menit, 90 menit dan 120 menit)



Gambar 2. Hasil pengukuran kadar logam berat krom limbah cair penyamakan kulit setelah diberi ampas tahu (100 mg, 300 mg dan 500 mg) dengan 3 variasi waktu (60 menit, 90 menit dan 120 menit).



Gambar 3. Hasil pengukuran kekeruhan setelah diberi perlakuan ampas tahu dengan variasi 100 mg, 300 mg dan 500 mg dan dengan pendiaman 60 menit, 90 menit dan 120 menit

3.3 Turbiditas

Uji awal limbah sebelum pengolahan dengan ampas tahu menunjukkan hasil tingkat kekeruhannya pada nilai 9360 NTU, yang menandakan bahwa tingkat kekeruhan limbah cair penyamakan kulit sangat tinggi dan tidak layak di buang ke lingkungan. Berdasarkan hasil pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan ampas tahu, maka diperoleh hasil pengukuran tingkat kekeruhan yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pengukuran tingkat kekeruhan terhadap limbah cair penyamakan kulit setelah diberi perlakuan dengan ampas tahu dengan tiga variasi berat yaitu 100 mg, 300 mg dan 500 mg diketahui pada waktu pendiaman 60 menit hasil pengukuran secara berturut-turut 597 NTU; 763 NTU dan 1071 NTU. Pada waktu kontak 90 menit tingkat kekeruhan menunjukkan tren meningkat setelah pemberian ampas tahu dengan variasi 100 mg, 300 mg dan 500 mg secara berturut-turut yaitu 484 NTU; 515 NTU dan 792 NTU.

Pada waktu kontak 120 menit juga menunjukkan tren meningkat dengan pemberian ampas tahu pada variasi 100 mg, 300 mg dan 500 mg secara berturut-turut yaitu 426 NTU; 482 NTU dan 694 NTU. Hal ini sesuai dengan teori Risdianto (2007) yang mengatakan bahwa ketika dilakukan penambahan dosis koagulan lebih lanjut tidak akan meningkatkan % penurunan nilai turbiditas akan tetapi menyebabkan pecahnya endapan sebagai akibat dari deflokulasi koloid karena adanya gaya tolak menolak antar muatan positif partikel yang pada akhirnya % penurunan nilai turbiditas menurun dan mengakibatkan kekeruhan dalam air limbah.

Peningkatan dosis koagulan yang diberi maka nilai kekeruhan akan semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh karena terjadinya deflokulasi sebagai akibat dari pecahnya flok yang terbentuk (Hendrawati

dkk., 2015). Turbiditas akan kembali meningkat pada konsentrasi koagulan yang melebihi dosis optimum, hal ini dikarenakan koloid yang telah dinetralkan semuanya akan mengendap dengan konsentrasi yang optimum, sehingga apabila ada kelebihan koagulan maka akan menyebabkan kekeruhan karena tidak berinteraksi dengan partikel koloid yang berbeda muatan (Rusdi dkk., 2014).

Berdasarkan hasil uji Dunnet pada SPSS yang tertera pada, perlakuan kontrol positif (tawas 100 mg) bila dibandingkan dengan perlakuan ampas tahu 100 mg dan 300 mg tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan nilai sig > 0,05 yang menunjukkan bahwa perlakuan ampas tahu dengan tawas sebanyak 100 mg memiliki kemampuan yang sama dalam menurunkan tingkat kekeruhan pada limbah cair penyamakan kulit, sedangkan pada perlakuan 500 mg ampas tahu dengan tawas 100 mg, terdapat perbedaan yang nyata dengan nilai sig < 0,05 hal ini menunjukkan bahwa perlakuan 500 mg ampas tahu lebih baik dibandingkan dengan penggunaan tawas dalam menurunkan tingkat kekeruhan pada sampel limbah cair penyamakan kulit.

Berdasarkan hasil uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% dapat diketahui pengaruh 100 mg tawas dan ampas tahu pada variasi 100 mg dan 300 mg terhadap penurunan tingkat kekeruhan tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan nilai sig > 0,05, begitupun dengan perlakuan ampas tahu pada variasi 500 mg tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap tingkat kekeruhan dengan nilai sig > 0,05. Waktu pengendapan sangat berperan penting selain dosis koagulan. Berdasarkan hasil uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% dapat diketahui pengaruh waktu kontak dengan penurunan tingkat kekeruhan tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan nilai sig > 0,05.

3.4 Total krom (Cr)

Limbah cair penyamakan kulit sebelum dilakukan pengolahan dengan ampas tahu menunjukkan kadar logam berat krom (Cr) sebesar 501 mg/L. Berdasarkan hasil pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan ampas tahu, maka diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan data pada Gambar 2. maka dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar logam berat krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit setelah diberi perlakuan dengan koagulan ampas tahu. Pada waktu pendiaman 60 menit, 90 menit dan 120 menit perlakuan kontrol positif dengan pemberian tawas 100 mg secara berturut-turut yaitu 221,4 mg/l; 311,6 mg/l dan 342,5 mg/l. Pada perlakuan ampas tahu 100 mg mengalami tren penurunan kadar krom (Cr) pada waktu pendiaman 60 menit dan 90 menit yaitu 297 mg/l dan 223mg/l sedangkan pada waktu pendiaman 120 menit kadar krom yang terserap lebih kecil yaitu 315,3 mg/l dibandingkan 2 waktu pendiaman lainnya.

Pada perlakuan 300 mg ampas tahu mengalami tren penurunan kadar krom pada waktu pendiaman 60 menit dan 120 menit yaitu 362,8 mg/l dan 277,4 mg/l sedangkan pada waktu pendiaman 90 menit kadar krom yang terserap tidak sebesar pada 2 waktu pendiaman sebelumnya dengan besar 424,5 mg/l. Pada perlakuan ampas tahu 500 mg mengalami tren penurunan secara berturut-turut dengan waktu pendiaman 60 menit, 90 menit dan 120 menit yaitu 299 mg/l; 308 mg/l dan 321,7 mg/l. Hal ini dikarenakan gugus aktif pada pengadsorpsi mengalami penjumlahan oleh molekul krom dan juga konsentrasi logam krom semakin kecil jumlahnya sehingga pada kondisi ini sangat kecil kemungkinan terjadinya adsorpsi oleh gugus aktif dari ion *zwitter* dari senyawa protein yang terdapat pada ampas tahu (Nohong, 2010).

Berdasarkan hasil uji Dunnet pada SPSS perlakuan kontrol positif (tawas) sebanyak 100 mg bila dibandingkan dengan perlakuan ampas tahu 100 mg, 300 mg dan 500 mg tidak terdapat perbedaan yang nyata dengan nilai $\text{sig} > 0,05$ yang menunjukkan bahwa perlakuan ampas tahu dengan tawas memiliki kemampuan yang sama dalam menurunkan kadar logam berat krom pada limbah cair penyamakan kulit. Presentase penurunan kadar logam berat krom (Cr) setelah diberi koagulan ampas tahu dan tawas dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 maka dapat diketahui presentase penurunan kadar logam berat krom (Cr) terbaik pada perlakuan ampas tahu 100 mg yaitu pada waktu pendiaman 90 menit dengan presentase 66,43%, pada perlakuan 300 mg ampas tahu yaitu pada waktu pendiaman 120 menit dengan besar presentase 58,17% dan pada perlakuan 500 mg

ampas tahu yaitu pada waktu pendiaman 60 menit dengan besar presentase 54,90%.

Perlakuan dengan variasi berat ampas tahu 100 mg dengan waktu pendiaman 90 menit yang merupakan perlakuan terbaik dibandingkan dua perlakuan ampas tahu lainnya. Massa ampas tahu 100 mg sangat baik dalam menurunkan kadar logam berat krom dikarenakan pengadsorpsi masih tinggi efektivitasnya dan juga kapasitas gugus aktifnya masih banyak dan disertai jumlah logam krom masih cukup tinggi, dan waktu 90 menit menjadi waktu terbaik disebabkan oleh karena pada saat itu logam krom sudah terikat dengan sempurna dan sudah tercapai titik kesetimbangan antar pengadsorpsi dengan logam krom sehingga dapat menggendap (Nohong, 2010). Pada perlakuan 300 mg ampas tahu dengan waktu kontak 90 menit merupakan perlakuan dengan presentase penurunan kadar logam berat krom terkecil yaitu sebesar 35,97%.

Menurut Risdianto (2007) terdapat kemungkinan terjadi pecahnya flok sebagai akibat dari waktu pengikatan yang lama dan terjadi ketidakstabilan ikatan antar logam berat krom dengan situs aktif pada ampas tahu. Proses penurunan kadar krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit dapat menggunakan ampas tahu sebab adanya protein. Protein pada ampas tahu memiliki gugus hidroksil (-OH) sehingga ampas tahu bersifat polar. Ion-ion pada logam berat akan berinteraksi kuat dengan anion seperti hidroksil (-OH) yang bersifat basa kuat. Gugus hidroksil (-OH) akan terikat dengan ion logam hal ini dimungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi sebab atom oksigen pada gugus hidroksil (-OH) memiliki pasangan elektron bebas dari unsur O yang dapat membentuk ikatan kompleks melalui ikatan kovalen dengan logam berat krom (Cr) (Suhartini, 2013). Selain itu, protein juga memiliki daya serapan dari asam-asam amino yang dapat membentuk *zwitter ion* atau bermuatan dua sehingga logam krom (Cr) tersebut dapat terikat (Nohong, 2010).

Berdasarkan hasil uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% pada perlakuan ampas tahu dengan variasi 100 mg dan 500 mg ampas tahu tidak terdapat perbedaan nyata, begitu pun pada perlakuan 300 mg ampas tahu dengan 500 mg ampas tahu tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai $\text{sig} > 0,05$ hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kedua variasi berat ampas tahu memiliki kemampuan yang sama dalam menurunkan kadar krom (Cr). Sedangkan perlakuan 100 mg dengan 300 mg ampas tahu terdapat perbedaan yang signifikan. Perlakuan dengan waktu variasi waktu pendiaman 60 menit, 90 menit dan 120 menit berdasarkan hasil uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antar variasi waktu terhadap penurunan kadar krom (Cr).

Tabel 1. Presentase penurunan kadar logam berat krom (Cr)

Spot	Element Number	Element Symbol	Element Name	tomic Conc.	Weight Conc.
1	16	S	Sulfur	23.92	43.95
	6	C	Carbon	60.64	41.74
	8	O	Oxygen	15.37	14.09
	24	Cr	Chromium	0.07	0.22
2	6	C	Carbon	58.36	44.61
	8	O	Oxygen	20.75	21.13
	17	Cl	Chlorine	4.53	10.21
	7	N	Nitrogen	10.64	9.49
	24	Cr	Chromium	2.70	8.95
	16	S	Sulfur	2.08	4.25
	11	Na	Sodium	0.93	1.36
3	6	C	Carbon	46.40	37.57
	8	O	Oxygen	33.17	35.78
	7	N	Nitrogen	15.13	14.28
	24	Cr	Chromium	1.35	4.73
	11	Na	Sodium	1.81	2.81
	16	S	Sulfur	1.29	2.79
	17	Cl	Chlorine	0.85	2.04

Tabel 2. Komposisi unsur yang terikat dengan ampas tahu

Waktu Kontak	Kontrol positif	Ampas tahu			Rata-rata
		100 mg	300 mg	500 mg	
60 menit	66,61 ^c	55,25 ^{bc}	45,28 ^{ab}	54,90 ^{bc}	55,51 ^A
90 menit	52,99 ^{bc}	66,43 ^c	35,97 ^a	53,55 ^{bc}	52,24 ^A
120 menit	48,34 ^{ab}	52,44 ^{bc}	58,17 ^{bc}	51,48 ^{bc}	52,61 ^A
Rata-rata	55,98 ^Y	58,04 ^Y	46,47 ^X	53,31 ^{XY}	

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak beda signifikan. Huruf yang berbeda menunjukkan terdapat beda signifikan

3.5 Analisis SEM (Scanning Electron Microscope)

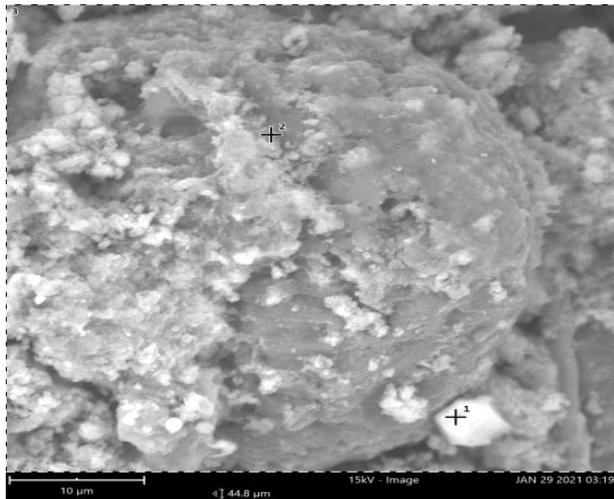
Ampas tahu setelah digunakan dalam mengolah limbah cair penyamakan kulit akan membentuk endapan, kemudian di keringkan hingga berbentuk bubuk dan dilakukan pengujian dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*), yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran permukaan ampas tahu dengan resolusi tinggi dan juga untuk mengetahui adanya logam yang terikat atau tidak. Kenampakan permukaan ampas tahu dengan perbesaran 5000 kali dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4, pengukuran citra dengan SEM pada potensial pemercepat sebesar 15kV dengan *scale bar* 10µm setelah perlakuan dengan limbah cair. Komposisi unsur-unsur yang terikat pada ampas tahu dapat diuraikan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pada data Tabel 2 maka dapat diketahui pada ampas tahu mengikat bermacam-macam unsur. Pada *spot* 1 unsur dengan presentase komposisi yang tinggi adalah sulfur (S) sebesar 43,95 wt%, dan diikuti oleh unsur karbon (C) sebesar 41,74

wt%, oksigen (O) sebesar 14,09 wt% dan kromium (Cr) sebesar 0,22 wt%. Pada *spot* 2 diketahui unsur dengan presentase komposisi yang tinggi adalah karbon (C) sebesar 44,61 wt%, dan diikuti oleh unsur oksigen (O) sebesar 21,13 wt%, klorin (Cl) sebesar 10,21 wt%, nitrogen (N) sebesar 9,49 wt%, kromium (Cr) sebesar 8,95 wt%, sulfur (S) sebesar 4,25 wt% dan sodium (Na) sebesar 1,36 wt%. Pada *spot* 3 diketahui unsur dengan presentase komposisi yang tinggi adalah karbon (C) sebesar 37,57 wt%, dan diikuti oleh unsur oksigen (O) sebesar 35,78wt%, nitrogen (N) 14,28 wt%, kromium (Cr) sebesar 4,73 wt%, sodium (Na) sebesar 2,81 wt%, sulfur (S) sebesar 2,79 wt% dan klorin (Cl) sebesar 2,04 wt%. Sampel ampas tahu setelah diidentifikasi unsur-unsur yang terikat pada dengan sistem *Energy Dispersive X-ray* (EDX) yang terintegrasi dengan *alat Scanning Electron Microscope* (SEM) ternyata tidak hanya unsur krom melainkan ada unsur-unsur lainnya juga yang terikat pada ampas tahu, sehingga dapat disimpulkan bahwa ampas tahu mampu mengikat unsur logam dan

juga unsur nonlogam dan dapat digunakan sebagai biokoagulan dalam mengolah limbah cair penyamakan kulit.



Gambar 4. Struktur morfologi ampas tahu setelah perlakuan

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai kemampuan ampas tahu dalam proses koagulasi logam berat krom (Cr) pada limbah cair pabrik penyamakan kulit dapat disimpulkan bahwa ampas tahu memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar logam berat krom (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit hingga 66,43% sehingga memiliki kemampuan yang sama dengan kontrol positif tawas. Perlakuan ampas tahu yang paling optimal dalam menurunkan kadar logam berat krom dalam limbah cair penyamakan kulit yaitu pada variasi 100 mg ampas tahu. Waktu kontak agar terjadi pengikatan optimum logam berat krom dengan dengan ampas tahu yaitu selama 90 menit. Hasil pengukuran kadar total krom belum memenuhi baku mutu Permen LH No. 5 tahun 2014 bahwa krom total yang diijinkan sebesar 0,60 mg/L. Oleh karena itu, perlu adanya peningkatan berat ampas tahu dan waktu kontak dikurangi serta adanya perlakuan lebih dari 1 kali kontak ampas tahu dengan limbah cair penyamakan kulit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, R., Elyn, N.R, dan Meileza, N. 2018. Biosorpsi Ion Logam berat Cu (II) dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia* 2(2) : 114-121.
- Amanda, R. 2017. Pemanfaatan Ampas Tahu Sebagai Bahan penyerap Logam Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan . *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1) : 1-10.
- Asmadi, Sutrisno, E., dan Oktiawan, W. 2009. Pengurangan Chrom(Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)₂, NaOH dan NaHCO₃(Study Kasus PT. Trymulyo Kencana Mas Semarang). *JAI* 5(2) : 1-14.
- Cook, T.M dan Cullen, D.J. 1986. Industri Kimia Operasi Aspek-aspek Keamanan dan Kesehatan (Alih bahasa: Ir. Theresia Sri Utami). PT Gramedia, Jakarta.

- Fachria, R. H. Ramdan dan I.N.P. Aryantha. 2019. Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Sukaregang Garut dengan Adsorben Karbon Aktif dan Ijuk. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan* 3(30) : 379-388.
- Fahim, N.F., Barsoum, B.N., Eid, A.E. dan Khalil, M.S. 2006. Removal of chromium (III) from tannery wastewater using activated carbon from sugar industrial waste. 136, 303-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat>. Diakses pada 04 September 2019
- Handayani, D.S., Jumina, Dwi Siswanta dan Mustofa. 2012. Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cd(II) dan Cr(III) Oleh Poli 5 Allilikaliks[4]arena tetraester. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 9(3): 218-225.
- Hariani, P.L, Nurlisa, H dan Melly, O. 2009. Penurunan Konsentrasi Cr(VI) dalam Air Denagan Koagulan FeSO₄. *Jurnal Penelitian Sains* 12 (2) : 1-4.
- Hartati, S., Dedik, B., dan Hermansyah. 2016. Adsorption of Lead Content in Leachate of Sukawinatan Landfill Using Solid Waste of Tofu. *Sriwijaya journal of Enviroment* 1(2) : 42-46.
- Hassan.E.A, Mohamed.T.I dan Sally.K.A. 2014. Optimisation of Chrome Retanning Process to the Garad (*Acacia nilotica*) Tanned Leather the Garad (*Acacia nilotica*) Tanned Leather. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences (JAVS)* 15 (1) : 1-8
- Hendrawati, Susi Sumarni dan Nurhasni. 2015. Penggunaan Kitosan Sebagai Koagulan Alami dalm Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia* 1(1) : 1-11
- Howe, J. K.2012. *Principle of Water Treatment*. John Wiley and Sons, Inc. New Jersey.
- Husaini, Stefanus, S.C., Suganal dan Kukuh, N.H. 2018. Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode *Jar Test*. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* 14(1) : 31-45.
- Kaim, W dan Schwederski, B. 1994. *Bioinorganic Chemistry: Inorganic Element in The Chemistry of Life*. John Wiley, New York.
- Mayasari, H.E dan Muhamad, S. 2016. Kajian Adsorpsi Krom Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit. *Jurnal Kimia Mulawarman*.13 (2) : 1-7
- Murti.R.S, Christiana.M.H P dan Suyatini.2013. Adsorpsi Amonia dari Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik* 29(2) : 85-90.
- Nohong .2010. Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmiun dan Besi Dalam Air Lindi TPA. *Jurnal Pembelajaran Sains* 6 (2) : 257-269
- Nurhayati, I., Sugito dan Pertiwi, A. 2018. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi Dan Koagulasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* 10(2) : 125-138.
- Ohtake, H and Silver, S. 1994. *Bacterial Detoxification Of Toxic Chromate In Biological Degradation and Bioremediation Of Toxic Chemical*. Chapman and Hall, London.
- Palar. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*.PT. Renna Cipta, Jakarta.
- Pawiroharsono, S. 2008. Penerapan Enzim Untuk Penyamakan Kulit Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan* 9(1) : 51-58.
- Puspita, U.R, Asrul, S.S dan Nuning, V.H. 2011. Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik. *Berkala Perikanan Terubuk* 39(1) : 58-64.

- Rahimah, Z., Heliyanur. H, dan Isna. S. 2016. Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasiflokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Konversi*, 5(2):1-7
- Risdianto, D. 2007. Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. SIDO MUNCUL). *Tesis Teknik Kimia*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rusdi, Sidi, T.B.P. dan Pratama, R. 2014. Pengaruh Konsentrasi Biji Kelor Terhadap pH, Kekeruhan dan Warna Air Waduk Krenceng. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(1) : 46-50
- Said, N.I. 2010. Metoda Penghilangan Logam Berat (AS,CD,Gr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di Dalam Air Limbah Industri. *JAI* 2(6) : 136-148.
- Sari, A.M, Syamsudin, A.B., Novia, O.Y. dan Yosani, Y.P. 2018. Pengaruh Waktu Dan Suhu Pengerinagn Ampas Tahu Terhadap Yield Tepung Ampas Tahu. jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek. Diakses pada 09 September 2020.
- Sharpause, J.H. 1983. *Leather Technicians Hand Book*. Vernon Lock Ltd, London
- SNI 06-6989.11-2004. *Cara Uji Derajat Keasaman(pH) dengan Menggunakan Alat pH meter*. Badan Standarisasi Nasional,Bandung.
- SNI 06-6989.25-2005. *Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer*. Badan Standarisasi Nasional,Bandung.
- Suhartini, M. 2012. Modifikasi Limbah Kulit Pisang untuk Adsorben Ion Logam Mn(II) dan Cr(VI). *Jurnal Sains Materi Indonesia* 14(2) : 229-234.
- Suprpti, M. L. 2005. *Pembuatan Tahu*. Kanisius, Yogyakarta.
- Susila, RJ dan Yuwono.S. 2005. Pengaruh Kualitas Air Limbah Sentra Industri Penyamakan Kulit Sitimulyo terhadap Karakteristik Air Sungai. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik* 21(1) : 1-7.
- Valentina, D., Winardi, D.N., dan Anik. S. 2017. Anlisis Risiko Logam Berat Cd, Cr dan Cu pada DAS Gelis (Studi Kasus: Sungai Gelis, Kabupaten Kudus). *Jurnal Teknik Lingkungan* 6(2) : 1-10.
- Xavier. A.M, Logeswari, A. dan Mano, S. 2013. Removal of Chromium from Real Tannery Effluent by Using Bioadsorbents. *Research Invenry: International journal Of Engineering And Science*. 2(7) : 35-40.