

ADDITION OF DISPERSING AGENTS IN THE POST TANNING PROCESS TO REDUCE COD (Chemical Oxygen Demand) LEVELS

PENAMBAHAN DISPERSING AGENT PADA PROSES POST TANNING UNTUK MENGURANGI KADAR COD (Chemical Oxygen Demand)

Sofwan Siddiq Abdullah^{1*}, Renita Wahyu Meydasari, Swatika Juhana.¹ dan Fadzkurisma Robbika¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit, Politeknik ATK, Yogyakarta, Indonesia

* Corresponding author: sofwan_s_abdullah@atk.ac.id

Abstract:

In the leather tanning industry, post tanning process generates liquid waste. One of the parameters of liquid waste is Chemical Oxygen Demand (COD). The chemicals used in the post tanning process have an impact on COD levels of the wastewater. The purpose of this study is to investigate the addition of a dispersing agent during the post tanning stage to reduce the Chemical Oxygen Demand (COD) content in the process effluent. Based on the stages of post-tanning, the fatliquoring fixation process contains a large amount of organic substances, which is indicated by the high COD value. The higher the COD, the lower the dissolved oxygen content in water. Elevated COD levels can have adverse impacts on the environment. The method used in this study was a trial involving the addition of a dispersing agent during the post tanning process. COD measurements were carried out using a UV-Vis spectrophotometer. The addition of 10% dispersing agent calculated from the weight of the weblue hides reduced COD levels from 62,200 mg/L to 56,550 mg/L (reduction of 9.08%). The results of the experiment demonstrate that the addition of a dispersing agent in the post tanning process can reduce the wastewater treatment load in the leather tanning industry.

Keywords: Post Tanning, COD, Dispersing agent, Fixation, Spectrophotometer UV-Vis

Intisari:

Pada industri penyamakan kulit, proses *post tanning* menghasilkan limbah yang berujud cairan. Salah satu parameter limbah cair adalah *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Bahan kimia yang digunakan pada proses *post tanning* berpengaruh terhadap kadar COD limbah cair. Tujuan penelitian adalah mengetahui penambahan *dispersing agent* pada tahap proses *post tanning* untuk menurunkan kandungan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada buangan limbah proses. Berdasarkan tahapan proses *post tanning* tersebut, pada proses fiksasi *fatliquoring* mengandung banyak bahan organik sehingga ditandai dengan tingginya nilai COD. Semakin tinggi COD, maka kandungan oksigen terlarut dalam air semakin rendah. Kadar COD yang tinggi dapat memiliki pengaruh yang buruk bagi lingkungan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu trial dengan menambahkan *dispersing agent* pada proses *post-tanning*. Pengukuran COD dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis. Penambahan *dispersing agent* sebanyak 10% dihitung dari berat kulit *weblue* dapat menurunkan kadar COD dari 62200 mg/L menjadi 56550 mg/L (ada penurunan

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

9,08%). Hasil dari percobaan dengan penambahan *dispersing agent* pada proses *post tanning* dapat menurunkan beban proses pengolahan limbah pada industri penyamakan kulit.

Kata Kunci: COD, *Post-tanning*, *Dispersing agent*, Fiksasi, Spektrofotometer UV-Vis

Pendahuluan

Proses penyamakan kulit yang membuat kulit hewan mentah (*animal hides*) menjadi kulit jadi (*leather*) merupakan rangkaian proses panjang, menggunakan banyak *chemical* dan proses mekanik (*mechanical processes*). Secara umum proses tersebut melalui tahapan proses persiapan rumah basah (*Beam House Operation/BHO*), *tanning*, *post tanning* sampai proses finishing. Proses *Post tanning* juga disebut sebagai *pasca tanning* atau *wet end* [1]. Proses *post tanning* meliputi proses *neutralizing*, *retanning*, *dyeing*, *fatliquoring*, dan *fixing* [2]. Proses *post tanning* merupakan proses basah yang menggunakan bahan kimia dengan jenis dan jumlah yang beragam sehingga proses *post tanning* berpotensi menghasilkan limbah cair.

Salah satu masalah yang sering terjadi dalam pengolahan limbah cair industri pengolahan kulit yaitu kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)* yang dihasilkan belum sesuai dengan standar buangan limbah dari proses *post tanning*. *Chemical Oxygen Demand (COD)* adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia [3]. COD merupakan sistem pengukuran kandungan organik dengan zat pengoksidasi. Konsumsi oksigen ditunjukkan dalam miligram per liter (mgO_2/l) [4]. Dalam definisi lain COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air [5]. Semakin tinggi COD, maka kandungan oksigen terlarut dalam air semakin rendah.

Dispersing agent merupakan suatu bahan yang dapat ditambahkan pada suatu proses yang membantu penetrasi dan distribusi *chemical* yang digunakan kedalam kulit sehingga bisa mengurangi *chemical* yang terbuang dan menjadi limbah. Kadar COD yang tinggi dapat memiliki pengaruh yang buruk bagi lingkungan, sehingga pada proses *post tanning* perlu usaha untuk menurunkan nilai COD pada kandungan limbah cair.

Oleh karena itu, untuk mengurangi kadar COD pada buangan air limbah yang dihasilkan dari proses *post-tanning*, maka dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan *dispersing agent* pada proses *post tanning* untuk mengurangi kadar cod (*Chemical Oxygen Demand*).

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah drum proses *post tanning*, prodomix/system mixing bahan kimia, pH meter, thickness gauge, timbangan, botol plastik, labu ukur, tabung reagent, *thermoreaktor*, spektrofotometer *UV-Vis*. Bahan yang digunakan adalah kulit sapi wet blue kualitas G (good), tebal 2,00 mm dan bahan kimia yang terdiri dari air, *dispersing agent*, reagent uji COD (COD Solution A & B), HgSO_4 , *neutralizing agent*, *retanning agent*, *fatliquoring agent*, *dyestuff*, *fixing agent*.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan trial proses *post tanning* menggunakan kulit *wet blue* sapi *import* dengan kualitas G (good), dengan jumlah 334 side, tebal 2,0 mm dengan menambahkan 10% *dispersing agent* dihitung dari berat kulit *wet blue*. Bahan analisis kadar COD menggunakan material limbah cair yang dihasilkan. Pengukuran COD dilakukan dengan mangambil sampel cairan buangan limbah proses *post tanning* dan diuji dengan spektrofotometer

UV-Vis. Hasil pengukuran COD dari cairan limbah formula standar dan formulasi dengan penambahan dispersing agent pada proses retanning dibandingkan nilai ujinya.

Proses *post tanning* yang dilakukan pada penelitian ini melalui beberapa tahapan proses yaitu, *wetting back, rechroming dan pre-dyeing, neutralisasi, retanning, dyeing, fatliquoring, top fatliquoring, dan fixing*. Limbah cair buangan proses *post tanning* kemudian diuji kadar COD di laboratorium kimia dengan spektrofotometer UV-Vis. Langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil pengujian COD menggunakan standar formula dengan hasil pengujian COD menggunakan penambahan *dispersing agent*. Skema proses *trial post-tanning*, dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil dan Pembahasan.

Kadar COD dari limbah setelah fiksasi *fatliquoring* dengan penambahan *dispersing agent* diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji kadar COD pada laboratorium sampel limbah cair pada proses *fatliquoring* fiksasi dengan formulasi standar dan formulasi *trial* dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Hasil Kadar COD

Metode	Sampel air limbah	COD (mg/L)	Penurunan COD (%)
Standar	Fiksasi <i>Fatliquoring</i>	62.200	9,08%
<i>Trial (Dispersing agent 10%)</i>	Fiksasi <i>Fatliquoring</i>	56.550	

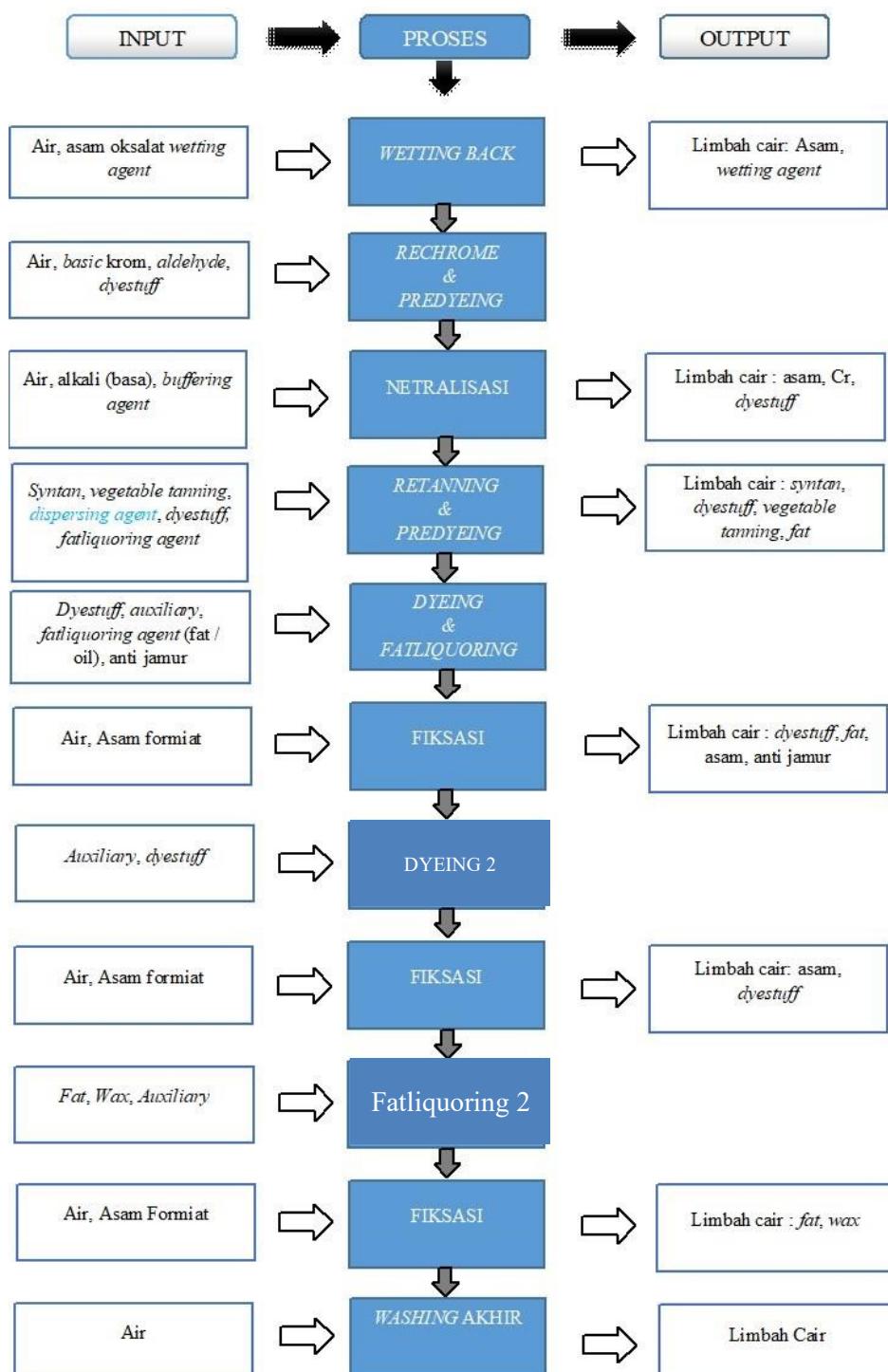
(Sumber : Hasil uji Lab. Kimia)

Berdasarkan tabel 1, dapat diketahui bahwa dengan *trial* penambahan 10% *dispersing agent* dari berat kulit wet blue dapat menurunkan kadar COD. Kadar COD yang diturunkan sebesar 9,08% atau dengan penurunan dari 62.200 mg/L menjadi 56.550 mg/L. Angka persentase tersebut didapatkan dari perhitungan:

$$\text{Persentase COD} = \frac{\text{hasil standar COD } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) - \text{hasil trial COD } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{\text{hasil standar proses COD } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}$$
$$\text{Persentase COD} = \frac{62.250 - 56.550}{56.550} \times 100\%$$
$$\text{Persentase COD} = 9,08\%$$

Post tanning merupakan proses basah yang mengacu pada proses penyamakan primer atau utama proses penyamakan ini dengan *chrome (III)* yang digunakan pada industri, tetapi juga menggunakan penyamak nabati dan penyamak lainnya untuk memberikan stabilisasi pada kulit [6]. Kombinasi pada proses *post tanning* tidak selalu sama untuk semua penyamakan, pemilihan proses *post tanning* tergantung pada bahan penyamak utama dan tipe kulit yang akan dibuat. Proses *post tanning* ini terdiri dari beberapa tahapan proses diantaranya: *Ageing, neutralisasi, retanning, dyeing, fatliquoring* dan fiksasi [7]. Tahapan proses *post tanning* tersebut akan membentuk karakteristik sesuai dengan artikel yang akan dibuat. Proses *post tanning* disebut juga proses basah yang dilakukan

setelah proses *tanning*, sehingga pada proses ini menggunakan air dalam prosesnya. Air yang digunakan dalam proses berfungsi untuk mempermudah distribusi bahan kimia pada kulit serta sebagai media masuknya bahan kimia pada kulit. Dapat diketahui bahwa air digunakan sebagai media masuknya bahan kimia kedalam kulit, maka setelah proses air tersebut akan terbuang dan akan menjadi limbah atau yang sering disebut *waste water*.



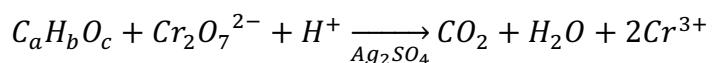
Gambar 1. Skema Proses *Trial post tanning*

Waste water atau limbah cair merupakan limbah yang dihasilkan dari suatu proses dalam bentuk cair. Limbah cair yang dihasilkan dari proses *post tanning* mengandung parameter limbah salah satunya COD. COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan kebutuhan oksigen (mg) dalam mengoksidasi bahan organik dalam 1 liter air. Parameter menggunakan reaksi kimiawi untuk mengetahui kadar COD dalam air. Beberapa tahapan proses *post tanning* memiliki kadar COD yang berbeda-beda, dari berbagai tahapan proses tersebut pada proses fiksasi setelah proses *fatliquoring* memiliki kadar COD yang paling tinggi. Proses fiksasi ini dilakukan setelah proses *retanning*, *dyeing* dan *fatliquoring*. Hal ini dapat diketahui bahwa dalam proses tersebut menggunakan berbagai jenis *chemical*, pada proses *retanning* yang bertujuan memberikan karakteristik khusus sesuai dengan artikel yang dikehendaki menggunakan bahan penyamak yaitu bahan penyamak nabati, *formaldehyde*, *syntan*. Proses *dyeing* merupakan proses yang berfungsi memberikan warna dasar pada kulit menggunakan *dyestuff* dan *penetrating agent*, sedangkan *fatliquoring* merupakan proses yang berfungsi memberikan kelemasan pada kulit dengan penambahan *fat*. Setiap proses menggunakan karakteristik serta bahan yang berbeda sehingga dapat menghasilkan kulit *crust*. Meningkatnya kadar COD disebabkan karena adanya penetrasi bahan yang belum optimal sehingga buangan *chemical* meningkat dan menjadi bahan organik atau pencemar pada air. Percobaan untuk meminimalisir terbuangnya *chemical* yaitu dengan penambahan bahan *dispersing agent*.

Dispersing agent merupakan bahan yang dapat membantu penetrasi dan distribusi suatu zat penyamak atau lainnya ke penampang kulit. Hal ini bertujuan agar memaksimalkan kinerja dari bahan *dispersing agent* dalam membantu mendisperse bahan penyamak nabati dan membantu penetrasi dari bahan lainnya, serta juga membantu dalam pengikatan *dyestuff* dan *fatliquor* sehingga diharapkan mampu mengurangi buangan dari *chemical* pada proses. Zat penyamak akan berikatan dengan protein sehingga dapat mempengaruhi struktur, stabilitas, kapasitas reaksi dan semua sifat dan karakter protein yang disebut ikatan silang atau *bridge linkages*. Bahan penyamak yang digunakan dalam proses yaitu bahan penyamak krom, nabati, *formaldehyde* dan *syntan* sehingga bisa disebut penyamakan kombinasi. Ikatan *hydrogen* pada zat penyamak nabati akan terbentuk karena adanya gugus aktif pada serat protein ($-NH_3^+$) dan gugus aktif pada zat samak ($-OH$) disisi yang lain. Jenis ikatan silang antara zat penyamak nabati dengan gugus amina protein adalah ikatan *hydrogen*. Proses penyamakan kulit dengan *vegetable tanning* dipengaruhi oleh valensi sekunder melalui jembatan *hydrogen* dengan gugus *phenolic* (OH) dari molekul bahan penyamak. Zat penyamak nabati memiliki gugus aktif hidroksil ($-OH$) yang terdapat pada komponen aromatis polifenol. Gugus inilah yang nantinya membentuk ikatan *hydrogen* dengan amina pada ujung rantai samping bebas (dari asam amino-diamina) atau cabang. Bahan *dispersing agent* yaitu memiliki zat aktif berupa *condensation aryl sulphonic acid* dan *hidroxyaryl sulphone*. Gugus sulfonat pada bahan *dispersing agent* ini dapat yang mempermudah penetrasi bahan penyamak nabati karena mengandung gugus (SO_3^-). Berdasarkan *technical data sheet* bahan *dispersing agent* dapat digunakan sebagai *retanning agent*, *dispersing agent* untuk bahan penyamak nabati serta *fixing agent* untuk *fatliquor* dan *dyestuff*. Berdasarkan fungsi tersebut bahan *dispersing* ini termasuk golongan *combination syntan*. *Combination syntan* merupakan salah satu golongan *syntan* yang dapat digunakan sebagai *retanning agent* dan *auxiliaries*. Reaktivitas *syntan* karena ketersediaan gugus hidroksil (OH) pada senyawa *phenolic* yang akan membentuk ikatan *hydrogen* dengan kolagen, sehingga *syntan* dapat digunakan sebagai *retanning agent*. Ikatan silang akan terjadi antara gugus sulfonat dengan kulit baik kemungkinan membentuk kompleks dengan krom atau membentuk ikatan ionik dengan gugus amina bebas sehingga *syntan* ini diasumsikan akan terikat lebih kuat dengan

wetblue dari pada dengan kulit mentah[8]. Akibat pembentukan kompleks dengan krom menyebabkan muatan positif pada kulit wetblue akan berkurang dan sehingga mempermudah distribusi bahan kimia yang bermuatan negatif seperti *syntan replacement*, *fatliquoring* dan *dyestuff*. Ketika pH turun maka gugus amina akan mengalami protonisasi menjadi (-NH₃⁺) dan pada saat yang sama asam sulfonat akan ter-ion sehingga terjadi interaksi antara amina kolagen dan sulfonat dan keadaan ini yang menimbulkan efek samak. Difusi adalah proses masuknya partikel molekul zat penyamak kedalam kulit (penetrasi) [9]. Selain penambahan *Auxiliaries*, untuk mempermudah bahan kimia atau zat penyamak penetrasi dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya: Suhu atau temperatur, mekanik, konsentrasi, pH. Pada proses *retanning* dengan bahan penyamak nabati, konsentrasi sangat berpengaruh terhadap penetrasi bahan. Pada penyamakan nabati dengan konsentrasi tinggi akan menyebabkan daya penetrasi ke kulit rendah. Zat penyamak nabati pada konsentrasi yang tinggi memiliki molekul yang lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi rendah, daya samak tinggi namun penetrasi kedalam kulit rendah [8]. Sedangkan pada penyamakan krom, makin sedikit air yang digunakan (konsentrasi tinggi) maka makin kecil molekul dan penetrasi makin cepat dan waktu makin pendek. pH juga berpengaruh terhadap penetrasi, hal ini tergantung pada bahan penyamak yang digunakan [10]. Penyamakan nabati pH larutan akan berpengaruh terhadap besar kecilnya molekul serta membantu dalam polimerisasi. Suhu atau temperatur juga berpengaruh terhadap penetrasi, hal ini berkaitan dengan reaktifitas bahan penyamak serta mempercepat terjadinya polimerisasi. Pengaruh mekanik juga mempengaruhi terhadap penetrasi bahan kimia, karena *mechanical action* akan memberikan energi mekanik berupa bantingan kulit pada drum sehingga bisa mempercepat penetrasi. Dari sudut pandang ekologi dan ekonomi, distribusi dan pengikatan bahan-bahan kimia pada proses post tanning semaksimal mungkin harus dicapai [11].

Pengambilan sampel untuk uji COD dilakukan pada proses fiksasi setelah proses *fatliquoring*. Dari beberapa pengamatan yang sudah dilakukan pada proses fiksasi setelah *fatliquoring* ini menghasilkan kadar COD yang tinggi mencapai 62200 mg/L sehingga dilakukan pengambilan sampel pada proses tersebut. Pengujian kadar COD dilakukan di laboratorium dengan menggunakan metode spektrofotometri. Metode spektrofotometri merupakan metode pengujian menggunakan serapan cahaya dalam pengukuran sampel menggunakan spektrofotometer. Pengujian COD berdasarkan ISO 6060 tentang *Chemical Oxigen Demand*, metode ISO 6060 dapat menjadi alternatif yang tepat dalam pengukuran COD dengan mempertimbangkan relatif sederhana, biaya laboratorium lebih rendah dan dapat diaplikasikan dalam pengukuran konsentrasi COD yang lebih rendah, hingga 10 mg L⁻¹. Pengujian COD dilakukan dengan metode refluks tertutup [11]. Untuk sampel uji yang bersifat volatil, atau bahan organik yang teroksidasi secara sempurna dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup [13]. Pengujian COD menggunakan oksidator kalium dikromat (K₂Cr₂O₇), kalium dikromat digunakan sebagai bahan oksidator yang dapat mengoksidasi bahan organik serta digunakan sebagai sumber oksigen pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak. Kelebihan kalium dikromat dititrasi sehingga bisa diketahui banyaknya kalium dikromat yang dipakai untuk mengoksidasi bahan organik dalam sampel sehingga nilai COD dapat dihitung [13].



Prinsip kerja dalam pengukuran COD yaitu reaksi antara K₂Cr₂O₇ dengan zat organik pada sampel dengan penambahan perak sulfat sebagai katalisator. Proses oksidasi dapat mengoksidasi bahan organik secara maksimal maka reaksi harus bersifat asam dan panas (temperatur tinggi) menggunakan panas selama 2 jam pada suhu 148°C. Dilakukan penambahan merkuri sulfat pada

sampel agar mempermudah pembacaan sampel pada spektrofotometer, merkuri sulfat juga untuk menghilangkan gangguan klorida yang umumnya terdapat pada air buangan [11]. Hasil uji penetapan COD nantinya bisa digunakan untuk penentuan beban cemaran, besarnya kebutuhan oksigen total yang akan mengoksidasi bahan organik dalam limbah menjadi CO₂ dan H₂O. Pengujian COD berfungsi sebagai parameter penduga jumlah total bahan organic yang mudah atau sulit terurai [15]. Pengujian COD menggunakan pengenceran 10 kali atau 5 ml sampel limbah diencerkan pada 50 ml air. Pada prinsipnya pengenceran terbaik dilakukan pengenceran dengan volume terkecil agar hasil lebih akurat. Pengukuran kadar COD dilakukan dengan spektrofotometer. Metode ini sering kita sebut metode spektrofotometri. Proses ini menggunakan serapan cahaya yang dilewatkan dalam larutan untuk menentukan konsentrasi dari zat yang terdapat dalam sampel [16]. Penetapan COD dengan metode fotometri ini berdasarkan pada penentuan sisa oksidator, yaitu ke dalam larutan yang dianalisis dilewatkan berkas sinar monokromatis. Energi sinar yang melewati larutan tersebut hanya dapat diabsorb oleh dikromat. Besarnya energi yang diabsorbsi oleh dikromat berbanding lurus dengan konsentrasi dikromat dalam larutan. Proses analisis dengan metode ini kuvet atau tabung COD yang digunakan harus bersih, kuvet yang digunakan harus bebas dari goresan pada kaca karena apabila tabung kotor akan menghasilkan pengukuran yang tidak akurat.

Hasil dari penambahan bahan tersebut, kadar COD mengalami penurunan sebesar 5650 mg/L dari kadar COD sebesar 62.200 mg/L menjadi 56.550 mg/L. Persentase penurunan kadar COD sebesar 9,08% dihitung dari kadar COD sebelum dilakukan *trial*. Kadar COD yang dihasilkan pada proses *post tanning* ini, akan dilakukan *treatment* lebih lanjut pada proses pembuangan limbah akhir atau WWTP (*Waste Water Treatment Process*) agar memenuhi baku mutu limbah cair yang aman bagi lingkungan.

Kesimpulan

Hasil pengujian menggunakan standar proses diperoleh hasil 62.200 mg/L dan hasil pengujian percobaan dengan penambahan *dispersing agent* sebanyak 10% dihitung dari berat kulit *webblue* diperoleh hasil 56.550 mg/L. Hasil menunjukkan bahwa modifikasi formula pada proses *post tanning* menurunkan COD pada limbah buangan sebesar 5650 m/L atau 9,08%.

Ucapan terima kasih

PT STUVV dan Politeknik ATK yang telah memberikan dukungan, fasilitas alat dan bahan penelitian, serta sarana laboratorium pengujian.

Daftar Pustaka

- [1] Standar Nasional Indonesia, SNI 0391:2020 “*Kulit-istilah dan definisi*”, Badan Standarisasi Nasional, 2020.
- [2] Purnomo, E, *Teknologi Penyamakan*, Yogyakarta:Politeknik ATK Yogyakarta, 2014.
- [3] Lumaela, A.K., Bambang W. O., dan Sutino, “Permodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression”, *Jurnal Sains dan Semi Pomits*, Vol. 2, No.1, 2013, <https://doi.org/10.12962/j23373520.v2i1.3204>.
- [4] BASF, , *Pocket Book For Leather Technologist*. Publishing by BASF Aktiengesellschaft 67056 Ludwigshafen, Germany, 2007.
- [5] Atima, W., “BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah”, *Jurnal Biology Science & Education*, Vol. 4 No. 1, 2015, <https://doi.org/10.33477/bs.v4i1.532>.
- [6] Covington, *Tanning Chemistry The Science of leather*, Northampton:RSC Publishing., 2015.

p-ISSN : 1411-7703
e-ISSN : 2746-2625

- [7] Hermawan, P., Abdullah S.S., Purnomo E., *Teknologi Pengolahan Kulit*, Puspita Komunikasi:Yogyakarta, 2014.
- [8] Purnomo, E., *Teknologi Post-tanning*, Yogyakarta:Politeknik ATK Yogyakarta, 2017.
- [9] Purnomo, E., *Tanning Processing Beam House Operation*, Yogyakarta, Politeknik ATK Yogyakarta, 2015.
- [10] Kasmudjiastuti, E., "Pengaruh Jumlah Air terhadap Jumlah Serapan Cr₂O₃ pada Proses Penyamakan krom Kulit Kambing", *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, Vol. 24 No. 1, 2014, <https://doi.org/10.20543/mkkp.v24i1.321>.
- [11] John, G., *Possible Defects in Leather Production*, Druck Partner Rubelmann, GmbH Carl-Benz-Strasse Hembach, 1997.
- [12] Mahvi, A.H., E. Bazrafshan, Gh. R. Jared "Evaluation of COD Determination by ISO, 6060 Method, Comparing with Standard Method (5220,B)", *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(6):892-894, 2005, <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.892.894>.
- [13] Erpina. Epi, "Evaluasi Konsentrasi Senyawa Uji Pada Prosedur Operasional Standar Biodegradasi Bahan Kimia Dengan Metode Botol Tertutup," Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia, 2007.
- [14] Nuraini, E., Fauziah, T, Lestari F., "Penentuan Nilai BOD dan COD Limbah Cair Inlet Laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta", *Integrated Lab Journal*, Vol. 07 No. 02, 2019. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3490306>.
- [15] Kustiasih, Tuti., "Penentuan Angka Kebutuhan Oksigen Kimia Air Limbah dengan Mempertimbangkan Faktor Ketidakpastian Kasus IPAL di Pusat Litbang Permukiman", *Jurnal Permukiman*, Vol. 6 No. 3 : 121-128, 2011, <https://doi.org/10.31815/jp.2011.6.121-128>.
- [16] Dwinovantyo, Angga, *Verifikasi Metode COD secara ASTM D-1252, Photometri SQ 118 dan EPA 410.3, Salinitas berdasarkan Standard Method 16th Edition dan Horiba U-10, dan DO secara yodometri dengan metode SNI 06-6989.14-2004*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 2011, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1595.5606>.