

UTILIZATION OF AROMATIC SULPHONES IN THE UPPER SHOES LEATHER TANNING PROCESS

PEMANFAATAN AROMATIC SULFONES DALAM PROSES PENYAMAKAN KULIT BAGIAN ATAS ALAS KAKI

Sofwan Siddiq Abdullah¹, Kuntoro², Fadzkurisma Robbika^{1,*}, Thoyib Rohman Hakim¹

¹ Department of Leather Processing Technology, Politeknik ATK Yogyakarta, 55188, Yogyakarta, Indonesia

² PT Tirta Kencana Sakti Jaya, Semarang

* Corresponding author: fadzkurisma.risma@gmail.com

Abstract:

Technology of leather tannery is influenced by laws and developments in technology, both domestically and internationally. Current research has a major focus on discovering new process technologies and materials that make the leather processing technology more optimal and environmentally friendly. Currently, most of the leather tanning processes in Indonesia still have normative stages, which consist of beam house operation, tanning, post-tanning (neutralization, retanning, dyeing, fatliquoring) and finishing stages. The purpose of this study is to alter the post-tanning procedure for upper shoes by using aromatic sulfones. By using aromatic sulfones, leather can be tanned without the requirement for neutralization. The results of this study are expected to educate tanneries and give them another choice for performing tanning techniques that are more efficient, more reasonably priced, and meet standards for the quality of finished leather. With the addition of aromatic sulfones, wet blue goat skin post-tanning can be finished in 225 minutes (3 hours 45 minutes), or roughly 21.43% of the typical processing time. This process modification can both speed up the tanning process and consume less water because no fresh water is needed during the post-tanning phase. Water savings in the post-tanning process can reach 400% of the total water used. With these advantages, it is believed that the tanning process for leather would become more effective and affordable. Furthermore, by using less water during the post-tanning process, liquid waste can also be decreased. In terms of organoleptics and mechanics, the rubbing resistance of post-tanning leather with the addition of aromatic sulfones meets the requirements/standards for upper shoes.

Keywords: aromatic sulfones, neutralization, upper shoes

Intisari:

Teknologi penyamakan kulit berkembang seiring dengan perkembangan teknologi maupun regulasi di lingkup nasional maupun internasional. Penelitian yang dilakukan banyak berfokus pada untuk menemukan teknologi dan bahan proses baru yang menjadikan proses pengolahan kulit lebih optimal dan ramah lingkungan. Saat ini sebagian besar proses penyamakan kulit di Indonesia masih memiliki tahapan normatif yaitu terdiri dari tahapan beam house operation, tanning, pasca tanning (netralisasi, retanning, dyeing, fatliquoring) dan finishing. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *aromatic sulfones* dalam memodifikasi proses pasca tanning kulit upper shoes. Dengan menggunakan *aromatic sulfones*, proses penyamakan kulit dapat

dilakukan dengan tanpa melalui proses netralisasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menjadi alternatif bagi penyamak kulit dalam melakukan proses penyamakan kulit yang lebih efisien, ekonomis dan memenuhi standar kualitas kulit jadinya. Penambahan *aromatic sulfones* untuk proses pasca tanning kulit wet blue kambing dapat mempersingkat waktu sebanyak 225 menit (3 jam 45 menit) atau sekitar 21.43% dari waktu proses normal. Selain dapat menghemat waktu, modifikasi proses ini juga dapat menghemat penggunaan air karena pada proses pasca tanning, tidak perlu dilakukan penggantian air. Jumlah penghematan air dapat mencapai 400% dari total penggunaan air pada proses pasca tanning. Dengan keunggulan tersebut maka diharapkan proses penyamakan kulit menjadi lebih efisien dan lebih ekonomis. Selanjutnya limbah cair juga dapat diminimalisir karena berkurangnya penggunaan air dalam proses pasca tanning. Secara organoleptis dan uji fisis ketahanan gosok cat kulit hasil pasca tanning dengan penambahan *aromatic sulfones* memenuhi syarat/standar kulit bagian atas alas kaki (upper shoes)

Kata kunci: *aromatic sulfones*, netralisasi, upper shoes

Pendahuluan

Berdasarkan kriteria kualitatif dan kuantitatif menurut Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) ditentukan 10 (sepuluh) tahun 2015-2035 industri prioritas yang dikelompokkan ke dalam industri andalan, industri pendukung, dan industri hulu. Industri Tekstil, Kulit, Alas Kaki dan Aneka dikategorikan industri andalan dan menempati urutan ke 3 [12]. Menurut data Kementerian Perindustrian tahun 2018 nilai ekspor kulit mencapai 330.700.000 USD, dengan demikian industri penyamakan kulit memberikan dampak ekonomis yang cukup baik. Di sisi lain, eksistensi industri kulit juga memberikan dampak yang negatif untuk lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari industri kulit dapat berupa limbah yang berbentuk padat maupun berupa endapan lumpur disebut limbah padat, limbah cair yang merupakan limbah bahan kimia yang bercampur dengan air dan limbah gas yang berwujud gas berbahaya dan debu halus yang masuk ke udara [10]. Apabila limbah tidak diolah dan ditangani secara baik akan menjadi masalah yang tidak mudah untuk dicarikan jalan keluarnya. Salah satu upaya mengurangi limbah yang dihasilkan adalah proses dengan pendekatan produksi bersih. Produksi bersih melibatkan pengelolaan sumber daya, modifikasi proses, substitusi bahan ataupun penggunaan teknologi baru [7].

Bahan kimia yang ramah lingkungan digunakan dalam proses penyamakan, dapat meminimalkan atau menghilangkan produksi limbah berbahaya sekaligus menurunkan COD dan TDS. Bahan kimia ramah lingkungan tidak hanya menghasilkan proses inovatif yang dapat menggantikan metode penyamakan lama, tetapi juga meningkatkan kinerja [15].

Sampai saat ini sebagian besar industri penyamakan di dunia masih menggunakan bahan penyamak krom (III) sulfat karena dianggap prosesnya paling mudah serta dapat menghasilkan karakteristik kulit samak yang bagus, salah satunya adalah tipe (artikel) upper shoes. Sebenarnya banyak bahan penyamakan yang dapat digunakan dimana masing-masing bahan penyamak mempunyai fungsi dan tujuan yang berbeda dalam proses penyamakan. Penyamakan krom adalah salah satu prosedur penyamakan yang paling efektif dan banyak digunakan dalam pembuatan kulit karena karakteristik yang sangat baik dari kulit samak mereka seperti kekuatan fisik dan mekanik yang baik, stabilitas hidro-termal yang tinggi, kualitas penyerahan yang bagus dan mengurangi waktu yang dibutuhkan. Sifat-sifat ini belum dapat dicapai dengan menggunakan bahan penyamakan lainnya [16]. Kulit samak krom mempunyai sifat kekuatan

yang tinggi (high strength properties), better strength and elongation. Kulit yang disamak krom lebih mulur dibanding dengan kulit yang disamak nabati [5].

Tahapan proses penyamakan yang dilakukan oleh industri kulit di Indonesia sebagian besar masih tahapan normatif dengan melalui tahapan *beam house operation, tanning, pasca tanning (netralisasi, retanning, dyeing, fatliquoring dan finishing. Pasca tanning* yang merupakan salah satu dalam tahapan penyamakan kulit prosesnya dilakukan setelah kulit mengalami proses *tanning* atau penyamakan.

Aromatic sulfones sendiri sebenarnya sudah tersedia dan dapat diperoleh dipasaran. Namun belum banyak industri penyamakan kulit yang menggunakan bahan kimia ini. Oleh karena itu dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menjadi alternatif bagi penyamak kulit dalam melakukan proses penyamakan kulit yang lebih efisien dan ekonomis.

Aromatic sulfones dapat menjadi bahan kimia alternatif yang lebih ramah lingkungan karena Produk *aromatic sulfones* dapat melindungi kulit dari pembengkakan karena asam tanpa membutuhkan NaCl [18]. Seperti yang diketahui bahwa garam merupakan salah satu limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Untuk mengurangi natrium klorida dan membatasi pelepasan kromium, digunakan asam *Aromatic sulfones*. *Aromatic sulfones* juga menjamin kualitas tinggi dan karakteristik kulit samak krom [16].

Pada penelitian Hui Zhang (2016), material baru yang mengandung banyak gugus asam sulfonate disintesi dan dioptimalkan penggunaannya dalam proses *pickle* bebas garam dan juga proses penyamakan dengan penggunaan krom yang lebih sedikit. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa dengan penggunaan asam sulfones ini akan meningkatkan penyerapan dan distribusi kromium pada kulit kras berubah dari 71,6% menjadi 98,6%. Hal ini menyebabkan konsentrasi kromium residu dalam cairan limbah penyamakan juga berkurang hingga 45 mg/L. Pada penelitian ini kulit diuji menggunakan SEM, dan didapatkan bahwa pori-pori kulit menjadi bersih dan fibril tersebar dengan baik. Eksperimen lebih lanjut membuktikan bahwa metode pengasaman bebas garam dan penyamakan minim krom ini layak dilakukan dalam hal sifat organoleptik dan mekanik fisik. Dari sisi ekonomi menunjukkan bahwa metode baru 46,9% lebih murah daripada pendekatan konvensional.

Pada Tahun 2022, M.A.Essa, dkk melakukan penelitian tentang penyamakan yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan *aromatic sulfones*. Pada penelitian ini *aromatic sulfones* berfungsi untuk meningkatkan penyerapan krom dan mengurangi pengaruh negative dari penyamakan kulit terhadap lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan proses pengasaman/*pickle* yang bebas garam dan menambahkan asam *aromatic sulfones* pada proses penyamakannya. Pada kasus ini digunakan 2 jenis asam *aromatic sulfones* yaitu asam naftalena sulfonat dan asam fenol sulfonate. Penelitian dilakukan pada 30 kulit domba yang disamak dengan metode tradisional dan

disamak dengan menggunakan asam *aromatic sulfones* dengan konsentrasi 2,3, dan 4%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penyamakan dimana menerapkan *pickle* bebas garam, memiliki kemampuan untuk mengurangi total padatan terlarut (TDS), kandungan klorida, dan kebutuhan oksigen kimia (COD) lebih banyak dibanding dengan metode tradisional. Selanjutnya didapatkan pula bahwa dengan penggunaan asam sulfonate pada konsentrasi 4% berhasil meningkatkan exhaust krom dari 79,62 menjadi 90,10 dan mengurangi kandungan Cr III pada limbah dari 6,63% menjadi 2,83%.

Pada penelitian ini akan dilakukan optimalisasi proses penyamakan kulit dengan menggunakan penambahan bahan kimia *Aromatic sulfones*. Penambahan bahan kimia ini menyebabkan kulit wet blue yang akan dilakukan proses pasca tanning tidak lagi harus dilakukan

netralisasi. Penambahan *aromatic sulfones* ini dapat menghilangkan proses netralisasi. Dengan penambahan bahan kimia ini, selain proses dapat dilakukan tanpa netralisasi, proses juga tidak membutuhkan penggantian air. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pasca tanning juga menjadi lebih singkat. Dengan banyak keunggulan tersebut maka diharapkan proses menjadi lebih efisien dan lebih ekonomis. Selain itu limbah cair juga dapat diminimalisir karena berkurangnya konsumsi kebutuhan air.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu, Drum tanning /paddle, timbangan, alat ukur volume air, ember, kuda-kuda, corong, kompor, panci, baumemeter, kertas pH/pH meter, becker glass, thermometer dan unit toggle. Bahan yang digunakan untuk proses penyamakan dan finishing kulit terdiri atas: kulit wet blue kambing, air, bahan kimia pembantu (*HCOOH, fatty alcohol, indicator BCG, glutar aldehyde, neutralizing agent, aromatic sulfones acrylic, naftalen, quebracho, mimosa, anionic polimer, sulphonated oil, lecitin oil, NaHCO₃, levelling agent, dyes, fungicide*).

Metode

Pada penelitian ini dilakukan 2 cara perlakuan pada proses pasca tanning penyamakan kulit artikel Upper-Shoes dari kulit wet blue kambing. Pada perlakuan pertama dilakukan proses penyamakan kulit secara normatif dimana tahapan pasca tanning terdiri dari: *Rewetting, Retanning 1, Netralisasi, Retanning 2, Fatliquoring, Dyeing*, dan Fiksasi. Selanjutnya untuk perlakuan kedua dilakukan penambahan bahan *aromatic sulfones* dimana tahapan prosesnya berubah menjadi: *rewetting, retanning, fatliquoring, dyeing*, dan fiksasi. Penambahan *aromatik sulfones* dilakukan saat proses *Rewetting*. Pada penelitian ini juga dilakukan variasi pada presentase *aromatic sulfones* yang digunakan yaitu, 4%, 5%, dan 6%.

Setelah dilakukan proses penyamakan pada tahapan pasca tanning, maka selanjutnya kulit dilakukan beberapa perlakuan permesinan seperti, *sammying setting out, vacuum, hang drying*, dan *toggling*. Selanjutnya masing-masing kulit dilakukan pengujian organoleptis

Hasil dan Pembahasan

Analisis Proses Pasca Tanning Penyamakan Kulit

Data dari masing-masing variasi proses dilakukan analisis terhadap penggunaan air proses, waktu proses, dan ketercapaian PH proses. Hal ini dilakukan untuk mengkaji proses dengan mengacu pada Standart Industri Hijau Penyamakan Kulit. Analisis ini untuk mengetahui kontribusi hasil penelitian yang mendukung program industri kulit yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*).Tabel 1 menunjukkan perbandingan nilai penggunaan air, waktu dan pH proses pasca tanning.

Berdasarkan data pada tabel 1 dapat dilihat bahwa proses dengan metode konvensional dan metode proses dengan penggunaan *aromatic sulfones* berbeda. Metode proses dengan penggunaan *aromatic sulfones* dengan persentase 4%, 5% dan 6% dapat menghemat waktu proses pasca tanning dari mulai *rewetting* sampai dengan *fixing* sebesar 225 menit (3 jam 45 menit) atau sekitar 21.43% dari waktu proses normal. Penghematan ini secara ekonomis tentu sangat menguntungkan bagi pelaku industri yang melakukan proses pasca tanning.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Penggunaan Air, Aaktu Proses dan Ketercapaian pH

NO	Proses	Konvensional			4% aromatic sulfones			5% aromatic sulfones			6% aromatic sulfones		
		Air (% berat kulit)	Waktu (menit)	pH	Air (% berat kulit)	Waktu (menit)	pH	Air (% berat kulit)	Waktu (menit)	pH	Air (% berat kulit)	Waktu (menit)	pH
1	Rewetting	150	60	3,8	150	60	3,5	150	60	3,4	150	60	3,2
2	Retanning 1	150	60	4									
3	Neutralizing	150	150		0	0		0	0		0	0	
4	Washing	100	15		0	0		0	0		0	0	
5	Retanning II												
6	Dyeing	100	90		100	90		100	90		100	90	
7	Fatliquoring	100	60	4,4	100	60	3,8	100	60	3,8	100	60	3,8
8	Fixing	150	20	3,8	150	20	3,8	150	20	3,8	150	20	3,8
9	Top dyeing_Fixing	150	50	3,8	150	50	3,6	150	50	3,6	150	50	3,6
	Jumlah	1050	505		650	280		650	280		650	280	

Selisih pengurangan air dan waktu proses konvensional dan proses penggunaan aromatic sulfones												
Air (dari % berat kulit)					400			400			400	
Waktu (menit)							225			225		225

Dari aspek penggunaan air metode proses dengan penggunaan *aromatic sulfones* dengan persentase 4%, 5% dan 6% dapat menghemat air dalam proses pasca tanning dari mulai rewetting sampai dengan 400%. Nilai ini merupakan nilai yang besar dalam penurunan penggunaan air. Penghematan penggunaan air ini tentu sangat menguntungkan bagi industri baik dari sisi ekonomis secara langsung maupun dari sisi biaya pengolahan limbah cair. Hal ini juga sangat mendukung tercapainya industri penyamakan kulit yang ramah lingkungan. Selanjutnya dari ketercapaian pH, didapatkan bahwa dengan penambahan aromatis sulfones menyebabkan ph proses tidak terlalu tinggi di awal, berbeda dengan ketercapaian PH pada proses konvensional. Hal ini menyebabkan waktu proses lebih singkat dan menghemat bahan kimia yang digunakan untuk melakukan pengaturan PH.

Efisiensi penggunaan air merupakan aspek penting dalam penerapan konsep Industri Hijau di industri. Penggunaan air yang efisien akan berdampak positif terhadap pengurangan biaya produksi sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Efisiensi penggunaan air ditunjukkan oleh kriteria penggunaan air per produk kulit jadi (*raw to finished leather*) dalam bentuk penggunaan *fresh water* per produk kulit jadi (*raw to finished leather*). Penggunaan air per produk kulit jadi (*raw to finished leather*) maksimum 12,3 L/ft² (SIH 2019). Angka batasan penggunaan air per produk kulit jadi sebesar 12,3 L/ft² merupakan angka batasan untuk Industri Penyamakan Kulit sapi dan kerbau. Penggunaan air untuk Industri Penyamakan Kulit domba dan kambing berbeda dengan penggunaan air untuk Industri Penyamakan Kulit sapi dan kerbau. Oleh karena itu, untuk Industri Penyamakan Kulit domba dan kambing, angka batasan tersebut dapat digunakan dengan cara mengkonversi luasan produk kulit jadi sebagai berikut:

$$P_{kj} = 1,12 \times P_{dk} \quad (1)$$

Keterangan:

P_{kj} : Kuantitas produk kulit jadi dalam periode 1 tahun (ft²)

P_{dk} : Kuantitas produk kulit jadi untuk industri penyamakan kulit domba dan kambing (ft²)

Teknologi proses menggunakan *aromatic sulfones* mendukung efisiensi pembangunan sarana pengelolaan limbah cair karena volume limbah cair yang berkurang. Pemenuhan parameter

limbah cair dalam upaya memenuhi baku mutu sesuai dengan ketentuan laporan perundang-undangan menjadi lebih efisien.

Pengamatan Organoleptis Kulit

Pengamatan organoleptik adalah pengamatan yang berhubungan dengan pengindraan. Uji organoleptis yang dilakukan mengacu pada parameter persyaratan mutu menurut SNI 0253:2009: Kulit Bagian Atas Alas Kaki-Kulit Kambing. Pengujian organoleptis dilakukan pada 4 sampel kulit dari masing-masing variasi perlakuan proses. Pengujian organoleptis yang dilakukan meliputi kerataan warna, kelepasan nerf, elastisitas, pegangan (*fullness*), ketahanan gosok kering kulit kras, dan ketahanan gosok basah kulit kras. Uji organoleptis dilakukan mandiri oleh tim peneliti. Hasil uji organoleptis dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptis Kulit

Uji Organoleptis	A	B	C	D
Kerataan Warna	4	2,5	4,75	5
Kelepasan Nerf	5	5	5	5
Elastisitas	5	4	5	5
Pegangan (Fullness) Upper Shoes	3,75	4,25	4,25	4,5
Ketahanan Gosok kering	5	5	4,125	5
Ketahanan Gosok basah	4	4,625	4	5
Ketembusan Warna	4,5	4,625	3,5	4,875

Keterangan :

A : Kulit dengan proses pasca tanning konvensional

B : Kulit dengan proses pasca tanning menggunakan 4% aromatic sulfone

C : Kulit dengan proses pasca tanning menggunakan 5% aromatic sulfone

D : Kulit dengan proses pasca tanning menggunakan 6% aromatic sulfone

Skala nilai 1 s.d 5 dengan deskripsi nilai 1 nilai paling rendah (jauh dari standar baik) dan nilai 5 adalah nilai yang paling tinggi (standar baik)

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa pada penggunaan 4% *aromatic sulfones*(kulit B) terjadi penurunan kerataan warna kulit dibanding dengan metode proses konvensional (kulit A) dari skala nilai 4 menjadi 2.5 (turun1.5). Peningkatan nilai kerataan warna kulit terjadi penggunaan 5% *aromatic sulfones*(kulit C) dan penggunaan 6% *aromatic sulfones*(kulit D). Penggunaan 5% *aromatic sulfones*(kulit C) meningkat 0.375 dari skala nilai 4 menjadi 4.375 dan Penggunaan 5% *aromatic sulfones*(kulit D) meningkat 1.0 dari skala nilai 4 menjadi 5. Dari hasil tersebut berdasar parameter kerataan warna dapat direkomendasikan penggunaan *aromatic sulfones*dalam proses pasca tanning adalah 5% atau 6%.

Pegangan dari kulit sesuai dengan pengujian organoleptis, kulit yang menggunakan 6% *aromatic sulfones* memiliki kesuaian yang paling baik. Selanjutnya pada pengujian ketahanan gosok/kelunturan dengan kain kering didapatkan mayoritas sampel memiliki ketahanan yang baik, sedangkan untuk pengujian gosok/kelunturan dengan menggunakan kain basah didapatkan bahwa kulit yang menggunakan 6% *aromatic sulfones* memiliki ketahanan luntur paling baik. Dari segi ketembusan warna, didapatkan ketembusan warna paling baik didapatkan pada kulit yang menggunakan 6% *aromatic sulfones*.

Kesimpulan

1. Penambahan *aromatic sulfones* dapat meniadakan proses netralisasi pada proses pasca tanning kulit samak mineral (chrome).
2. Penambahan *aromatic sulfones* yang paling baik berdasarkan hasil pengujian kulit adalah sebanyak 6%
3. Penambahan *aromatic sulfones* dapat menghemat waktu proses sebesar 225 menit (3 jam 45 menit) atau sekitar 21.43% dan dapat menghemat air 400%. dari proses pasca tanning normal.
4. Hasil pengamatan mandiri, secara organoleptis kulit hasil pasca tanning dengan penambahan *aromatic sulfones* memenuhi syarat/standar kulit bagian atas alas kaki (upper shoes).

Saran

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meningkatkan uji organoleptis yang dilakukan oleh pelaku industri dan/atau pengguna kulit upper shoes hasil penelitian.
2. Dilakukan uji fisis dan kimiawi kulit jadi

Daftar Pustaka

- [1]. BASF, Pocket Book for the Leather Technologist, Fourth edition, Aktingesellschaft, 67056 Ludwinshafen, Germany,1994.
- [2]. BASF. (2009). Leather Finishing Manual. Ludwigshafen, Germany: BASF.Essa. M.A , et al. 2022. An Eco-Friendly Tanning by Aromatic Sulphonic Acids for Enhancing Chrome Absorption and Reducing the Negative Impact on Environment, Al-Azhar Journal of Agricultural Research V. (47) No. (1) June (2022) 25-34
- [3]. Heidemann E. 1993. Fundamentals of Leather Manufacturing. Eduard Roether KG, Darmstadt.
- [4]. <https://kbbi.lektur.id/organoleptik>, diakses Juli 2023
- [5]. Mustakim, M., Aris, S. W., & Kurniawan, A. P. (2010). Perbedaan kualitas kulit kambing peranakan etawa (PE) dan peranakan boor (PB) yang disamak krom. Jurnal Ternak Tropika, 11(1), 38-50.
- [6]. Nashy, E. H., Osman, O., Mahmoud, A. A., & Ibrahim, M. (2012). Molecular spectroscopic study for suggested mechanism of chrome tanned leather. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 88, 171-176.
- [7]. Nazer, D.W., R.M. Al-Sa'ed, M.A. Siebel. 2006. Reducing the environmental impact of the unhairing-liming process in the leather tanning industri. Journal of Cleaner Production 14 : 65-74.
- [8]. Paul, H. L., Phillips, P. S., Covington, A. D., Evans,P., & Antunes, A. P. M. (2013). Dechroming optimisation of chrome tanned leather waste as potential poultry feed additive: A waste to resources. In Proceeding XXXII Congress of IULTCS. Istambul, Turkey: IULTCS.
- [9]. Permenperin RI No. 37 Tahun 2019, 2019, Standar Industri Hijau Untuk Industri Penyamakan Kulit Dari Sapi, Kerbau, Domba, Dan Kambing, Kemenperin, Jakarta
- [10]. Popiolski, A.S., C. E. D. Oro, J. Steffens, C. A. Bizzi, D Santos, K. O. Alessio, E. M.M. Flores, F. A. Duarte, R. M. Dallago. 2022. Microwave-assisted extraction of Cr from residual tanned leather: A promising alternative for waste treatment from tannery industry. Journal of Environmental Chemical Engineering. 10: 1-6.
- [11]. Purnomo, E. 2010. Pasca Taning. Akademi Teknologi Kulit Yogyakarta, Departemen

Perindustrian RI

- [12]. Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Tahun 2015-2035 (2015), Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, Jakarta Tuck, DH. 1981. The manufacture of Upper Leather. Tropical Product Institute, London
- [13]. SNI 0253:2009, 2009, Kulit Bagian Atas Alas Kaki-Kulit Kambing, BSN, Jakarta.
- [14]. Tyagi, Panjaj Kumar et al. 2021. Effect of sulfonic acids based syntans on chrome tanned buff leather: Examination of thermal behavior. Leather & Footwear Technology Section, University Polytechnic, Faculty of Engg. & Tech., Aligarh Muslim University
- [15]. Zhou, Y., Ma., J., Gao, D., Jia, L., Guo, K., Ren, H. 2018: Modification of collagen with three novel tannages, sulfonated calix. Arenes. International journal of biological macromolecules, 116, 1004-1010
- [16]. Zhang C. et al. 2016. A salt-free and chromium discharge minimizing tanning technology: the novel cleaner integrated chrome tanning process. Journal of Cleaner Production, Volume 142, Part 4, 20 January 2017, Pages 1741-1748
- [17]. Zhang, Chunxiao. 2016. A salt-free and chromium discharge minimizing tanning technology: the novel cleaner integrated chrome tanning process. Journal of Cleaner Production Volume 112, Part 1, 20 January 2016, Pages 1055-1063
- [18]. Bacardit, A., Morera J.M., Olle, L., Esther, B.D., Borrás, M. 2008: High chrome exhaustion in a non-float tanning process using a sulphonic aromatic acid. Chemosphere 73, 820-824.