

KAJIAN MINIMISASI LIMBAH CAIR PADA KEGIATAN PENYAMAKAN KULIT (STUDI KASUS INDUSTRI X DAN Y)

Dhaneswara Ilmasari

15513158

Abstract

During the tannery process, water plays a very important role. The whole process of a tannery in leather manufacturing involves high use of water and a huge amount of chemicals added which are the main source of waste and pollution. Pollution caused by tannery waste is one of the most horrible ecological problems to which we are subjected today. It is hazardous and can cause even more severe environmental damage if not being treated well. Therefore, a cleaner production strategy can be suggested as a solution. This study was conducted to analyse the opportunities for implementing a cleaner production strategy by minimizing the wastewater. This study recorded all raw materials used and the waste produced during the tannery process which presented in a mass balance. Meanwhile, the waste minimization alternatives were obtained by a literature study that was adjusted to the hierarchy of waste management. Due to the scoring method that had been done, the result shows that wastewater minimization can be implied in the process of tanning, washing, soaking, liming and batting. The attempt of wastewater minimization in a leather tannery industry is one of the solutions in the case of water conservation.

Keywords: *Cleaner Production, Leather Tannery, Wastewater Minimization*

Abstrak

Air memiliki peranan penting dalam industri penyamakan karena digunakan hampir dalam setiap tahap prosesnya. Selain banyak menggunakan air, dalam prosesnya industri penyamakan kulit juga menggunakan berbagai macam bahan kimia. Melihat banyaknya air yang digunakan serta unsur kimia yang ditambahkan, industri penyamakan kulit akan menghasilkan limbah cair yang mengandung polutan dengan volume yang besar. Apabila limbah tidak dikelola dengan baik maka akan berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, strategi produksi bersih dapat menjadi sebuah solusi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis peluang penerapan produksi bersih dengan cara minimisasi limbah cair untuk mengembangkan industri penyamakan kulit yang ramah lingkungan. Seluruh input dan output mulai dari bahan baku hingga timbulan limbah pada proses produksi dihitung dan dianalisis untuk menghasilkan sebuah neraca massa. Sementara itu alternatif peluang penerapan minimisasi limbah didapat dengan studi literature yang disesuaikan dengan hierarki manajemen limbah. Berdasarkan skoring yang dilakukan, didapat beberapa alternatif minimisasi yang direkomendasikan yang dapat diterapkan pada proses tanning, washing, soaking, liming dan batting. Dengan adanya upaya minimisasi limbah cair pada proses penyamakan kulit memberikan solusi dalam upaya konservasi sumber daya air.

Kata kunci: *Minimisasi Limbah, Penyamakan Kulit, Produksi Bersih*

1. PENDAHULUAN

Penyamakan kulit merupakan suatu usaha untuk mengubah kulit mentah menjadi kulit tersamak. Tujuan dilakukannya penyamakan adalah untuk mengubah sifat kulit yang mudah rusak oleh faktor fisika, kimia maupun biologi menjadi kulit yang lebih tahan akan pengaruh faktor-faktor tersebut. Proses penyamakan kulit pada mulanya dilakukan dengan bahan-bahan nabati menggunakan alat tradisional yang sederhana. Namun seiring perkembangan zaman, kini proses penyamakan pada umumnya menggunakan mesin-mesin produksi yang modern serta dengan tambahan bahan kimia seperti kapur, natrium sulfida, ammonium sulfat, garam dapur, asam sulfat dan krom (Wardhana, 2011).

Selain kulit mentah sebagai bahan utama dan bahan kimia sebagai tambahannya, proses penyamakan kulit juga membutuhkan air dalam kuantitas yang besar. Menurut Setiyono dan Yudo (2014) dalam bukunya yang berjudul Daur Ulang Air Limbah Industri Penyamakan Kulit (Studi Kasus di Lingkungan Industri Kulit Magetan, Jawa Timur), volume air yang dibutuhkan dalam proses produksi kulit dengan basis 1000 kg kulit mentah adalah 32 m³. Air memiliki peranan penting dalam industri penyamakan karena digunakan hampir dalam setiap tahap prosesnya. Melihat banyaknya air yang digunakan serta unsur kimia yang ditambahkan, industri penyamakan kulit akan menghasilkan limbah cair yang mengandung polutan dengan volume yang besar.

Melihat besarnya kuantitas air yang dibutuhkan serta limbah yang dihasilkan oleh industri penyamakan kulit, dirasa perlu dilakukan upaya pengelolaan lingkungan, khususnya dalam upaya pemberdayaan sumber daya air. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan produksi bersih. Produksi bersih (*cleaner production*) merupakan sebuah strategi sistematis untuk mencegah pencemaran lingkungan dengan cara meminimisasi timbulnya limbah (UNEP, 1990). Salah satu upaya dalam melakukan produksi bersih adalah dengan melakukan minimisasi limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan sumber limbah dari tahapan produksi penyamakan kulit serta memberikan alternatif minimisasi limbah yang dapat diterapkan. Dengan adanya upaya minimisasi limbah, selain dapat meminimisasi limbah yang timbul, diharapkan juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air serta mencegah terjadinya pencemaran lingkungan sehingga kelestarian lingkungan tetap terjaga.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan berupa data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui tinjauan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran, pengamatan dan wawancara. Data primer yang didapatkan antara lain adalah diagram alir proses produksi, debit atau volume limbah dari

tiap tahapan proses yang menghasilkan limbah, penggunaan bahan baku, bahan kimia air serta energi, pengelolaan limbah dan minimisasi limbah yang telah dilakukan dan data lainnya yang berkaitan dengan proses produksi. Sementara itu data sekunder terdiri dari atas baku mutu air limbah yaitu Peraturan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, kualitas air limbah serta alternatif pengolahan dan minimisasi limbah yang didapat dari berbagai literatur.

2.2 Analisis Data

Setelah data primer maupun sekunder didapat, data tersebut kemudian diolah dan dianalisis. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa usaha dalam analisis data, diantaranya:

a. Neraca massa

Neraca massa menampilkan *input* dan *output* dari tiap tahap proses produksi. Neraca massa ini terdiri dari neraca bahan, neraca energi dan neraca air.

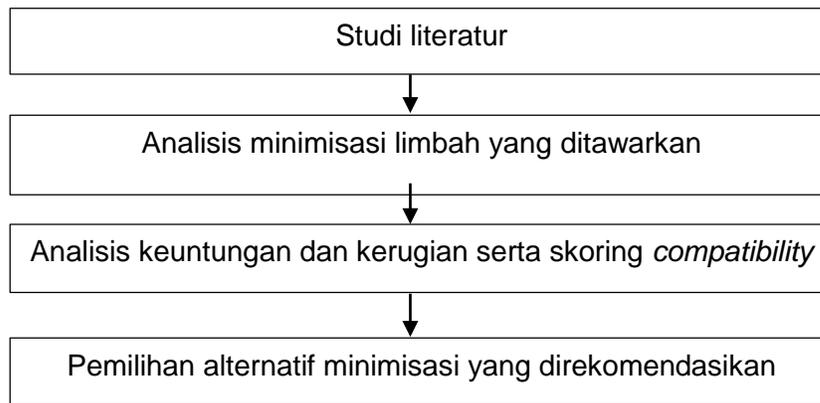
b. Analisis peluang minimisasi limbah yang ditawarkan dan direkomendasikan

Analisis peluang minimisasi limbah dilakukan dengan studi literatur menggunakan jurnal, buku, peraturan terkait serta berbagai macam penelitian terdahulu yang sejenis baik yang ada di dalam negeri maupun luar negeri. Dari literatur yang didapat kemudian dianalisis alternatif minimisasi limbah yang bisa ditawarkan. Alternatif minimisasi tersebut kemudian akan dilihat keuntungan dan kerugiannya serta peluang kesesuaiannya atau kecocokannya apabila akan diterapkan di industri terkait. Dalam menilai kecocokan alternatif minimisasi, dilakukan skoring *compatibility* atau kecocokan. Tabel 2.1 merupakan tabel skor kesesuaian yang digunakan.

Setelah dilakukan skoring *compatibility*, dipilih alternatif minimisasi dengan skor bintang tiga (***) sebagai alternatif minimisasi limbah yang direkomendasikan ke industri. Gambar 2.1 merupakan alur analisis peluang minimisasi limbah yang dilakukan.

Tabel 2.1 Skor Kesesuaian dan Kecocokan Alternatif Minimisasi Limbah

Skor	Deskripsi
*	Alternatif dapat diterapkan, namun membutuhkan biaya besar serta teknologi belum siap diterapkan atau tidak dapat diterapkan di lapangan. Biaya dianggap besar apabila lebih dari Rp 10.000.000,00.
**	Alternatif bisa diterapkan, tidak ada permasalahan dengan biaya namun kerugian lebih banyak dari keuntungan. Keuntungan dan kerugian dilihat dari faktor lingkungan serta kondisi lapangan.
***	Alternatif dapat diterapkan, tidak ada masalah dengan biaya dan keuntungannya lebih banyak dibanding kerugian. Pada poin ini semua faktor mendukung untuk alternatif diterapkan.

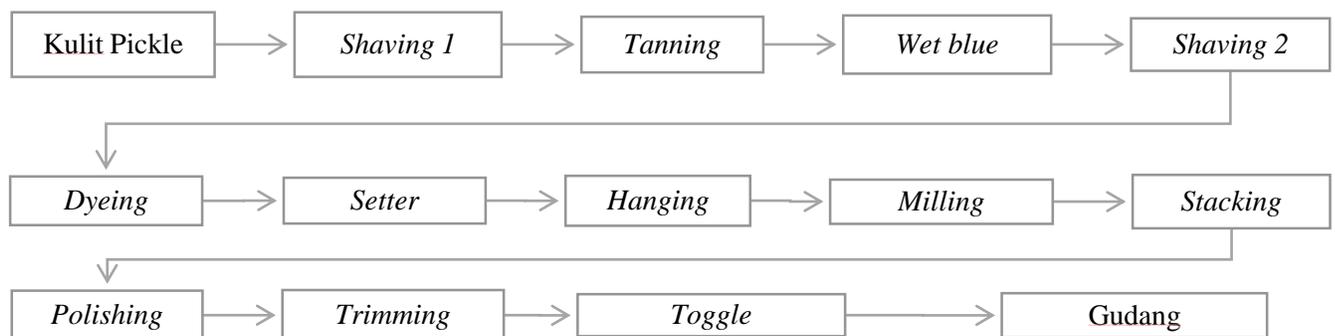


Gambar 2.1 Alur Analisis Minimisasi Limbah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Tahapan Produksi Penyamakan Kulit Industri X

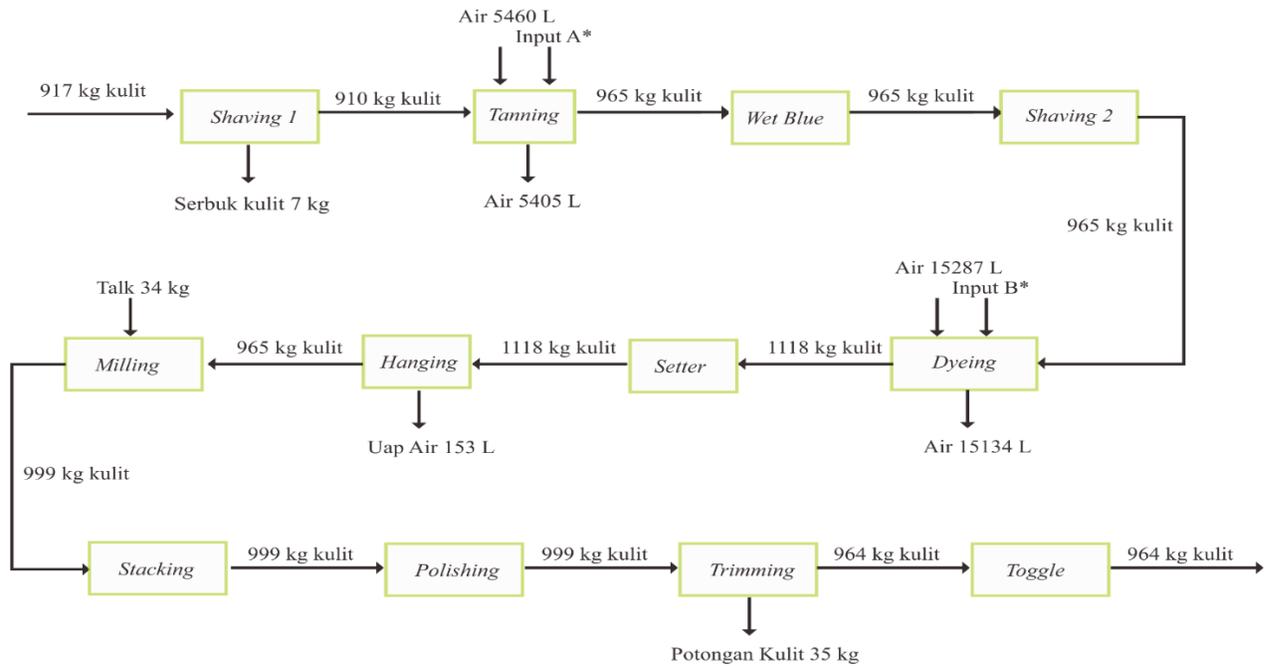
Setiap harinya industri X melakukan produksi penyamakan kulit dengan kapasitas yang berbeda-beda menyesuaikan dengan pesanan yang masuk. Berdasarkan data produksi yang didapat dari industri, rata-rata dalam sebulan industri dapat memproses sebanyak 108.000 lembar kulit atau rata-rata 3.600 lembar kulit per hari.



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Produksi Industri X

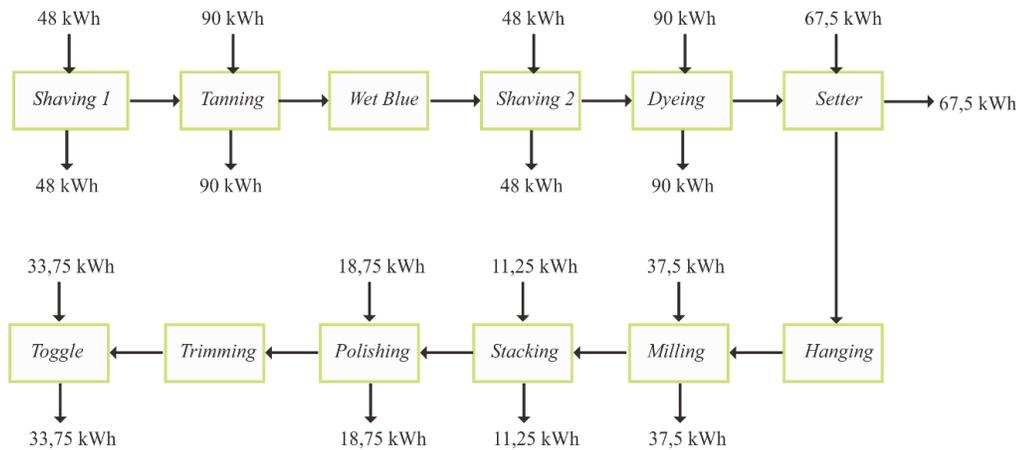
Dalam proses produksinya, industri X telah memiliki sebuah resep khusus yang memuat persenan bahan kimia serta air yang dibutuhkan dengan basis berat kulit yang diproduksi. Sementara itu energi digunakan dalam proses yang melibatkan mesin dengan sumber energi berupa listrik. Dari analisis yang dilakukan, hasilnya menunjukkan bahwa pada proses produksi penyamakan kulit di industri X menghasilkan dua jenis limbah, yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair dihasilkan pada tahap *tanning* dan *dyeing*. Sementara itu limbah padat dihasilkan pada tahap *shaving 1* dan *trimming*. Minimisasi yang telah diterapkan di industri X antara lain adanya penghematan listrik dengan

rekayasa tata ruang serta pencegahan produk *reject* dengan adanya laboratorium produksi. Gambar 3.2 merupakan gambar yang menunjukkan *input* dan *output* pada tiap tahapan produksi pada industri X atau yang dapat dikatakan sebagai neraca massa. Sementara itu Gambar 3.3 merupakan gambar neraca energi industri X.



*Keterangan: input A dan input B dapat dilihat di Tabel 3.1.

Gambar 3.2 Neraca Massa Industri X



Gambar 3.3 Penggunaan Energi Industri X

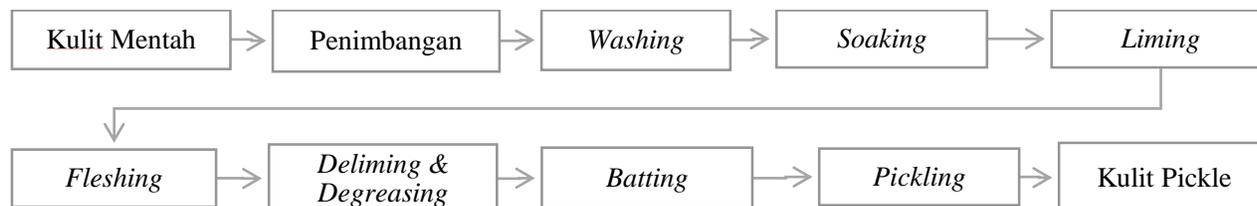
Tabel 3.1 Keterangan Neraca Massa Industri X

Input	Bahan	Jumlah	Input	Bahan	Jumlah
		kg			kg
A	Garam	418,6	B	Trilon-B	1,8
	Foryl	9,1		<i>Black NT</i>	38,7
	Natrium Asetat	36,4		Asam Formiat	44,1
	Soda Kue	31,8		<i>Fixing FC</i>	9,1
	Proenzym MA	18,2		P.LSW	18,2
	Asam Formiat	25,0		Novaltan PF	27,3
	Sodium Meta Bisulfite	9,1		Chromosal B	18,2
	Trilon	0,9		Natrium Asetat	18,2
	Natrium Sulfat	45,5		Soda Kue	5,5
	Chromosal B	36,4		P-802	77,3
	P.LSW	9,1		L-SAF	40,9
	Busan	18,2		P.LMN	9,1
		Busan	0,2		
		PM 4700	2,3		

3.2 Analisis Tahapan Produksi Penyamakan Kulit Industri Y

Industri penyamakan kulit Y memproses kulit mentah yang berupa kulit domba menjadi kulit *pickle* atau kulit yang diawetkan dengan cara pengasaman. Dalam usahanya mengubah kulit mentah menjadi kulit *pickle*, diperlukan proses *beamhouse* yang merupakan kumpulan dari beberapa proses atau tahapan. Gambar 3.4 merupakan diagram alir proses produksi pada industri Y.

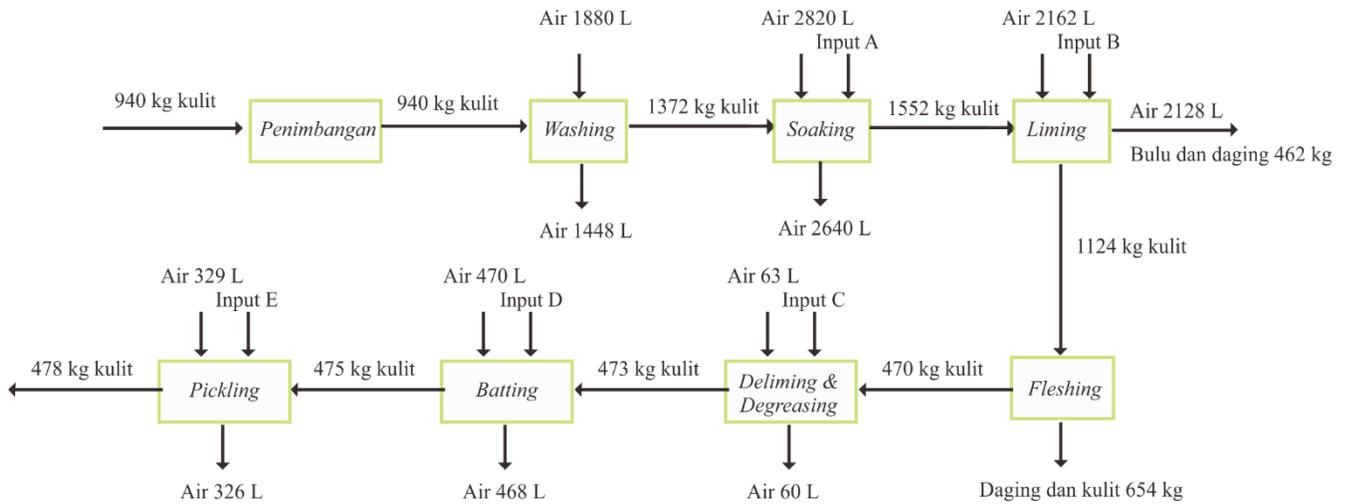
Dalam menjalankan proses produksinya, industri Y mendapat pasokan bahan baku langsung dari pemesan kulit *pickle*. Kulit mentah yang dikirim oleh pemesan jumlahnya berbeda-beda tiap kali produksi. Namun, berdasarkan data yang didapat dari industri Y, rata-rata tiap kali produksi kulit yang diproses adalah sebesar 1.000 kg.



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Produksi Industri Y

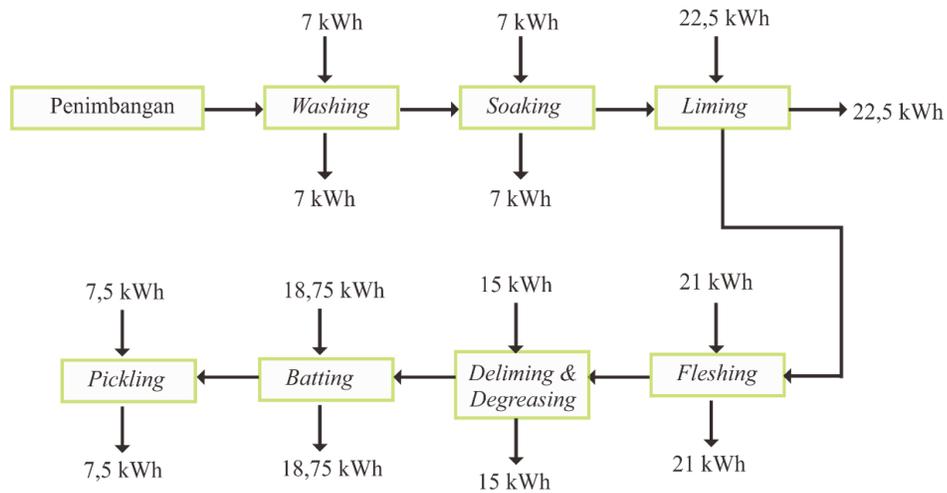
Sama halnya dengan industri X, pada industri Y juga telah ada resep khusus yang memuat persenan bahan kimia dan air yang dibutuhkan dengan basis berat kulit yang diproduksi. Basis berat kulit yang digunakan adalah berat kulit yang telah melalui tahap penimbangan baik saat pertama kali

maupun setelah melalui proses *fleshing*. Sementara itu energi digunakan dalam proses yang melibatkan mesin dengan sumber energi berupa listrik. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari rangkaian proses produksinya, industri Y menghasilkan dua jenis limbah yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair dihasilkan dari proses *washing*, *soaking*, *liming*, *batting* dan *pickling* Sementara itu limbah padat dihasilkan dari proses *liming* dan *fleshing*. Minimisasi yang telah diterapkan di industri Y antara lain adanya penghematan listrik dengan rekayasa tata ruang serta pencegahan produk *reject* dengan adanya pemgecekan pH kulit dan larutan pada proses *pickling*. Gambar 3.5 merupakan gambar yang menunjukkan *input* dan *output* pada tiap tahapan produksi pada industri Y atau yang dapat dikatakan sebagai neraca massa. Sementara itu Gambar 3.6 merupakan neraca energi industri Y.



*Keterangan: input A, B, C dan E dapat dilihat di Tabel 3.2

Gambar 3.5 Neraca Massa Industri Y



Gambar 3.6 Neraca Energi Industri Y

Tabel 3.2 Keterangan Neraca Massa Industri Y

Input	Bahan	Jumlah
		kg
A	<i>Wetting Agent</i> (sabun)	2,8
	Kaporit	2,8
	Soda Abu	1,9
B	Kalsium Hidroksida	65,8
	Natrium Sulfida	28,2
C	Ammonium Sulfat	1,9
	Ammonium Klorit	1,9
	Hidrogen Peroksida	0,9
	<i>Degreasing</i> DZ	1,4
	<i>Wetting Agent</i> (sabun)	0,9
D	Centrobate	2,4
E	Garam	47,0
	Asam Formiat	2,4
	Asam Sulfat	5,6
	Zenith	0,2

3.3 Alternatif Minimisasi Limbah yang Direkomendasikan

Dengan melakukan studi literatur, dilakukan analisis peluang minimisasi limbah cair pada industri penyamakan kulit. Peluang minimisasi tersebut diperhitungkan keuntungan dan kerugiannya kemudian dilakukan skoring berdasarkan kriteria yang terdapat pada Tabel 2.1. Dari kriteria penilaian tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak tanda bintang yang ada, menunjukkan semakin baik atau semakin cocok alternatif tersebut untuk diterapkan di industri. Berdasarkan alternatif yang telah dianalisis sebelumnya, maka dapat dipilih alternatif yang berbintang tiga untuk direkomendasikan. Pada poin-poin berikut merupakan rincian pilihan rekomendasi minimisasi limbah yang dipilih:

1. Penggunaan air limbah *tanning* secara langsung untuk proses *tanning* dengan penambahan bahan kimia sesuai dengan modifikasi dari formulasi bahan kimia yang digunakan (Aquim, Hansen, & Gutterres, 2019). Sebagian air limbah pada proses *tanning* dapat digunakan untuk proses *tanning* selanjutnya dengan penambahan bahan kimia yang telah diformulasikan sebelumnya. Teknik ini diperkirakan dapat mengurangi jumlah kebutuhan air bersih sampai dengan 42%. Tetapi yang menjadi catatan adalah bahwa teknik ini dapat dilakukan apabila tiap kali proses *tanning* kapasitas produksinya sama. Pada Tabel 3.3 merupakan perkiraan perbandingan kebutuhan air bersih sebelum dan setelah teknik *reuse* ini diterapkan.

Tabel 3.3 Perbandingan Kebutuhan Air Sebelum dan Setelah *Reuse*

Tanning Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Sebelum <i>Reuse</i>		Sesudah <i>Reuse</i>	
		Kebutuhan Air Bersih	Debit Limbah	Kebutuhan Air Bersih	Debit Limbah
	Kg	Liter	Liter	Liter	Liter
1	910	5.460	5.405	5.460	5.405
2		5.460	5.405	3.167	3.135
Jumlah		10.920	10.810	8.627	8.540

- Pengurangan limbah (*reduce*) dari proses *washing* dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah air yang digunakan dengan cara memodifikasi kecepatan putaran pada drum (Hu et al., 2011).
- Daur ulang (*recycle*) air limbah dari proses *soaking* dengan penambahan desinfektan sebelum air limbah dapat digunakan kembali (*reuse*) dengan sistem *counter-current soaking* (Rao et al., 2003) (Sundar et al., 2001). Air limbah dari proses *soaking* dari *batch* pertama dapat digunakan kembali pada *batch* kedua, ketiga dan seterusnya. Pada proses *soaking* biasa, air dan bahan kimia dimasukkan secara bersamaan. Namun dengan sistem ini *soaking* dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama hanya diproses dengan menggunakan air, sedangkan proses kedua dan ketiga baru ada penambahan bahan kimia. Dalam referensi disebutkan bahwa penghematan yang air dapat dicapai adalah 67%. Pada Tabel 3.4 merupakan perkiraan perbandingan kebutuhan air bersih sebelum dan setelah teknik ini diterapkan.

Tabel 3.4 Perbandingan Kebutuhan Air Sebelum *Counter-current Soaking*

Proses	Kapasitas Produksi	Sebelum <i>Counter-current Soaking</i>	Penghematan	Sesudah <i>Counter-current Soaking</i>
		Kebutuhan Air Bersih		Kebutuhan Air Bersih
	Kg	Liter		Liter
<i>Soaking</i>	940	2.820	67%	931

- Penggunaan kembali (*reuse*) air limbah dari proses *liming* dapat dilakukan setelah adanya pengendapan kapur serta penambahkan *filter* sederhana (Hu et al., 2011). Dari uji laboratorium yang dilakukan menunjukkan angka COD yang tinggi pada efluen proses *liming* yang disebabkan oleh adanya struktur protein yang rusak, bulu dan epidermis dan banyaknya kapur. Air limbah ini dapat digunakan kembali setelah dilakukan penyaringan benda-benda padat dan mengendapkan kapur yang terkandung di dalam limbah.
- Daur ulang (*recycle*) air limbah proses *liming* dapat dilakukan hingga 4 kali dengan penambahan Na_2S dan kapur (Nazer, Al-sa, & Siebel, 2006). Air bersih digunakan hanya pada *batch* pertama

proses *liming*. Pada *batch* kedua air yang digunakan adalah limbah dari *batch* pertama dengan penambahan bahan kimia sesuai resep (Na₂S dan kapur). Pengulangan siklus *recycle* ini dapat dilakukan sampai dengan 4 kali. Pada Tabel 3.5 merupakan perkiraan perbandingan kebutuhan air bersih sebelum dan sesudah *recycle*. Sementara itu pada Tabel 3.6 merupakan konsentrasi COD dan sulfida sebelum dan sesudah *recycle* dan pada Tabel 3.7 merupakan perbandingan kebutuhan bahan kimia sebelum dan sesudah *recycle*.

Tabel 3.5 Perbandingan Kebutuhan Air Sebelum dan Sesudah *Recycle*

Proses	Kapasitas Produksi	Sebelum <i>Recycle</i>	Penghematan	Sesudah <i>Recycle</i>
		Kebutuhan Air Bersih		Kebutuhan Air Bersih
	Kg	Liter		Liter
<i>Liming</i>	940	2.162	58%	908

Tabel 3.6 Perbandingan COD dan Sulfida Pada Efluen *Liming* Sebelum dan Sesudah *Recycle*

Parameter	Sebelum <i>Recycle</i>	Pengurangan	Sesudah <i>Recycle</i>
	Konsentrasi		Konsentrasi
	mg/L		mg/L
COD	58.750*	50%	29.375
Sulfida	3,584*	73%	0,97

*Keterangan: konsentrasi didapat dari penelitian studi karakteristik limbah cair

Tabel 3.7 Perbandingan Kebutuhan Bahan Kimia Sebelum dan Sesudah *Recycle*

Bahan	Kapasitas Produksi	Sebelum <i>Recycle</i>	Penghematan	Sesudah <i>Recycle</i>
		Kebutuhan Bahan Kimia		Kebutuhan Bahan Kimia
	Kg	Kg		Kg
Na ₂ S	940	28,2	28%	20,3
Kapur		65,8		47,4

- Penggunaan enzim dari bakteri *Bacillus subtilis* dapat menggantikan peran natrium sulfida dan kapur dalam proses *liming* (Dettmer, Cavalli, Ayub, & Gutterres, 2013). Selain meniadakan penggunaan bahan kimia, dengan menggunakan enzim ini juga membuat proses *deliming* tidak diperlukan. Setelah dilakukan analisis, kandungan BOD dan COD pada air limbah *liming*, *deliming* dan *batting* juga berkurang. Tabel 3.8 merupakan konsentrasi BOD dan COD sebelum dan sesudah teknik ini diterapkan.

Tabel 3.8 Perbandingan Konsentrasi BOD dan COD Setelah Penggantian Bahan Kimia Proses *Liming*

Proses	BOD		COD	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<i>Liming</i>	6.782	4.084	58.750*	34.010
<i>Deliming</i>	13.071	0	72.750*	0
<i>Batting</i>	3.395	620	47.250*	8.368

*Keterangan: konsentrasi didapat dari penelitian studi karakteristik limbah cair

- Penggunaan kembali (*reuse*) air limbah dari proses *batting* untuk proses *deliming* dan *batting* (Hu et al., 2011). Berdasarkan analisis yang dilakukan, efluen pada proses *batting* mengandung garam amonium, garam kalsium, enzim, protein terhidrolisis dan epidermis. Apabila efluen digunakan pada proses *soaking* dan *liming*, enzim dan kalsium akan memengaruhi kualitas kulit. Sementara itu, pengaruh yang disebabkan kedua bahan itu akan lebih sedikit bila efluen digunakan untuk proses *deliming* dan *batting*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Pada industri X limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan padat. Limbah cair dihasilkan dari proses *tanning* dan *dyeing*. Sementara itu limbah padat yang berupa serbuk kulit dihasilkan pada proses *shaving 1* dan limbah potongan kulit dihasilkan dari proses *trimming*. Pada industri Y limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah cair dihasilkan pada proses *washing*, *soaking*, *liming*, *deliming degreasing*, *batting* dan *pickling*. Sementara itu limbah padat berupa sisa bulu dan daging dihasilkan dari proses *liming* dan limbah berupa sisa daging dan kulit dihasilkan dari proses *fleshing*. Berdasarkan analisis yang dilakukan, peluang penerapan produksi bersih dengan minimisasi limbah cair yang direkomendasikan untuk industri X dan Y dapat berupa *reuse* air limbah *tanning*, *reduce* pada proses *washing*, *recycle* air limbah *soaking*, *reuse* dan *recycle* air limbah *liming*, penggantian bahan baku pada proses *liming* dan *reuse* air limbah *batting*.

4.2 Saran

- Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis peluang minimisasi limbah berupa limbah padat
- Penelitian selanjutnya agar bisa melakukan studi literatur dengan referensi yang lebih baru

3. Penelitian selanjutnya agar dapat mengimplementasikan alternatif minimisasi limbah cair yang direkomendasikan langsung ke industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Aquim, P. M. De, Hansen, É., & Gutterres, M. (2019). *Water reuse : An alternatif to minimize the environmental impact on the leather industry. Journal of Environmental Management*, 230(August 2018), 456–463.
- Dettmer, A., Cavalli, É., Ayub, M. A. Z., & Gutterres, M. (2013). *Environmentally Friendly Hide Unhairing : Enzymatic Hide Processing For The Replacement Of Sodium Sulfide And Deliming. Journal of Cleaner Production*, 47, 11–18.
- Hu, J., Xiao, Z., Zhou, R., Deng, W., Wang, M., & Ma, S. (2011). *Ecological Utilization of Leather Tannery Waste With Circular Economy Model. Journal of Cleaner Production*, 19(2–3), 221–228.
- Nazer, D. W., Al-sa, R. M., & Siebel, M. A. (2006). *Reducing The Environmental Impact of The Unhairing-liming Process in The Leather Tanning Industry. 14*, 65–74.
- Rao, J. R., Chandrababu, N. K., Muralidharan, C., Nair, B. U., Rao, P. G., & Ramasami, T. (2003). *Recouping The Wastewater : A Way Forward For Cleaner Leather Processing*, 11, 591–599.
- Setiyono, & Yudo, S. (2014). *Daur Ulang Air Limbah Industri Penyamakan Kulit*. Jakarta Pusat: BPPT Press.
- Sundar, V. J., Ramesh, R., Rao, P. S., Saravanan, P., Sridharnath, B., & Muralidharan, C. (2001). *Water Management in Leather Industry*, 60(June), 443–450.
- UNEP. (1990). *UNEP DTIE SCP Branch: Resource Efficient and Cleaner Production*. Retrieved December 18, 2018, from <http://www.unep.fr/scp/cp/>.
- Wardhana, O. V. (2011). *Kajian Strategi Produksi Bersih Pada Kawasan Industri Penyamakan Kulit di Garut*. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.