

Pengaruh Penggunaan Enzim *Bacillus megatorium* dalam Proses Pembuangan Bulu Kulit Sapi terhadap Mutu Limbah Cair

Iwan Fajar Pahlawan¹⁾, Gresy Griyanitasari²⁾, Dona Rahmawati³⁾

Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Kementerian Perindustrian

¹⁾Email : iwan.fp@kemenperin.go.id

²⁾Email : gresygriyanitasari@gmail.com

³⁾Email : donna.rahma@gmail.com

Abstrak – Proses penyamakan kulit konvensional menggunakan bahan-bahan kimia yang termasuk dalam bahan kimia berbahaya ketika mengalir ke saluran pembuangan. Penggunaan enzim menjadi salah satu solusi dalam memperbaiki kualitas lingkungan dan menciptakan Industri Penyamakan Kulit yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Bacillus megaterium* dalam proses penghilangan bulu kulit sapi terhadap mutu limbah cair yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan kulit sapi awet garaman, enzim *Bacillus megaterium*, dan bahan-bahan kimia yang umum digunakan dalam proses penyamakan kulit. Perlakuan penelitian ini meliputi penggunaan enzim tersebut sebanyak 0% (T₀), 0,5% (T₁), 1,0% (T₂), dan 1,5% (T₃) (b/b). Mutu limbah cair yang diamati terdiri dari Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solid (TSS), Total Dissolved Solid (TDS) dan kandungan sulfida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair yang dihasilkan dari proses penghilangan bulu kulit sapi dengan penambahan 0% enzim *Bacillus megaterium* memiliki nilai COD 31.132,8 mg/L, nilai BOD 11.695 mg/L, nilai TSS 1.244,5 mg/L, nilai TDS 47.990 mg/L dan kandungan sulfida 1.873,4 mg/L. Nilai COD, BOD, TSS, TDS, dan kandungan sulfida untuk sampel T₁ adalah 31.795,2 mg/L, 12.910 mg/L, 2.205 mg/L, 18.525 mg/L, dan 1.883,5 mg/L. Sedangkan, nilai COD, BOD, TSS, TDS, dan kandungan sulfida pada sampel T₂ adalah 24.171,6 mg/L, 9.475 mg/L, 3.780 mg/L, 18.905 mg/L and 339,58 mg/L. Selanjutnya, sampel T₃ memiliki nilai COD 38.419,2 mg/L, nilai BOD 15.230 mg/L, nilai TSS 2.240 mg/L, nilai TDS 26.325 mg/L, dan kandungan sulfida 1.121,54 mg/L.

Kata Kunci : *Bacillus megatorium*, kulit sapi, limbah cair, proses pembuangan bulu

PENDAHULUAN

Keberlanjutan Industri Penyamakan Kulit (IPK) menjadi tantangan tersendiri, tidak hanya bagi pelaku industri, tetapi juga seluruh pemangku kepentingan, seperti pemerintah dan akademisi. Permasalahan lingkungan menjadi isu utama yang muncul dalam aktivitas industri. Proses penyamakan kulit yang saat ini dilakukan oleh penyamak kulit masih mengaplikasikan bahan dan metode konvensional, dimana bahan-bahan kimianya dapat mencemari lingkungan ketika dibuang ke saluran pembuangan tanpa pengolahan lebih lanjut.

Proses pembuatan bahan kulit (*leather*), secara umum, terdiri dari 2 (dua) proses utama, yaitu proses basah dan proses kering. Proses basah (*beam house operation*) merupakan proses yang dalam seluruh rangkaianannya menggunakan media air untuk menghasilkan bahan kulit *crust* (*crust leather*). Proses basah terdiri dari beberapa tahap yang terdiri dari perendaman (*soaking*), pembuangan bulu (*unhairing*), pengapuran (*liming*), penghilangan kapur (*deliming*), pengikisan protein (*bating*), penghilangan lemak (*degreasing*), pengasaman (*pickling*), penyamakan (*tanning*), netralisasi (*neutralization*), penyamakan ulang (*retanning*), pewarnaan dasar (*dyeing*), dan peminyakan (*fatliquoring*). Sedangkan proses kering dapat meliputi pementangan (*toggling*), peregangkan (*staking*), pengecatan (*spraying*), dan pengeprean (*embossing*).

Menurut Lofrano et al. (2013) IPK menghasilkan 30-35 m³ limbah cair untuk setiap 1000 kg kulit yang diproses. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan bervariasi tergantung dari tahapan proses yang dilakukan. Secara umum, kualitas limbah cair yang diamati sebagai buangan dari proses *beam house operation* IPK terdiri dari pH, suhu, BOD, COD, TSS, TDS, Cl⁻, kandungan sulfida, kandungan krom valensi III, dan amonia. Kementerian Lingkungan Hidup (2014) menetapkan baku mutu air limbah yang dihasilkan oleh IPK untuk beberapa parameter seperti BOD, COD, TSS, pH, serta kandungan krom total, minyak dan lemak, nitrogen total, ammonia total, dan sulfida.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam melakukan proses penyamakan yang ramah lingkungan, khususnya dalam *beam house operation*. Proses *beam house operation* ramah lingkungan telah dilakukan dengan berbagai cara, seperti penggunaan enzim pada proses perendaman (*soaking*) (Susila dkk., 2013), penggunaan *solid carbon dioxide* pada proses penghilangan kapur (*deliming*) (Sathish et al., 2013), dan penggunaan bahan penyamak nabati (Wirjodiningrat dkk., 2012) atau bahan penyamak titanium (Seggiani et al., 2014) dalam proses penyamakan (*tanning*).

Khusus untuk aplikasi enzim dalam proses penyamakan kulit, penggunaan enzim dari *strain Bacillus* sp. telah diujicoba dalam proses pembuangan bulu. Beberapa jenis enzim tersebut adalah *Bacillus cereus* (Sundararajan et al., 2011), *Bacillus licheniformis* (Saran et



al., 2013), *Bacillus subtilis* dan *Bacillus pumilus* (Adityani, 2012). *Bacillus* sp. merupakan salah satu sumber enzim protease, yang bersifat basa, yang aplikasinya telah meluas di berbagai industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan enzim *Bacillus megatorium* terhadap kualitas limbah cair yang buang ketika proses *beam house operation* dan kualitas bahan kulit kras (*crust leather*) yang dihasilkan.

METODE

Bahan dan Alat

Kulit sapi mentah awetan garam digunakan sebagai bahan baku utama, selain enzim *Bacillus megatorium*. Bahan kimia yang digunakan dalam proses untuk menghasilkan kulit kapuran (*limed pelt*) terdiri dari *wetting agent*, Na_2S , NaSH , dan kapur. Peralatan yang digunakan meliputi timbangan digital, timbangan kodok, wadah plastik, pengaduk, gelas ukur, dan drum penyamakan.

Proses Pembuangan Bulu

Proses pembuangan bulu diawali dengan melakukan pencucian kulit sapi dengan menggunakan air 300% (b/b) di dalam drum penyamakan selama 10 menit untuk menghilangkan kotoran dan garam yang menempel pada permukaan kulit. Selanjutnya, pembasahan kulit dilakukan dengan memasukkan kulit ke dalam drum penyamakan dengan menambahkan air sebanyak 200% (b/b) dan *wetting agent* 0,5% (b/b), dan diputar selama 30 menit, agar kulit kembali ke kondisi segar (*green state*). Proses penghilangan bulu dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan yang terdiri dari enzim *Bacillus megatorium*, Na_2S , NaSH , dan kapur ke dalam drum penyamakan yang berisi kulit sapi segar (*fresh hides*).

Pengujian Mutu Limbah Cair

Penelitian ini menetapkan parameter pengukuran kualitas limbah cair berdasarkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Dissolved Solid* (TDS), dan kadar sulfida. Pengujian COD dan BOD mengacu pada SNI 6989.73:2009 dan SNI 6989.72:2009. Pengujian TSS dilakukan berdasarkan metode SNI 06-6989.3-2004. Pengujian TDS merujuk pada SNI 06-6989.27-2005. Sedangkan SNI 6989.70:2009 digunakan sebagai referensi dalam pengujian kadar sulfida.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan enzim *Bacillus megatorium* dengan beberapa variasi konsentrasi (b/b). Perlakuan dalam penelitian terdiri dari penggunaan enzim tersebut sebanyak 0,5% (b/b), 1% (b/b), dan 1,5%

(b/b) dalam proses pembuangan bulu kulit sapi. Sedangkan proses pembuangan konvensional tanpa menggunakan enzim dilakukan sebagai kontrol. Sampel limbah cair diberi tanda dengan kode yang terdiri T_0 , T_1 , T_2 , dan T_3 , dimana:

T_0 = Penambahan 0% enzim pada proses buang bulu kulit sapi (kontrol)

T_1 = Penambahan 0,5% enzim pada proses buang bulu kulit sapi

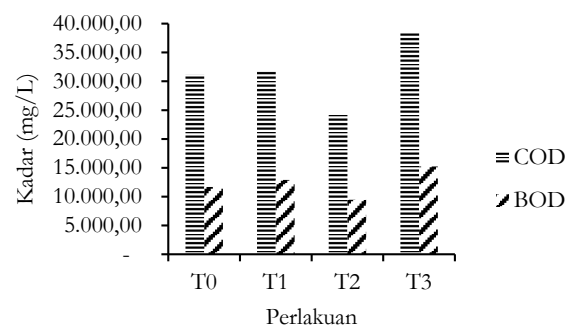
T_2 = Penambahan 1% enzim pada proses buang bulu kulit sapi

T_3 = Penambahan 1,5% enzim pada proses buang bulu kulit sapi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar *Chemical Oxygen Demand* dan *Biological Oxygen Demand*

Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) merepresentasikan kebutuhan akan oksigen terlarut untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam setiap liter air. Sedangkan *Biological Oxygen Demand* (BOD) menggambarkan kebutuhan akan oksigen agar organisme hidup dapat memecah substansi-substansi di dalam air (Valentina dkk., 2013). Gambar 1 menampilkan diagram kadar COD dan BOD dalam limbah cair yang diperoleh dari setiap percobaan dalam proses pembuangan bulu.



Gambar 1. Kadar COD dan BOD cairan sisa proses.

Secara umum, kadar COD cairan sisa proses memiliki nilai yang lebih tinggi daripada kadar BOD. Penggunaan enzim sebanyak 1% (b/b) menghasilkan kadar COD dan BOD yang paling rendah, yaitu 24.177,6 mg/L dan 9.475 mg/L. Menurut Valentina dkk. (2013), kadar COD cairan limbah umumnya lebih tinggi daripada kadar BOD, dimana hal ini dapat disebabkan oleh cairan proses pembuangan bulu banyak melibatkan proses oksidasi secara kimiawi dibandingkan secara biologi terhadap senyawa kimia yang terkandung di dalam cairan buang proses.

Kadar COD dan BOD sampel kontrol dan sampel yang mengalami perlakuan menampakkan hasil yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, yang diantaranya adalah penambahan enzim belum cukup walaupun cairan memiliki pH tinggi (kondisi basa). Oleh karena itu, senyawa kimia yang terdapat di dalam cairan buangan proses masih besar konsentrasinya dan belum dapat tereliminasi oleh keberadaan enzim tersebut.

Kadar Total Suspended Solid dan Total Dissolved Solid

Tabel 1 menyajikan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) cairan buangan yang diperoleh dari proses pembuangan bulu setelah perlakuan. Kadar TDS dan TSS menunjukkan kecenderungan yang berbeda, dimana kadar TSS cairan limbah cenderung fluktuatif dan kadar TSS dari limbah cairan proses pembuangan bulu yang menggunakan enzim lebih tinggi daripada kadar TSS sampel kontrol. Sebaliknya, kadar TDS cairan buangan proses menunjukkan peningkatan, akan tetapi kadar TDS cairan buangan proses pembuangan bulu secara enzimatik lebih rendah daripada kadar TDS sampel kontrol.

Tabel 1. Kadar TSS dan TDS cairan buangan proses.

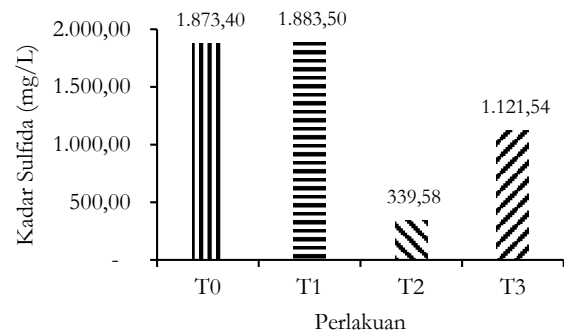
Sampel	Kadar TSS (mg/L)	Kadar TDS (mg/L)
T ₀	1.244,5	47.990,0
T ₁	2.205,0	18.525,0
T ₂	3.780,0	18.905,0
T ₃	2.240,0	26.325,0

Proses pembuangan bulu merupakan salah satu proses yang berperan terhadap peningkatan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam limbah cair industri penyamakan kulit (Dixit et al., 2015). Lebih lanjut, Dixit et al. (2015) menjelaskan bahwa teknologi pembuangan bulu secara enzimatik dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan zat-zat asing dalam limbah cair industri penyamakan kulit yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia.

Kadar Sulfida

Kadar sulfida pada limbah cair hasil proses pembuangan bulu menunjukkan hasil yang fluktuatif, sebagaimana dapat dilihat dalam Gambar 2. Sampel limbah cair dengan penambahan enzim *Bacillus megatorium* 0,5% (b/b) memiliki kadar sulfida yang tidak jauh berbeda dengan sampel kontrol. Kecenderungan grafik kandungan sulfida antar sampel tampak serupa dengan kecenderungan pada grafik kadar COD dan BOD sampel. Hal ini ditunjukkan dengan kandungan sulfida dan nilai COD serta BOD sampel limbah cair hasil proses pembuangan bulu dengan penambahan

enzim sebanyak 1% (b/b) yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel dengan perlakuan yang lain, termasuk sampel kontrol.



Gambar 2. Kandungan sulfida dalam limbah cair.

Saravanan et al. (2014) mengemukakan hubungan antara kandungan sulfida dengan kadar COD dan BOD, dimana keberadaan sulfida memiliki peran yang signifikan terhadap kadar COD dan BOD dari limbah cair. Kombinasi penggunaan bahan Na₂S dan NaSH dapat diduga menjadi penyebab berbanding lurusnya kandungan sulfida dengan kandungan COD dan BOD dalam limbah cair proses pembuangan bulu.

KESIMPULAN

Penggunaan enzim dalam proses penyamakan kulit merupakan salah satu upaya dalam menciptakan industri penyamakan kulit yang berkelanjutan. Penggunaan enzim *Bacillus megatorium* hingga 1,5% (b/b) yang dikombinasikan dengan bahan konvensional untuk pembuangan bulu, seperti Na₂S dan NaSH, belum mampu menghasilkan limbah cair yang memenuhi baku mutu lingkungan. Penggunaan enzim *Bacillus megatorium* sebanyak 1% (b/b) berpotensi diaplikasikan pada proses pembuangan bulu, dimana menghasilkan nilai mutu yang mendekati baku mutu air limbah.

SARAN

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menggunakan enzim *Bacillus megatorium* secara tunggal dan jumlah yang lebih banyak untuk mengetahui sejauh mana enzim tersebut dapat memenuhi persyaratan mutu proses pembuangan bulu, maupun dapat menghasilkan bahan kulit yang memenuhi persyaratan mutu produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Petrosida dan Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik yang

telah mendukung terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Bapak R. Jaka Susila, S.T., Bapak Thomas Tukirin, S.T.P, dan Bapak Syaiful Harjanto, S.T. atas bantuan dan kerjasamanya selama kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Dettmer, É. Cavalli, M.A.Z. Ayub, and M. Gutterres, "Environmentally friendly hide unhairing: Enzymatic hide processing for the replacement of sodium sulfide and deliming," *Journal of Cleaner Production*, vol. 47, pp. 11-18, May 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.024>
- A.E. Valentina, S.S. Miswadi, dan Latifah, "Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 2, pp. 84-89, 2013.
- F. Adityani, "Produksi dan pemanfaatan protease dari *Bacillus subtilis* dan *Bacillus pumilus* untuk unhairing kulit sapi sebagai bahan baku kerupuk rambak," Skripsi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2012.
- G. Lofrano, S. Meriç, G.E. Zengin, and D. Orhon, "Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review," *Science of the Total Environment*, vol. 461-462, pp. 265-281, September 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.004>
- Kementerian Lingkungan Hidup, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah," Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- M. Sathish, B. Madhan, P. Saravanan, J.R. Rao, and B.U. Nair, "Dry ice – An eco-friendly alternative for ammonium reduction in leather manufacturing," *Journal of Cleaner Production*, vol. 54, pp. 289-295, September 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.046>
- M. Seggiani, M. Puccini, S. Vitolo, C. Chiappe, C.S. Pomelli, and D. Castiello, "Eco-friendly titanium tanning for the manufacture of bovine upper leathers: Pilot-scale studies," *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 16, pp. 1795-1803, Desember 2014. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0722-y>
- P. Saravanan, T. Shiny Renitha, M.K. Gowthaman, and N.R. Kamini, "Understanding the chemical free enzyme based cleaner unhairing process in leather manufacturing," *Journal of Cleaner Production*, vol. 79, pp. 258-264, September 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.022>
- R.J. Susila, E. Kasmudjiastuti, dan S. Sutiyasmi, "Penggunaan enzim *Bacillus megatorium* DSM-319 pada proses perendaman penyamakan kulit jaket," *Majalah, Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 29, pp. 91-98, Desember 2013. <https://doi.org/10.20543/mkkip.v29i2.196>
- S. Dixit, A. Yadav, P.D. Dwivedi, and M. Das, "Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: A review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 87, pp. 39-49, Januari 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.017>
- S. Saran, R.V. Mahajan, R. Kaushik, J. Isar, and R.K. Saxena, "Enzyme mediated beam house operations of leather industry: A needed step towards greener technology," *Journal of Cleaner Production*, vol. 54, pp. 315-322, September 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.017>
- S. Sundararajan, C.N. Kannan, and S. Chittibabu, "Alkaline protease from *Bacillus cereus* VITSN04: Potential application as a dehairing agent," *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 111, pp. 128-133, Februari 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.09.009>
- S. Wiryodiningrat, R.S. Murti, dan I.F. Pahlawan, "Pembuatan kulit jok (*upholstery*) ramah lingkungan untuk otomotif," *Majalah, Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 28, pp. 9-17, Juni 2012. <https://doi.org/10.20543/mkkip.v29i2.196>