

PENERAPAN ENZIM UNTUK PENYAMAKAN KULIT RAMAH LINGKUNGAN

Suyanto Pawiroharsono

Peneliti di Pusat Teknologi Bioindustri
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Leather industries contribute significant problems due to the hazard wastes, that threat to environmental sustainability and to human health. The negative impacts are particularly caused by the chemical compounds used in the conventional process of the leather tannery, such as lime, sodium sulphide, chrome, etc.

Enzyme is protein compound from biological system, that acts as catalyst (bio-catalyst). Enzyme can be used to replace partly or complete the chemicals used in tannery processes. Recently, micro-organisms are considered a appropriate device to produce enzymes. Furthermore, it is necessary to select potential micro-organisms for enzyme production.

"Exolite", that is first enzyme produced in pilot scale in Indonesia, proved to reduce significantly pollutant in waste of leather tannery industries. Therefore, the development of enzyme industry in Indonesia is needed to be supported.

Key words: *Enzyme, micro-organisms, leather processing, leather industry, waste and environmental impact*

1. PENDAHULUAN

Kulit di Indonesia merupakan bahan ekspor non-migas yang penting sebagai penyumbang devisa ke 4 setelah produk-produk: (i) makanan, minuman dan rokok, (ii) peralatan transportasi, mesin dan alat mesin, dan (iii) pupuk, kimia dan karet¹⁾

Disisi lain, industri kulit menghasilkan limbah bahan kimia yang sangat merugikan terhadap lingkungan dan makhluk hidup. Limbah yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit ini juga menimbulkan bau yang sangat menyengat oleh adanya pembusukan berbagai sisa kulit dan daging terutama lemak dan protein, serta limbah cair yang mengandung sisa bahan penyamak kimia seperti sodium sulfida, khrom, kapur dan amoniak.

Limbah cair tersebut juga mempunyai *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) yang

sangat tinggi, sehingga dapat mengganggu kelestarian lingkungan dan makhluk hidup di lokasi pembuangan limbah²⁾.

Instalasi Penangan Air Limbah (IPAL) yang telah dibangun ternyata belum mampu menangani masalah limbah mengingat besarnya volume limbah yang dihasilkan dan besarnya biaya untuk pengoperasian IPAL tersebut. Keadaan inilah yang menyebabkan pencemaran berlangsung terus dan bahkan cenderung makin meningkat. Peningkatan pencemaran ini diperburuk oleh rendahnya tingkat kesadaran para industriawan dan rendahnya penegakan hukum oleh aparat.

Sementara itu, sebagaimana besar industri kulit berlokasi di Jawa yang padat penduduknya, sehingga kehadiran pabrik kulit dirasakan sangat mengganggu. Hal ini disebabkan karena proses penyamakan

kulit pada umumnya masih menggunakan bahan penyamak kimia.

Berdasarkan permasalahan tersebut dan dalam upaya mengimplementasikan issue global tentang **produk bersih** atau *cleaner production*, maka perlu dicari alternatif solusi atau paling tidak dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan. Salah satu alternatif tersebut adalah mengimplementasikan teknologi penyamakan kulit ramah lingkungan dengan menggunakan senyawa katalisa yang disebut enzim atau biokatalisa.

Enzim adalah senyawa protein yang dihasilkan oleh makhluk hidup yang berfungsi untuk melakukan katalisa dalam reaksi biokimia, yaitu dengan membentuk senyawa kompleks enzim-substrat. Selanjutnya dari senyawa kompleks ini akan membentuk produk yang diinginkan, dan pada akhir reaksi enzim tersebut akan terpisah kembali.

Untuk penyamakan kulit ramah lingkungan ini dilaksanakan dengan menggunakan bahan penyamak biologis dalam bentuk enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus megaterium*. Produk ini kemudian diperkenalkan dengan nama dagang "Exolite".

2. PROSES PENYAMAKAN KONVENSIONAL

Proses penyamakan kulit adalah proses pengolahan kulit binatang melalui beberapa tahapan proses sehingga kulit binatang yang masih utuh dirubah menjadi kulit yang siap digunakan untuk pembuatan produk-produk hilir seperti sepatu, dompet, ikat pinggang, jok kursi dan sebagainya.

Kulit binatang (domba, sapi, kerbau) sebelum disamak, pada umumnya digarami dan dijemur di bawah sinar matahari. Setelah kering, kulit tersebut selanjutnya dilakukan proses penyamakan secara bertahap dengan menggunakan bahan kimia. Proses penyamakan ini mencakup: perendaman (soaking), pengapuran (liming), pencabutan / penghilangan bulu (dehairing), penghilangan kapur (deliming), buang

protein (bating), penghilangan lemak (degreasing) dan pengasaman (pickling), dan penyerutan (shaving).

Selama proses penyamakan, senyawa non-kolagen harus dihilangkan, dan tingkat penghilangan senyawa non-kolagen ini menentukan kualitas kulit. Untuk itu, penambahan enzim sangat diperlukan untuk mempermudah proses penyamakan dan disamping itu penambahan enzim dapat pengurangan bahan kimia yang digunakan, sehingga berdampak pula terhadap pengurangan limbah kimia yang dihasilkan. Penerapan penyamakan dengan menggunakan enzim sebenarnya sudah pula diterapkan, yaitu dengan menggunakan bahan-bahan tambahan kulit tumbuh-tumbuhan bakau, namun hal ini berdampak pula terhadap kelestarian hutan bakau dan prosesnya kurang dapat dikendalikan.

Sebelum proses penyamakan, kulit dapat dilakukan *pre-treatment* lebih dahulu, yaitu dengan merendam dalam air. Pada proses perendaman ini kadang-kadang ditambahkan gula dengan maksud mempercepat pertumbuhan bakteri putrefaksi (pembusuk protein) guna mempermudah proses pencabutan rambut/bulu. Waktu yang dibutuhkan untuk proses perendaman tergantung dari jenis kulit dan keadaan kulit sebelumnya. Proses ini dapat berlangsung sampai 24 - 36 jam.

3. ENZIM DAN STATUS INDUSTRI ENZIM DI DUNIA

Enzimologi berkembang dengan pesat sejalan dengan perkembangan bioteknologi modern. Perkembangan enzim ini terkait dengan teknologi proses produksi dan aplikasinya di industri. Perkembangan enzim ini sangat erat kaitannya dengan issue strategis sebagai produk bersih ramah lingkungan, sehingga pemakaian enzim di berbagai industri semakin luas, misalnya industri makanan, tekstil, pertanian, farmasi, kedokteran, dan lain lain. Hal inilah yang menyebabkan pangsa pasar secara signifikan dari tahun ke tahun meningkat.

Mikroorganisma sebagai penghasil

enzim mempunyai berbagai keunggulan dibandingkan dengan produksi enzim dengan menggunakan makhluk hidup yang lebih tinggi tingkatannya, misalnya dari tumbuh-tumbuhan maupun dari hewan. Enzim-enzim tersebut pada mulanya diperoleh dari jaringan atau organ hewan atau tumbuh-tumbuhan dengan cara diekstraksi, sehingga harganya sangat mahal dan tidak jarang harus mengorbankan hewan atau tumbuh-tumbuhan secara utuh. Oleh karena itu, banyak dikembangkan alternatif lain yaitu produksi enzim dengan memanfaatkan mikroorganisme. Keunggulan produksi enzim melalui proses fermentasi ini antara lain adalah²⁾ :

- Dapat memilih jenis substrat yang sesuai dengan mikroorganisma, serta yang harganya lebih murah, dan dapat dilakukan peningkatan jumlah rendemen yaitu dengan cara optimasi kondisi fermentasi dan penggunaan strain unggul yang terseleksi, khususnya melalui teknologi rekayasa genetika,
- Proses hilir untuk pemanenan enzim (*down-stream*) lebih mudah dilakukan, khususnya dengan memilih jenis enzim ekstraseluler,
- Optimalisasi proses produksi dapat dikendalikan tanpa adanya ketergantungan dengan kendala geografi dan keadaan iklim di luar.

Pemakaian enzim di pasar global masih didominasi oleh enzim-enzim proteolitik yang menguasai pangsa pasar sekitar 59 %. Enzim protease secara komersial telah banyak digunakan untuk industri pangan, misalnya bir, roti, susu dan sari buah dan non pangan, seperti industri obat, penyamakan kulit, tekstil dan deterjen. Pemanfaatan protease juga memberikan kontribusi yang besar dalam meningkatkan kualitas produk, menghasilkan senyawa baru, meningkatkan nilai tambah produk, dan yang lebih penting lagi adalah berperan dalam hal peningkatan kualitas lingkungan.

Sementara ini, pemain utama di bidang industri enzim masih didominasi oleh

negara-negara maju, khususnya Novo dari Denmark yang menguasai pangsa pasar sekitar 40%, Gist Brocades bersama dengan Genencor Internasional dari Amerika, menguasai 30 %, dan sisanya diproduksi oleh industri enzim antara lain Nagase (Jepang), Roehm dan Boehringer (Jerman).

Pada saat ini pangsa pasar enzim di dunia sebesar 3 - 4 milyar USD dengan peningkatan sekitar 6 – 7 % per tahun³⁾ sedang pangsa pasar di Indonesia hanya 4 - 5 juta USD atau kurang lebih hanya 1,2 % dari pangsa pasar dunia, dengan peningkatan sekitar 4% per tahun⁴⁾ dkk. (2002). Kebutuhan enzim di Indonesia hampir seluruhnya dipenuhi dari luar negeri (import). Berdasarkan pada kenyataan ini Pusat Teknologi Bioindustri - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), merintis riset untuk produksi enzim protease dari mikroorganisme untuk penyamakan kulit.

4. PEMANFAATAN ENZIM MIKRO ORGANISME UNTUK PENYAMAKAN KULIT

Pemanfaatan enzim untuk penyamakan kulit dapat dilakukan sejak awal proses penyamakan, yaitu khususnya pada:

- Perendaman (**soaking process**), dengan menambahkan enzim protease basa atau campuran protease dan enzim amilase.
- Pencabutan bulu (**dehairing process**), dengan enzim protease basa
- Penghilangan lemak (**degreasing process**), dengan lipase basa
- Penghilangan protein (**batting process**), dengan protease basa.

Menurut Kamini dkk⁵⁾ sejak lebih satu dekade yang lalu, telah banyak diidentifikasi dan diseleksi mikroorganisme untuk produksi enzim-enzim untuk penyamakan kulit (lihat Tabel-1).

Tabel-1: Enzim Mikroorganisme Untuk Proses Penyamakan Kulit

No	Proses	Enzim Yang Digunakan	Mikroorganisme Penghasil
1	Perendaman (soaking)	Protease Amilase	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>Rhizopus rhizopodiformis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> <i>A. awamori</i>
2	Pencabutan rambut/ bulu (dehairing)	Protease	<i>A. flavus</i> , <i>Aspergillus sp</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Conidiobolus sp.</i> , <i>B.</i> <i>amyloliquefaciens</i> , <i>Streptomyces griseus</i> , <i>S.</i> <i>fradiae</i> , <i>S. moderatus</i>
3	Penghilangan protein (Bating)	Protease	<i>A. parasiticus</i> , <i>S. rimosus</i> , <i>B. Licheniformis</i> , <i>B.</i> <i>subtilis</i> , <i>Penicillium janthinellium</i>
4	Penghilangan lemak (degreasing)	Lipase	<i>R. nodosus</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. flavus</i> .

Pusat Teknologi Bioindustri – BPPT, telah berhasil mengembangkan teknologi produksi enzim protease untuk penyamakan kulit dengan menggunakan bakteri *Bacillus megaterium* baik pada skala laboratorium (fermentor 20 liter) maupun pada skala pilot (2.000 liter). Selanjutnya enzim protease ini yang dipasarkan dengan nama “*Exolite*”, diharapkan dapat diterima oleh masyarakat, khususnya oleh industri penyamak kulit. Produk *exolite* ini telah diuji-cobakan untuk penyamakan kulit kambing, domba dan sapi melalui kerjasama dengan Balai Besar Litbang Industri Barang Karet, Kulit dan Plastik dan di industri penyamak kulit di Yogyakarta, Garut dan Magetan ²⁾.

5. METHODOGI PRODUKSI PROTEASE DAN PENYAMAKAN KULIT

Proses penyamakan kulit ramah lingkungan ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu (Pawiroharsono, dkk., 2002):

1). Proses fermentasi untuk produksi enzim protease

Pada tahap ini pada dasarnya menumbuhkan bakteri *Bacillus megaterium* secara optimal dalam medium molase - urea di dalam fermentor. Untuk mencapai optimal, maka fermentor tersebut dilengkapi agitator dan aerasi, yang dioperasikan pada temperature 37° C. Apabila fermentasi dilakukan pada volume yang besar, maka proses fermentasi harus di-*scale-up*, yaitu dilakukan secara bertahap dari volume yang kecil ke volume yang besar (lihat Gambar-

1). Kultur awal disebut sebagai kultur *starter* untuk fermentasi berikutnya dan seterusnya. Volume starter pada umumnya berkisar anatar 5 – 10 % dari volume fermentasi berikutnya.

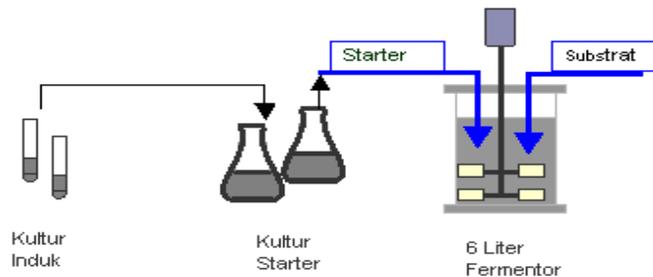
Untuk pengembangan produk skala komersial, Pusat Teknologi Bioindustri – BPPT, telah bekerjasama dengan pihak swasta untuk melakukan produksi skala komersial dengan fasilitas fermentor yang telah dibangun dan dioperasikan pada volume 1000 liter dan 2000 liter.

2). Proses pemanenan enzim atau *downstream process*.

Proses ini merupakan proses hilir untuk memisahkan media yang mengandung enzim dari sel dan selanjutnya dapat diproses lanjut untuk pemurnian produk tersebut. Hal ini perlu segera dilakukan untuk menghindari kerusakan produk, mengingat enzim adalah senyawa protein. Proses hilir pada produksi enzim protease ini dilakukan dengan teknik penyaringan dengan menggunakan membrane atau disebut *microfilter* dengan porositas 0,5 mikron.

3). Proses penyamakan kulit dengan menggunakan enzim protease

Uji coba produk enzim protease (*exolite*) dilakukan untuk penyamakan kulit kambing, domba dan sapi melalui kerjasama dengan Balai Besar Litbang Industri Barang Karet, Kulit dan Plastik, Yogyakarta) dan di industri penyamak kulit di Yogyakarta, Garut dan



Gambar 1: Skema proses fermentasi untuk produksi enzim untuk penyamakan kulit.

Magetan, karena di sini fasilitas peralatan penyamakan kulit lengkap.

Kulit yang akan disamak lebih dahulu dikeringkan dengan ditambahkan garam agar kulit tidak rusak. Pada prinsipnya proses penyamakan kulit dilakukan mengikuti prosedur baku yang telah diterapkan di industri kulit yaitu melalui beberapa tahap sebagaimana terlihat pada Gambar-2. Dalam hal ini penggunaan enzim hanya dilakukan pada proses penghilangan bulu atau *dehairing* (Gambar-2), yaitu sebesar 0,5 – 1 % dari volume kulit yang diproses.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kulit yang dihasilkan dari hasil uji coba ini selanjutnya dilakukan pengamatan dan sekaligus dibandingkan dengan kulit hasil penyamakan secara konvensional yang biasa dilakukan di industri penyamakan kulit. Pengamatan tersebut mencakup aspek: (i) proses penyamakan, (ii) dampak lingkungan, dan (iii) kualitas kulit yang dihasilkan.

6.1. Pada proses penyamakan kulit

Berdasarkan hasil pengujian ternyata penambahan enzim protease pada proses penghilangan bulu menunjukkan bahwa paling tidak terdapat 3 kelebihan manfaat, yaitu:

- Mempermudah dan mempercepat proses penghilangan bulu (*dehairing*), dan sekaligus dimana pada proses ini bahan kimia yang biasa digunakan yaitu

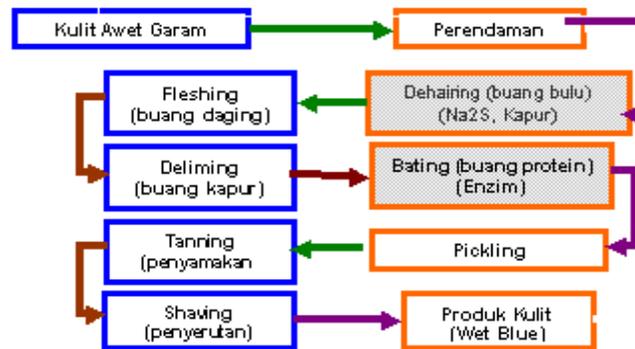
sodium sulfida (Na_2S) dapat dikurangi atau bahkan dapat ditiadakan,

- Mengurangi kerusakan bulu /rambut yang dihasilkan dari proses ini, sehingga rambut tersebut dapat digunakan untuk pembuatan produk lain, atau sebagai hasil samping dapat dijual, misalnya untuk bahan pengisi jok dan sebagainya.
- Proses bating (menghilangkan sisa-sisa daging), dapat ditiadakan, karena pemanfaatan enzim protease sekaligus dapat menghidrolisa protein sisa-sisa pada kulit. Ditiadakannya proses bating berarti pula meniadakan bahan kimia yang biasa digunakan pada proses ini,
- Dapat menghemat waktu, karena lama proses penyamakan dapat dikerjakan dengan waktu yang lebih singkat.

6.2. Dampak lingkungan

Penambahan enzim protease pada proses penghilangan bulu mempunyai dampak positif terhadap lingkungan. Pada kasus pengujian dengan penggunaan enzim protease untuk penyamakan kulit sapi, terlihat bahwa penggunaan enzim mempunyai manfaat sebagai berikut:

- Menurunkan BOD dan COD, masing-masing 12,8 % dan 32,3 % dibandingkan dengan cara penyamak konvensional,
- Mengurangi bahan pencemar yang ditimbulkan dalam proses penyamakan kulit,
- Menciptakan kondisi yang lebih aman baik untuk pekerja, lingkungan maupun masyarakat.



Gambar-2: Diagram alir penggunaan enzim pada proses penyamakan kulit

Hasil selengkapnya analisa air limbah dari proses penyamakan kulit sapi cara konvensional dan dengan menggunakan enzim protease tercantum di Tabel-1.

Berdasarkan Tabel-1, di atas menunjukkan bahwa penggunaan enzim dapat mengurangi jumlah polutan pada limbah industri penyamakan kulit, sehingga dampak negatif yang ditimbulkan dari

pencemaran industri penyamak kulit dapat diturunkan.

Berdasarkan Tabel-1, di atas menunjukkan bahwa penggunaan enzim dapat mengurangi jumlah polutan pada limbah industri penyamakan kulit, sehingga dampak negatif yang ditimbulkan dari pencemaran industri penyamak kulit dapat diturunkan.

Tabel 1: Hasil uji air limbah proses buang bulu kulit sapi dengan Na_2S dan Enzim Prorease

Parameter	Dengan Na_2S (mg/liter)	Dengan Enzim (mg/liter)	Prosentase Penurunan
BOD	17.200	15.000	12,8
COD	41.236	27.834	32,3
TSS (Zat Padat Terlarut)	2.752	2.235	18,8
Minyak/ lemak	98,35	90,05	8,4
S (H.S)	175,46	70	60,1
N-amonia	554,61	506,88	8,6

6.3. Kualitas kulit yang dihasilkan

Penambahan enzim protease pada proses penghilangan bulu ternyata juga berdampak positif terhadap kualitas kulit yang dihasilkan, dimana kualitas kulit bertambah baik dan memenuhi SII (Standardisasi Industri Indonesia). Data pengujian kualitas kulit sapi yang diproses dengan enzim protease (exolite) dan tanpa exolite, berdasarkan kekuatan tarik dan kemuluran kulit terlihat pada Tabel-2.

Pengaruh perlakuan enzim terhadap peningkatan kualitas kulit juga dilaporkan oleh Kamini, dkk⁵⁾. (1999), yang telah membuktikan bahwa penggunaan enzim pada proses penyamakan kulit dapat

memperbaiki kualitas kulit, yaitu: kulit menjadi lebih halus / lembut dan mudah dilipat. Kemudian, Banerjee⁶⁾ menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan daya regang (kemuluran dan kekuatan robek) kulit juga lebih baik, yaitu naik sekitar 30–5%. Disamping itu, pemanfaatan enzim protease (exolite) sebagai produk lola, pada proses penghilangan bulu mempunyai dampak terhadap perekonomian negara, karena:

- produksi enzim dapat memanfaatkan bahan baku lokal (molasis) yang harganya lebih murah,
- berpotensi menghemat devisa, karena produk yang dihasilkan dapat berfungsi

sebagai bahan substitusi import atau mengurangi bahan penyamak kulit yang sebagian besar merupakan bahan import, dan

- dapat menciptakan lapangan kerja untuk produksi dan distribusi bahan penyamak tersebut yang telah dihasilkan.

Tabel 2: Kualitas kulit *upper* dari kulit sapi yang diproses dengan *Exolite*

Parameter	Kulit upper (dengan Exolite)	SNI 06-0234-1989
Kekuatan tarik	241,50 kg/cm ²	Minimal 225 kg/cm ²
Kemuluran	44 %	Maksimal 79 %

7. PENGEMBANGAN INDUSTRI ENZIM MIKROORGANISME UNTUK PENYAMAKAN KULIT

Pengembangan industri enzim mikroorganismenya mempunyai prospek yang sangat baik, khususnya dalam rangka kemandirian kebutuhan enzim dalam negeri yaitu sebagai produk substitusi import. Hal ini berdasarkan bahwa sarana dan prasarana untuk produksi enzim cukup memadai, yaitu dengan tersedianya:

- bahan baku atau substrat, yang umumnya berupa bahan baku yang kaya senyawa karbohidrat, misalnya molasis, singkong / ubi, ubi jalar dan sebagainya.
- fasilitas peralatan untuk produksi enzim, cukup memadai baik pada skala laboratorium ataupun skala pilot / produksi.
- sumber daya manusia yang terlatih, cukup tersedia diberbagai institusi penelitian ataupun di perguruan tinggi,
- mikroorganisma, Indonesia terkenal kaya akan sumber daya hayati, khususnya mikroorganismenya.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka Pusat Teknologi Bioindustri, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) memprogramkan pendirian pabrik enzim berdasarkan hasil riset yang selama ini telah dilaksanakan dan menunjukkan hasil yang positif. Pabrik enzim ini akhirnya dapat terealisasi dengan nama Pabrik Mini Protease di Lempasing, Lampung, dengan bekerjasama dengan pihak swasta (PT Bhumi Artha Perkasa). Enzim yang akan digunakan untuk penyamakan kulit ini

telah diresmikan pengoperasiannya oleh Menteri Negara Riset dan Teknologi / Kepala BPPT pada tanggal 16 Maret 2002. Nama produk protease ini disebut "exolite".

Bahan penyamak kulit ini, diproduksi melalui proses fermentasi dengan menggunakan bakteri yang telah terseleksi dan teruji, yaitu bakteri *Bacillus megaterium*. Proses produksi "exolite" ini dilaksanakan dengan sistem "batch" dengan medium berbasis molasis dan urea. Fermentasi dioperasikan pada temperatur 37° C selama 24 jam pada pH 7. Sedang untuk proses hilir yang dilakukan dengan *micro filter* untuk memisahkan sel bakteri dan filtrat dan selanjutnya filtrat yang mengandung enzim ini dikonsentrasikan. Selanjutnya untuk peningkatan produktivitas galur *B. Megaterium*, telah dilakukan kerjasama dengan Institut Mikrobiologi Munster, Jerman, yaitu melalui teknik rekayasa genetika.

Melihat perkembangan enzim untuk penyamakan kulit di luar negeri dan mengingat sifat enzim yang spesifik untuk satu proses, maka di masa mendatang, perlu melakukan riset terapan yang diarahkan untuk produksi enzim-enzim yang dapat digunakan pada seluruh proses penyamakan, sehingga jumlah polutan betul-betul dapat diturunkan semaksimal mungkin. Enzim-enzim ini antara lain enzim untuk proses perendaman (soaking process), pencabutan bulu (dehairing process), penghilangan lemak (degreasing process), dan pada proses penghilangan protein (bating process), dengan protease basa.

KESIMPULAN

Pengembangan industri enzim protease dan aplikasi untuk penyamakan kulit dapat menjadi alternatif solusi permasalahan pencemaran oleh industri kulit. Penggunaan enzim pada proses penyamakan kulit dapat mengurangi limbah kimia seperti H₂S, ammonia dan lemak.

Disamping itu pemanfaatan enzim dapat: (i) meningkatkan efisiensi proses penyamakan kulit, karena dapat meniadakan proses *batting* (menghilangkan protein), (ii) mengurangi biaya produksi, karena dapat mengurangi waktu proses dan bahan yang digunakan untuk penyamakan kulit, (iii) dan meningkatkan kualitas kulit yang mampu memenuhi persyaratan SII.

Penggunaan enzim ini sekaligus dapat menjawab issue "*clean production*", yaitu dengan memperkenalkan proses penyamakan ramah lingkungan, menghemat devisa, yaitu dengan menurunnya biaya import, dan dapat menciptakan lapangan kerja, yaitu dengan didirikannya industri enzim protease.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wirakusumah, A.T. 2005. Indonesia: Industrial Policy In Brief. Departemen Perindustrian Indonesia.
2. Pawiroharsono, S. 2003. Microbial Enzyme and Their Application in Industry. Prosiding Seminar Industri Enzim dan Bioteknologi (CIEB '03).
3. Freedonia Group. 2003. Specialty & Industrial Enzymes: Market Analysis of Biocatalysis. Freedonia, USA.
4. Pawiroharsono, S, Setyahadi, S dan A. Lutfi. 2002. Workshop "Pengendalian pencemaran Air Limbah Usaha Kecil" dengan kasus industri kulit Sukaregang, Garut. Kementerian Lingkungan Hidup, 23 – 24 September 2002, Bandung.
5. Kamini, N.R., Hemachander, C., Geraldine Sandana Mala, J. dan R. Puvanakrishnan. 1999. Microbial enzyme technology as an alternative to conventional chemicals in leather industry. Department of Biotechnology, Central Leather Research Institute, Adyar, Chennai 600 020, India
6. Banerjee R. dan B.C. Bhattacharyya. 2001. Enzyme Technology for improving tannery management in rural area. Journal of Indian Leather Technologist Association, **3** (2001) 182-185