

TEKNOLOGI BARU PENYAMAKAN KULIT RAMAH LINGKUNGAN:
PENYAMAKAN KOMBINASI MENGGUNAKAN
PENYAMAK NABATI, NAFTOL DAN OKSAZOLIDIN

NEW ENVIRONMENTALLY BENIGN LEATHER TECHNOLOGY:
COMBINATION TANNING USING VEGETABLE TANNIN, NAPHTHOL AND OXAZOLIDINE

Ono Suparno^{1,2}, Anthony D. Covington², dan Christine S. Evans³

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor - Bogor

²Applied Collagen Research Group, The University of Northampton, Boughton Green Road, Northampton, NN2 7AL, UK

³Fungal Biotechnology Research Group, School of Biosciences, The University of Westminster,
115 New Cavendish Street, London, W1W 6UW, UK

ABSTRACT

Leather tanning is a process of converting of skin or hide protein into leather with adequate strength properties, resistance to various biological and physical agents, and capable of being used for a wide range of purposes. Leather tanning reactions between collagen-vegetable tannin-oxazolidine and collagen-dihydroxynaphthalenes (DHNs)-oxazolidine have been investigated using hide powder and sheepskin pickled pelt. This investigation showed that some DHNs have a tanning effect on collagen. The measurement of combined and cross-linked vegetable tannin and DHNs on collagen showed that 20-50% vegetable tannin, 1,6- and 2,6-DHNs were fixed through covalent bonding. Shrinkage temperature of the leather changed little after the non combined vegetable tannin and DHNs had been removed from the leather, indicating that the high stability of the combination tanned leather comes from the covalent bonding formed between vegetable tannage or DHNs and collagen through oxazolidine. Covalently bound tannin on collagen was more stable and could not be extracted by lyotropic agents.

Keywords: tanning, leather, hydrothermal stability, vegetable tannage, dihydroxynaphthalenes, oxazolidine.

PENDAHULUAN

Penyamakan adalah proses konversi protein kulit mentah menjadi kulit samak yang stabil, tidak mudah membusuk, dan cocok untuk beragam kegunaan. Penyamakan biasanya dilakukan dengan garam basa krom trivalen. Reaksi garam-garam krom dengan grup karboksilat dari protein kulit (kolagen) menjadikan kulit tersebut memiliki stabilitas hidrotermal tinggi, yaitu memiliki suhu pengerutan (T_s) lebih tinggi daripada 100°C, dan tahan terhadap serangan mikroorganisme. Setelah penyamakan krom, kulit hewan disebut *wet blue* atau *blue crust* (Heidemann, 1993 dan Covington, 1997). Penyamakan merupakan tahap paling penting dalam produksi kulit samak. Selama penyamakan, kolagen akan memfiksasi bahan penyamak pada situs-situs reaktifnya (Heidemann, 1993 dan Bossche *et al.*, 1997).

Dewasa ini, sebagian besar kulit samak dunia disamak dengan krom(III) sulfat, yang merupakan konsekuensi dari kemudahan proses, keluasan kegunaan produk, dan sangat memuaskannya karakteristik kulit samak yang dihasilkan. Namun demikian, penyamakan mineral tersebut juga berkontribusi terhadap masalah pencemaran lingkungan, khususnya di negara-negara berkembang. Dengan demikian, diperlukan proses penyamakan non mineral yang ramah lingkungan dalam pembuatan kulit samak.

Penyamak nabati (*condensed vegetable tannages*) seperti mimosa, quebracho, dan gambier merupakan bahan penyamak non mineral yang

dihasilkan dari sumberdaya alam terbarukan dan bersifat ramah lingkungan. Mimosa dihasilkan dari kayu dan kulit kayu *Acacia mearnsii* dan *A. mangium*; quebracho dari kayu *Schinopsis lorentzii* dan *S. balansae*; dan gambier dari daun dan ranting pohon *Uncaria gambier*.

Selain penyamak nabati tersebut, pada penelitian ini dilakukan juga kajian mengenai peluang penggunaan dihidroksinaftalena sebagai bahan penyamak kulit hewan. Dihidroksinaftalena adalah senyawa aromatik, yang memiliki potensi untuk mengalami ikatan hidrogen dan kovalen dengan kolagen, sehingga senyawa tersebut akan menghasilkan efek penyamakan. Hal tersebut telah ditunjukkan bahwa interaksi antara beberapa dihidroksinaftalena dan kolagen dapat meningkatkan stabilitas hidrotermal kolagen (Suparno *et al.*, 2005), walaupun peningkatan tersebut tidak cukup untuk menghasilkan kulit samak yang baik, sehingga perlu dilakukan penyamakan kembali (*retanning*) atau penyamakan kombinasi (*combination tanning*). Studi mekanisme penyamakan kombinasi dilaporkan oleh Covington dan Shi, 1998; Covington dan Song, 2003; Suparno, 2005; dan Suparno *et al.*, 2005.

Oksazolidin memiliki reaktivitas tinggi dan kemampuan penyamakan yang baik. Oksazolidin akan bereaksi dengan grup-grup amino kolagen untuk membentuk *cross-link*, sehingga dapat meningkatkan suhu pengerutan kulit (Dasgupta, 1977; Gill, 1985; Gunasekaran dan Balasubramanian, 1988). Kulit samak oksazolidin memiliki suhu pengerutan yang mirip dengan kulit yang

disamak dengan glutaraldehid (Dasgupta, 1977), tetapi kurang penuh dan kurang hidrofilik.

Stabilitas hidrotermal merupakan salah satu karakteristik kulit samak yang sangat penting. Penyamakan kombinasi menggunakan bahan penyamak nabati atau DHN dan oksazolidin dapat menghasilkan kulit dengan stabilitas hidrotermal yang tinggi, sehingga proses tersebut mungkin berguna sebagai substitusi untuk penyamakan krom. Dalam mencari bahan penyamak organik yang menguntungkan secara komersial dan lingkungan, teknologi proses penyamakan tersebut merupakan pilihan yang menjanjikan.

Makalah ini mendeskripsikan efek penyamakan dari beberapa penyamak nabati dan DHN, pengaruh struktur DHN terhadap efek penyamakan, dan penyamakan kombinasi menggunakan penyamak nabati dan DHN dengan oksazolidin.

METODOLOGI

Bahan

Penyamak nabati (mimosa, quebracho, dan gambier) dan oksazolidin (Neosyn TX) diperoleh dari Hodgson Chemicals Plc. (Clariant), Beverly, UK. 1,3-; 1,5; 1,6-; 1,7-; 2,3-; 2,6-; 2,7-dihidroksi-naftalena (DHN), dan 1,8-DHN-3,6-asam disulfonat (1,8-DHN-DSA) dibeli dari Sigma-Aldrich Company Ltd., Dorset, UK. Tepung kulit (*hide powder*) diperoleh dari British Leather Confederation (BLC) - The Leather Technology Centre, Northampton, UK. Kulit pikel domba diperoleh dari British School of Leather Technology, Northampton, UK.

Metode

Penyamakan dengan Penyamak Nabati dan DHN pada Tepung Kulit

Satu gram tepung kulit direndam dengan 15 ml air yang mengandung 1,5 g NaCl pada suhu 30°C selama 30 menit. Suspensi tepung kulit tersebut diatur sampai pH 4,5 dengan larutan asam formiat 5%, dilanjutkan dengan penambahan 0,25 g (25%) penyamak nabati atau DHN. DHN dilarutkan terlebih dahulu dalam 5 ml aseton. Reaksi dilangsungkan pada suhu 35°C dengan penggoyangan menggunakan *shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 24 jam, kemudian campuran-campuran tersebut disaring. Stabilitas hidrotermal tepung kulit yang disamak tersebut diukur dengan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC).

Pengukuran Efek Penyamakan

Efek penyamakan diukur dengan penentuan suhu denaturasi atau suhu pengerutan (T_s) dan energi (entalpi, ΔH) pengerutan kulit yang disamak tersebut. T_s adalah suhu pada saat pengerutan mulai terjadi ketika tepung kulit dipanaskan perlahan-lahan dalam kondisi basah (mengandung air). Kulit tanpa perlakuan digunakan sebagai kontrol. Peningkatan suhu pengerutan (ΔT_s), yakni perbedaan suhu pengerutan antara perlakuan dan kontrol, menunjukkan

kemampuan penyamakan suatu bahan penyamak. Suhu pengerutan dan entalpi pengerutan diukur dengan DSC822 *Differential Scanning Calorimeter* (Mettler Toledo, UK).

Penyamakan dengan Penyamak Nabati dan DHN pada Kulit Domba

Tiga lembar *depickled pelt* diletakkan di dalam sebuah botol gelas dengan 150% air dan 10% NaCl. pH campuran tersebut diatur menjadi 4,5 dengan 5% larutan asam formiat, 25% setiap penyamak nabati atau DHN ditambahkan. Reaksi dijalankan pada 35°C dengan penggoyangan pada kecepatan 150 rpm selama 20 jam. Setelah reaksi selesai, cairan sisa reaksi (*float*) dibuang. Stabilitas hidrotermal kulit yang telah disamak tersebut diukur menggunakan DSC. Penambahan bahan kimia dan air dalam proses ini berdasarkan bobot kulit yang disamak (*depickled pelt*).

Penyamakan Kombinasi Menggunakan Penyamak Nabati atau DHN dan Oksazolidin pada Tepung Kulit

Pada tahap awal penyamakan ini, digunakan prosedur penyamakan dengan penyamakan nabati dan DHN. Setelah *float* dibuang, 10 ml air ditambahkan, kemudian campuran tersebut diatur sampai pH 6 dengan larutan natrium bikarbonat 5%. Selanjutnya, 10% oksazolidin ditambahkan, kemudian digoyang pada kecepatan 150 rpm dan suhu 50°C selama 2 jam. Campuran tersebut diatur sampai pH 3,2-3,8 dengan penambahan larutan asam formiat 5%, kemudian digoyang lagi pada suhu 35°C selama satu jam. Setelah selesai, campuran tersebut disaring. DSC digunakan untuk mengukur stabilitas hidrotermal tepung kulit yang sudah disamak tersebut.

Penyamakan Kombinasi Menggunakan Penyamak Nabati atau DHN dan Oksazolidin pada Kulit Domba

Prosedur awal penyamakan sama dengan penyamakan yang digunakan pada tepung kulit. Kemudian 150% air ditambahkan; campuran tersebut diatur sampai pH 6 dengan larutan natrium bikarbonat 5%. 10% Oksazolidin ditambahkan, kemudian digoyang pada kecepatan 150 rpm dan suhu 50°C selama 2 jam. Campuran tersebut diatur sampai pH 3,2-3,8 dengan penambahan larutan asam formiat 5%, kemudian digoyang lagi pada suhu 35°C selama satu jam. Setelah selesai, *float* dibuang. Stabilitas hidrotermal diukur menggunakan DSC. Penambahan bahan dalam proses ini adalah berdasarkan bobot kulit yang disamak.

Penentuan Pengikatan Tannin pada Kulit Samak

Metode yang dideskripsikan oleh Covington dan Song (2003) digunakan untuk menentukan pengikatan penyamak nabati atau DHN pada kulit samak. Tepung kulit yang disamak dengan penyamak nabati atau DHN atau disamak kombinasi dengan penyamak nabati atau DHN dan oksazolidin

direndam dalam 50 ml larutan aseton 50% (v/v) pada suhu 20°C selama 20 menit pada penggoyangan cepat (200 rpm) dan dicuci dengan larutan yang sama. Jumlah tanin yang tercuci diukur dengan menggunakan metode gravimetri. DSC digunakan untuk mengukur suhu pengerutan tepung kulit samak yang telah dicuci tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi Penyamakan dengan Penyamak Nabati dan DHN

Studi penyamakan menggunakan penyamak nabati dan DHN pada tepung kulit menunjukkan bahwa penyamak nabati meningkatkan suhu pengerutan (denaturasi) kulit dengan cukup tinggi. 1,6-, 1,7-, 2,6-, dan 2,7-DHN sedikit meningkatkan suhu pengerutan, sedangkan 1,5-DHN dan 1,8-DHN-DSA memberikan efek penyamakan negatif sebagaimana ditunjukkan dengan penurunan T_s kulit masing-masing 2 dan 9°C. Ini mengindikasikan bahwa senyawa-senyawa DHN tersebut tidak dapat berfungsi sebagai bahan penyamak tunggal (*solo tanning agents*), tetapi jika senyawa fenol tersebut digunakan dalam penyamakan kombinasi dengan *cross-linker* seperti oksazolidin, senyawa tersebut mungkin menghasilkan efek penyamakan yang baik.

Studi penyamakan pada kulit piket domba menunjukkan bahwa 1,6-, 2,6-, dan 2,7-DHN meningkatkan T_s kulit tersebut sebesar 16°C, sedikit lebih tinggi daripada penyamakan pada tepung kulit.

Stabilitas hidrotermal kulit tersebut menurun dengan perlakuan menggunakan 1,3-, 1,7-, dan 2,3-DHN yang menunjukkan bahwa ketiga senyawa DHN tersebut tidak mempunyai efek penyamakan. Walaupun perlakuan 1,8-DHN-DSA pada kulit domba dapat meningkatkan stabilitas hidrotermal kulit tersebut, perlakuan tersebut tidak menghasilkan kulit samak, karena perlakuan tersebut hanya menghasilkan bahan yang kaku seperti *parchment*.

Penyamakan Kombinasi Menggunakan Penyamak Nabati atau DHN dan Oksazolidin

Suhu pengerutan tertinggi dicapai menggunakan ketiga penyamak nabati, 1,6-DHN, dan 2,6-DHN sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Penyamakan kombinasi menggunakan mimosa atau 2,6-DHN dan oksazolidin menghasilkan kulit samak dengan suhu pengerutan setara dengan kulit yang disamak secara konvensional dengan krom.

Afinitas Penyamak Nabati dan DHN pada Kolagen

Ikatan-ikatan hidrogen dalam kulit samak dapat diputuskan oleh agen-agen liotropik seperti aseton 50%, urea 8 M atau larutan natrium karbonat pekat. Agen-agen liotropik tersebut dapat melepaskan molekul-molekul tanin dari kulit yang sudah disamak. Tanin yang telah terikat secara kovalen pada kolagen bersifat lebih stabil dan tidak dapat diekstrak oleh senyawa-senyawa liotropik (Russel *et al.*, 1967; Russel *et al.*, 1968; dan Reusch, 2004).

Tabel 1. Stabilitas Hidrotermal Kolagen yang Disamak dengan Penyamak Nabati atau DHN dan Oksazolidin

Metode Penyamakan	Tepung Kulit			Kulit Domba		
	T_s (°C)	ΔT_s (°C)	ΔH (J/g)	T_s (°C)	ΔT_s (°C)	ΔH (J/g)
Tanpa perlakuan	57	0	31	55	0	22
Oksazolidin (Oz)	75	18	29	78	23	20
Mimosa + Oz	110	53	37	109	54	28
Quebracho + Oz	99	42	33	98	43	25
Gambier + Oz	97	40	33	96	41	23
1,5-DHN + Oz	85	27	32	95	40	20
1,6-DHN + Oz	90	32	29	100	45	23
2,6-DHN + Oz	110	53	36	110	55	20
2,7-DHN + Oz	79	22	34	86	31	27

Tabel 2. Afinitas Penyamak Nabati dan DHN pada Kolagen

Bahan Penyamak (tanin)	Tanin yang Terikat pada Kolagen (%)*	Tanin yang Tertinggal setelah Pencucian dengan Aseton (%)**	Tanin Ter- <i>cross-link</i> yang Tertinggal setelah Pencucian dengan Aseton (%)**
Mimosa	57	12	29
Quebracho	55	11	27
Gambier	54	10	26
1,5-DHN	57	9	15
1,6-DHN	74	38	50
2,6-DHN	76	35	49
2,7-DHN	69	36	35

*berdasarkan pada analisis cairan sisa reaksi penyamakan

**berdasarkan pada analisis bahan penyamak yang tercuci

Dari Tabel 2, terlihat bahwa 50-75% bahan penyamak terikat pada kolagen. 70-90% bahan penyamak tersebut tercuci oleh larutan aseton 50% (v/v) dari tepung kulit samak. Bahan penyamak yang tercuci lebih sedikit (50-80%) dari kulit samak yang telah mengalami *cross-linking* menggunakan oksazolidin. Hal tersebut menunjukkan bahwa 20-50% bahan penyamak tersebut terikat secara tidak dapat balik (*irreversible*) dalam penyamakan kombinasi. Alasan untuk fenomena tersebut adalah bahwa sebagian molekul bahan penyamak tersebut terfiksasi pada rantai-rantai kolagen melalui ikatan kovalen.

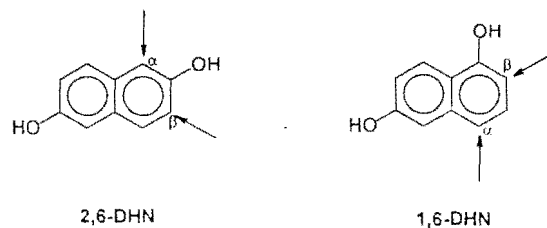
Analisis Differential Scanning Calorimetry

Analisis efek penyamakan menggunakan DSC yang disajikan pada Table 3 menunjukkan bahwa T_s tertinggi dicapai oleh penyamakan kombinasi oksazolidin dengan ketiga penyamak nabati, 1,6-DHN, dan 2,6-DHN. Stabilitas hidrotermal menurun sedikit (0-13°C) setelah pencucian dengan pemutus ikatan hidrogen (larutan aseton 50% (v/v)), tetapi stabilitas hidrotermal tersebut masih tetap tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa ikatan kovalen memiliki peranan penting dalam penyamakan kombinasi tersebut.

Penyamakan kombinasi menggunakan penyamak nabati (mimosa, quebracho, dan gambier), 2,6-DHN, dan 1,6-DHN dengan oksazolidin memberikan sebuah efek sinergis untuk membentuk stabilitas hidrotermal tinggi. Di sisi lain, tidak terdapat peningkatan dalam T_s untuk kolagen yang disamak dengan senyawa-senyawa DHN lainnya. Hal ini dapat dihubungkan dengan terbatasnya *cross-linking* antara DHN, oksazolidin, dan kolagen, karena posisi grup hidroksil fenol dalam struktur-struktur senyawa DHN tersebut yang meningkatkan *steric hindrance* yang tidak diharapkan. Dengan demikian, reaktivitas DHN pada oksazolidin dan kolagen dalam menghasilkan efek penyamakan tergantung pada struktur-struktur senyawa tersebut,

dimana 1,6-DHN dan 2,6-DHN adalah lebih reaktif daripada senyawa-senyawa naftol yang lainnya.

Reaktivitas 1,6-DHN dan 2,6-DHN dapat diterangkan dengan sifat elektronik naftalena, yang secara normal mengalami substitusi elektrofilik pada C-1 (posisi α) lebih cepat daripada pada posisi C-3 (β); penggabungan *orto* lebih disukai; dan reaksi substitusinya cenderung untuk berlangsung dengan cara mempertahankan satu cincin benzena utuh (Reusch, 2004). Berdasarkan sifat-sifat tersebut, situs-situs reaktif senyawa-senyawa naftol, dimana reaksi-reaksi substitusi yang paling siap terjadi dapat ditentukan (Suparno, 2005; Suparno *et al.*, 2005) Situs-situs reaktif untuk 2,6-DHN adalah pada C-1 (α) dan C-3 (β), sedangkan untuk 1,6-DHN adalah C-2 (β) dan C-4 (α), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Kedua situs reaktif untuk 2,6-DHN adalah pada posisi *orto* terhadap grup hidroksil fenol, sehingga reaksi substitusi pada kedua situs tersebut adalah sangat disukai. Pada sisi lain, situs-situs reaktif untuk 1,6-DHN adalah pada posisi *orto* (C-2) dan posisi *para* (C-4) akan terjadi setelah penggabungan pertama pada *orto* (C-2). Dengan demikian, 2,6-DHN seharusnya lebih reaktif daripada 1,6-DHN. Hasilnya adalah 2,6-DHN dapat membentuk lebih banyak *cross-linking* antara naftol tersebut, oksazolidin, dan kolagen, yang menghasilkan suhu pengerutan lebih tinggi.

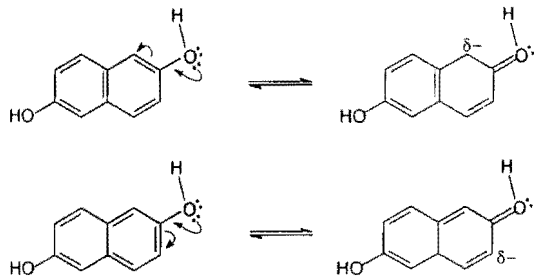


Gambar 1. Situs-situs Reaktif dari 2,6- dan 1,6-dihidroksinaftalena

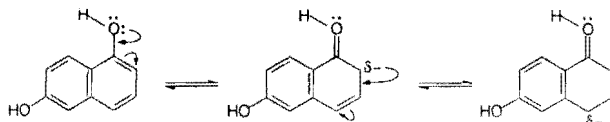
Tabel 3. Suhu Pengerutan (°C) Kolagen yang Tersamak

Metode Penyamakan	Kolagen yang Tersamak	Kolagen Tersamak yang Dicuci dengan Aseton
Tanpa perlakuan	57	56
Oksazolidin (Oz)	75	71
Mimosa	82	68
Mimosa + Oz	110	103
Quebracho	80	67
Quebracho + Oz	99	93
Gambier	79	65
Gambier + Oz	97	92
1,5-DHN	56	56
1,5-DHN + Oz	85	82
1,6-DHN	64	57
1,6-DHN + Oz	90	89
2,6-DHN	62	57
2,6-DHN + Oz	110	97
2,7-DHN	62	58
2,7-DHN + Oz	79	67

Efek elektronik dalam naftol adalah sebuah *resonance induced feedback electron* dari pasangan-pasangan oksigen ke dalam cincin benzena. Hal ini cenderung menurunkan kepadatan elektron di sekitar oksigen dan cenderung menurunkan kekuatan ikatan O-H, dan dengan demikian mendorong kehilangan proton, yang kemudian menyebabkan ikatan hidrogen pada kolagen. Dengan kata lain, grup hidroksil fenol pada senyawa-senyawa DHN adalah donor elektron untuk cincin aromatik. Stabilisasi resonansi terjadi oleh interaksi pasangan-pasangan oksigen sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Anion terstabilisasi resonansi dari 2,6-DHN pada pH > 6



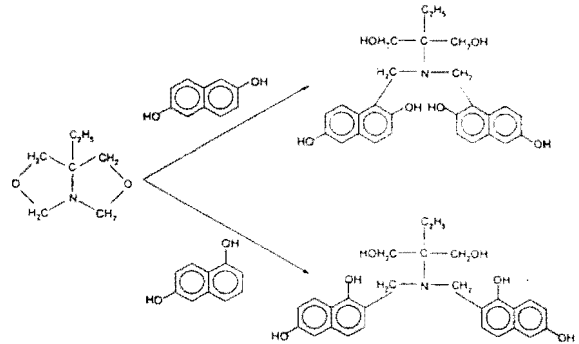
Gambar 3. Anion terstabilisasi resonansi dari 1,6-DHN pada pH > 6

Bentuk-bentuk resonansi kedua senyawa naftol tersebut menunjukkan bahwa donasi elektron menghasilkan muatan-muatan negatif pada posisi-posisi *orto* dan *para* sebagaimana diindikasikan oleh bentuk-bentuk resonansi naftol. Dengan demikian, naftol-naftol tersebut akan lemah terhadap serangan elektrofilik pada posisi-posisi tersebut yang berperan pada *cross-linking* antara naftol dengan oksazolidin dan kolagen.

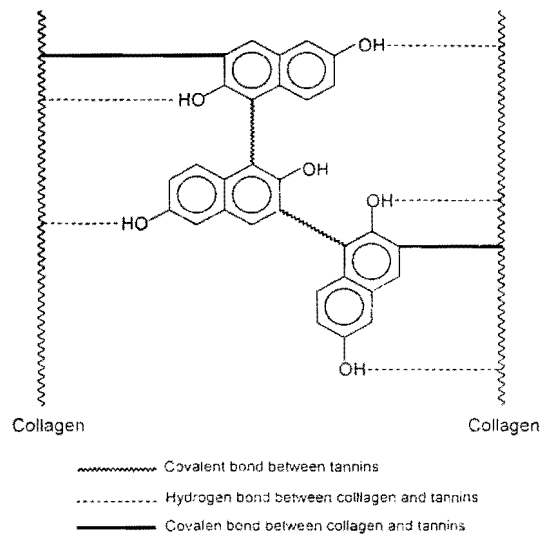
Berdasarkan pada posisi situs-situs reaktif pada senyawa-senyawa tersebut, reaksi-reaksi *cross-linking* 2,6-DHN dan 1,6-DHN dengan oksazolidin dapat diprediksi sebagaimana diberikan pada Gambar 4. Hal tersebut menerangkan *cross-linking* antara kedua naftol tersebut dengan oksazolidin dan kemudian kedua naftol tersebut akan ber-*cross-link* dengan kolagen oleh ikatan-ikatan hidrogen dan kovalen yang menghasilkan kulit samak dengan suhu pengerutan tinggi.

Model *cross-linking* penyamakan-penyamakan kombinasi untuk 2,6-DHN-oksazolidin dan 1,6-DHN-oksazolidin ditunjukkan masing-masing pada Gambar 5 dan 6. Pada model tersebut dapat dilihat adanya beberapa jenis ikatan kimia antara kolagen, DHN dan oksazolidin. Ikatan-ikatan kimia yang terjadi adalah ikatan kovalen antar tanin dengan tanin melalui oksazolidin, ikatan hidrogen antara kolagen dengan tanin dan ikatan kovalen antara kolagen

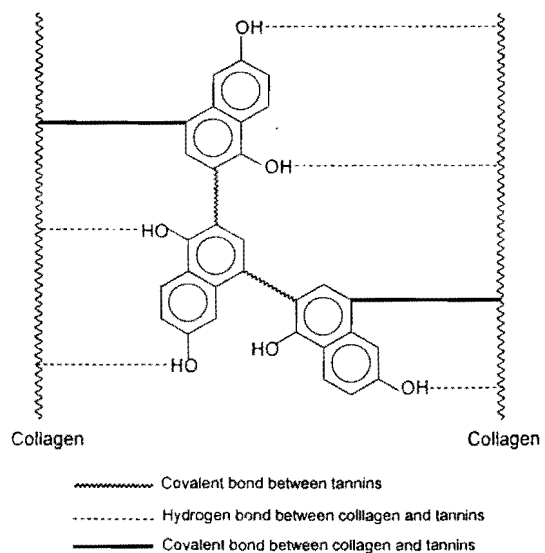
dengan tanin. Di antara ikatan-ikatan tersebut, ikatan kovalen antara kolagen dan tanin yang paling berperan untuk meningkatkan suhu pengerutan kulit samak.



Gambar 4. Reaksi *Cross-linking* 2,6-DHN dan 1,6-DHN dengan Oksazolidin



Gambar 5. Model *cross-linking* penyamakan kombinasi untuk 2,6--DHN-oksazolidin



Gambar 6. Model *cross-linking* penyamakan kombinasi untuk 2,6--DHN-oksazolidin

Prospek Aplikasi Teknologi Penyamakan Kombinasi

Teknologi penyamakan kombinasi menggunakan bahan penyamak yang dihasilkan dari tumbuhan yang merupakan sumberdaya alam terbarukan, dan *cross-linker* seperti oksazolidin sangat prospektif terutama di Indonesia. Hal ini karena Indonesia sangat kaya dengan aneka ragam tumbuhan yang dapat menghasilkan bahan penyamak nabati, misalnya akasia, bakau (*mangrove*), dan gambir. Penyamak nabati tersebut dapat diekstrak dari bagian ranting, buah, daun, dan akar tumbuhan. Penyamakan kombinasi tersebut mampu menghasilkan kulit dengan stabilitas hidrotermal yang tinggi, sehingga proses tersebut sangat potensial sebagai substitusi untuk penyamakan krom yang disorot sebagai salah satu sumber pencemaran lingkungan. Dari aspek komersial dan lingkungan, teknologi penyamakan tersebut sangat menjanjikan.

Dengan demikian, teknologi penyamakan kombinasi tersebut merupakan teknologi yang prospektif untuk dikembangkan dan diaplikasikan, serta akan sangat berguna bagi dunia penyamakan kulit dan masyarakat luas.

KESIMPULAN

Penyamakan menggunakan penyamak nabati, 2,6-DHN, atau 1,6-DHN dan penyamakan kembali (*retanning*) dengan oksazolidin dapat menghasilkan kulit samak dengan stabilitas hidrotermal tinggi. Hal ini dapat berguna sebagai substitusi untuk kulit samak krom. Dengan cara ini, penggunaan krom (III) sulfat dalam pembuatan kulit samak dapat dikurangi, sehingga polusi lingkungan akibat penyamakan krom dapat diturunkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Project QUE Batch III Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor atas bantuan finansial dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bossche V.V.D., G. Gavend dan M.J. Brun. 1997. Chromium Tanned Leather and Its Environmental Impact. *The Chromium File*, 4, 1.
Covington A.D. 1997. *Modern Tanning Chemistry*. *Chem. Soc. Rev.* 26: 111.

Covington A.D. dan B. Shi. 1998. High Stability Organic Tanning Using Plant Polyphenols. Part I. The Interactions Between Vegetable Tannins and Aldehydic Cross-linkers. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 82(2): 64-71.
Covington A.D. dan L. Song. 2003. New Insight Into Combination Tanning. *Leather International*, September, 38.
Dasgupta S. 1977. Oxazolidine as Tanning Agent. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 61: 97.
Gill G.E. 1985. Oxazolidines. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 69: 99.
Gunasekaran A. dan K. Balasubramanian. 1988. Studies on 1,3-oxazolidine and 3-hydroxyethyl-1,3-oxazolidine as Tanning Agents. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 72: 25.
Heidemann E. 1993. *Fundamentals of Leather Manufacturing*. Eduard Roether KG, Darmstadt.
Suparno O., A.D. Covington dan C.S. Evans. 2004. Application of Dihydroxynaphthalenes for Leather Manufacturing: Part I. Dyeing. *Proceedings of the 9th Indonesian Students' Scientific Meeting (ISSM 2004)*, Aachen, 7th-9th October 2004. ISTECS-Europe, Aachen, 196.
Suparno O. 2005. Phenolic Reactions for Leather Tanning and Dyeing. PhD Thesis, University of Leicester.
Suparno O., A.D. Covington, P.S. Phillips, dan C.S. Evans. 2005. An Innovative New Application for Waste Phenolic Compounds: Use of Kraft Lignin and Naphthols in Leather Tanning. *Resources, Conservation and Recycling*, 45: 114.
Reusch, W. *Virtual Textbook of Organic Chemistry*. 2004. <http://www.cem.msu.edu/%7Ereusch/VirtualText/benzrx2.html>. [Diakses pada 21 September 2004].
Russel A.E., S.G. Shuttleworth dan D.A. Williams-Wynn. 1967. Further Studies on the Mechanism of Vegetable Tannage: Part II. Effect of Urea Extraction on Hydrothermal Stability of Leathers Tanned with a Range of Organic Tanning Agents. *J. Soc. Leather Trades Chem.* 51: 222.
Russel A.E., S.G. Shuttleworth dan D.A. Williams-Wynn. 1968. Further Studies on the Mechanism of Vegetable Tannage: Part VI. General Conclusions. *J. Soc. Leather Trades Chem.* 52: 486.