

PROSIDING

Seminar Nasional Ke 37

TEMU-ILMIAH JARINGAN KERJASAMA KIMIA INDONESIA

Seminar Nasional XV

KIMIA DALAM INDUSTRI DAN LINGKUNGAN

“Perkembangan Mutakhir dalam Teori, Instrumentasi dan Penerapan”

BUKU II



REDAKSI :

Ketua merangkap anggota	:	Dr. Sigit, DEA., Pen. Utama
Sekretaris merangkap anggota	:	Imam Prayogo, ST
Anggota	:	Drs. Sutjipto, MS., Pen. Utama
		Sihono
		Paryadi, Amd

Hotel Grand Mercure Yogyakarta, 7 Desember 2006

Diterbitkan oleh :

JARINGAN KERJASAMA KIMIA INDONESIA
YAYASAN MEDIA KIMIA UTAMA

REFEREE / DEWAN PENELAAH :

Prof. Drs. I Nyoman Kabinawa, MM, MBA	Mikrobiologi (<i>Mikrobiology</i>)
Prof. DR., Ir., Drs., Kris Tri Basuki, M.Sc.	Ilmu Separasi (<i>Separation Sciences</i>), Teknologi Separasi dan Membran (<i>Membrane and separation Technology</i>)
Prof. Drs.Sukandi Nasir, MM	Aerodinamika, Teknik Ruang Angkasa Lainnya/ Bahan Bakar Roket (<i>Aero- space Engineering not elsewhere classified</i>)
Wisnu Susetyo, Ph.D	Jaminan Kualitas, Ilmu-ilmu Kimia La- innya / Managemen Mutu laboratorium Kimia (<i>Chemical Sciences not elsewhere Classified</i>)
Dr. Bambang Setiaji	Kimia Bahan Solid (<i>Solid State Chemis- try</i>), Katalis Kimia (<i>Chemistry of Catalyses</i>) dan ilmu-ilmu Anorganik lainnya (<i>Non-Organic Chemistry not elsewhere classified</i>)
Dr. Eko Sugiharto	Kimia Lingkungan, Jaminan Kualitas (<i>Quality Assurance</i>)
Dr.Ir. Sigit, DEA, Pen. Utama	Simulasi dan Kontrol Proses, Design Teknik Kimia (<i>Chemical Engineering Design</i>) dan teknik Kimia Lainnya (<i>Other Chemical Engineering not elsewhere Classified</i>)
Drs. Sutjipto, MS, Pen.Utama	Kimia Lingkungan, Energy dan Termo- dinamika Kimia, Kimia Organik Fisik, Ilmu-ilmu kimia Lainnya (<i>Chemical Sciences not elsewhere classified</i>)
Ir. Ary Achyar Alfa, M.Si, Pen.Utama	Polimer, karakterisasi makromolekul, Mekanisme Polimerisasi (<i>Polymeriza- tion Machanism</i>) dan Teknik Bahan Lainnya (<i>Other Material Engineering not elsewhere classified</i>)
Dr. Erfan Yundra Febrianto, MT, Pen.Utama	Ilmu Bahan dan Proses/ Teknik Bahan Lainnya (<i>Other Material Engineering not elsewhere classified</i>)
Dr. Ir. Mahyudin Abdul Rakhman M.Eng, Pen.Utama	Teknik Biokimia (<i>Other Chemical Engineering not elsewhere classified</i>)
DR. Djoko Santoso, Pen. Utama	Bioteknologi (<i>Biotechnology</i>)

SUSUNAN PANITIA PENYELENGGARA

Ketua I	:	Wisnu Susetyo, Ph.D.
Ketua II	:	Dr. Eko Sugiharto
Ka. Dept. Diklat.	:	Drs. Sutjipto, MSc., Pen. Utama
Sekretaris	:	Sihono
Bendahara	:	Imam Prayogo, ST
Anggota	:	Dr. Ir. Sigit, DEA., Pen. Utama
		Dra. Sumining
		Dra. Iswani
		Dra. Susanna TS., MT.
		Ir. Tunjung Indrati, MT.
		Ashar Andrianto
		Paryadi, Amd

PENGANTAR

Segala Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan HidayahNya sehingga dapat kami susun dan terbitkan sebuah Prosiding hasil **Seminar Nasional XV** se hari dengan thema "**Kimia dalam Industri dan Lingkungan**" yang telah terselenggara dengan baik pada tanggal **7 Desember 2006** di Hotel Grand Mercure Yogyakarta.

Seminar Nasional XV "Kimia dalam Industri dan Lingkungan" diselenggarakan oleh Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia, sebagai organisasi Profesi berbadan Hukum dengan kegiatan menyelenggarakan Seminar, Lokakarya, Konperensi dan Pelatihan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi kimia.

Seminar Nasional XV "Kimia dalam Industri dan Lingkungan" ini telah dihadiri oleh 73 orang peserta. Adapun makalah yang telah dipresentasikan dari berbagai institusi adalah.

No.	Institusi	Makalah
01	Pusat Penelitian Bioteknologi – LIPI Jl. Raya Bogor KM 46 Cibinong 16911	(4)
02	Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Jl. Jenderal Sudirman 623 Bandung 40211	(6)
03	Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor Jl. Salak No. 1 Bogor 16151	(4)
04	Pusat Penelitian Kimia- LIPI Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang 15314	(6)
05	Pusat Teknologi Limbah Radioaktif –BATAN, Kawasan Puspitek, Serpong, Tangerang (Banten) 15314	(8)
06	Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN Kawasan Puspitek, Gedung 20, Serpong, Tangerang, 15314	(7)
07	Pusat Teknologi Wahana Dirgantara Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional Rumpin, Serpong Tangerang 15310	(5)
08	Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka, BATAN Kawasan PUSPITEK Serpong, Tangerang 15310	(3)
09	Puslit. Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – LIPI Kampus LIPI Jl. Sangkuriang Bandung 40135	(3)
10	Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan –BATAN Jl. Babarsari Po. Box. 6101 Ykbb, Jogyakarta 55281	(21)

- | | | |
|----|---|-----|
| 11 | Pusat Penelitian Informatika –LIPI
Jl. Sangkuriang – Komplek LIPI, Bandung | (2) |
| 12 | Puslitbang Teknologi Minyak & Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug,Raya, Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama,
Jakarta Selatan – 12230 | (2) |
| 13 | Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan
Pusat Penelitian dan Pengembangan Ekologi Kesehatan,
Departemen Kesehatan RI
Jl. Percetakan Negara 29, Jakarta 10560 | (6) |
| 14 | UPT- Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia –
LIPI, Desa Gading, Kec. Playen. Kab. Gunung Kidul, D.I
Jogyakarta | (1) |
| 15 | Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan, Bogor | (4) |
| 16 | Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Komplek LIPI Ji. Sangkuriang Gd.70, Bandung 40135 | (2) |

Dari 84 (delapan puluh empat) makalah yang dipresentasikan pada Seminar nasional XV "Kimia dalam Industri dan Lingkungan" yang telah diselenggarakan pada tanggal 7 Desember 2006, diterbitkan dalam prosiding dan dicetak dalam 2 (dua) buku. Buku I dicetak sebanyak 41 makalah, sedangkan Buku II dicetak sebanyak 43 makalah. Semua prosiding yang diterbitkan dicetak sebanyak 300 eksemplar.

Suatu hal yang menggembirakan bahwa sesuai dengan tujuannya Seminar ini telah dapat menjadi media komunikasi bagi rekan Kimiawan/Kimiawati yang berkarya di berbagai bidang yang berbeda.

Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia (JASAKIAI) sebagai pihak penyelenggara seminar, dengan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua peserta dan pembawa makalah yang telah berpartisipasi dalam Seminar dan aktif memberikan masukan-masukan yang bermanfaat bagi semua pihak. Seluruh Dewan Penelaah yang telah membantu dalam seleksi dan peningkatan mutu makalah untuk bisa dipublikasikan, seluruh anggota dewan redaksi yang telah bekerja keras untuk menyusun dan menerbitkan prosiding ini, serta semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelenggaraan seminar sampai dapat diterbitkannya prosiding ini.

Besar harapan kami bahwa Prosiding ini akan banyak berguna bagi para Pembaca serta semua rekan seprofesi, serta akan dapat menjadi acuan dan titik tolak untuk mencapai kemajuan yang lebih besar untuk perkembangan Ilmu Kimia dan terapannya di Indonesia. Kami sadari bahwa Seminar dan Prosiding ini tidak lepas dari berbagai kekurangan. Untuk itu, kami mohon maaf dan kritik serta saran yang bersifat membangun demi perbaikan dimasa datang selalu kami harapkan dari Rekan Sejawat dan Pembaca yang budiman.

Yogyakarta, 10 Januari 2007

Redaksi

NO.	DAFTAR ISI	HALAMAN
12	CAMPURAN DOLOMIT DAN TiO ₂ UNTUK MENURUNKAN KADAR BOD, COD DAN TSS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL Muhadi AW, Imam Prayogo	73 - 82
13	PEMAJANAN TIMBAL, COBALT DAN CADMIUM TERHADAP PENDUDUK DI BEBERAPA DESA DI KABUPATEN SIDOARJO Hendro Martono, Athena Anwar dan Bambang Sukana	83 -90
14	PROCESS FOR THE PRODUCTION OF NATURAL VANILLA EXTRACT WITH MACERATION PROCESSING OF GREEN VANILLA PODS AND EXTRACT THERE BY OBTAINED M. Kismurtono, Suharto, C. Dewi Poeloengasih, Satriyo Krido W.	91 - 94
15	DAMPAK KESEHATAN PEMAJANAN COBALT MELALUI MAKANAN/ MINUMAN DAN OBAT Hendro Martono	95 - 102
16	PENGARUH EFEKTIVITAS FUNGSI NOSEL TERHADAP KINERJA PROPULSI MOTOR ROKET PADAT Kamidjo Herusuiistyo	103 -108
17	KAJIAN KEMANTAPAN VISKOSITAS MOONEY KARET HASIL DEPOLIMERISASI LATEKS ALAM YANG DIBERI PERLAKUAN HIDROKSILAMIN NETRAL SULFAT (HNS) Ary Achyar Alfa	109 -116
18	SATWA PRIMATA (KERA) DALAM PENELITIAN BIOMEDIK : PENYAKIT, UJI KEAMANAN DAN KHASIAT PRODUK FARMASI, DAN BAHAN BIOLOGIK M.Edhie Sulaksono	117 - 122
19	KLONING DAN KARAKTERISASI GEN UNTUK INDUKSI PEMBUNGAAN KAKAO Djoko Santoso, Tetty Caidamsari, Asmini Budiani, Samanhudi	123 - 128
20	PENGARUH ALUMINIUM SEBAGAI " METAL FUEL " PADA PROPELAN PADAT TERHADAP KINERJA SISTEM PROPULSI MOTOR ROKET Achmad Sufri dan Kamidjo H.	129 -134
21	OPTIMASI PROSES PRODUKSI LATEKS BERPROTEIN RENDAH UNTUK BAHAN BAKU SIKLISASI DENGAN ENZIM PAPAIN Ary Achyar Alfa, Endang Gumbira Sa'id, TunTeja Irawadi, Illah Sailah, Zaenal Alim Mas'ud, dan Suharto Honggokusumo	135 -144
22	KARAKTERISASI SPESI SENYAWA KOMPLEKS ITRIUM-90 DAN STRONSIUM-90 DENGAN ELEKTROFORESIS KERTAS Sulaiman, Adang Hardi Gunawan, Noor Anis Kundari, A. Mutalib	145 -152
23	KARAKTERISASI CAMPURAN ZEOLIT-TiO ₂ UNTUK MENURUNKAN KADAR AMMONIA, KROM TOTAL DAN WARNA DARI LIMBAH CAIR PABRIK TEKSTIL Muhadi AW, Imam Prayogo	153 -160

OPTIMASI PROSES PRODUKSI LATEKS BERPROTEIN RENDAH UNTUK BAHAN BAKU SIKLISASI DENGAN ENZIM PAPAIN

Ary Achyar Alfa¹⁾, Endang Gumbira Sa'id²⁾, TunTeja Irawadi²⁾, Illah Sailah²⁾, Zaenal Alim Mas'ud³⁾, dan Suharto Honggokusumo⁴⁾

¹⁾ Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor
Jl. Salak No.1, Bogor 16151
Telp: 0251-346441, 08121307102
Fax: 0251-324047

²⁾ Fakultas Teknologi Pertanian - Institut Pertanian Bogor

³⁾ Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam – Institut Pertanian Bogor

⁴⁾ Gabungan Pengusaha Karet Indonesia

ABSTRAK

Papain berfungsi dengan baik sebagai enzim penghidrolisis protein dalam berbagai aplikasi. Aplikasi pada lateks alam memerlukan penetapan sistim penstabil lateks pengganti amoniak, karena papain tidak berfungsi baik pada pH amoniak. Pada penelitian ini dilakukan optimasi terhadap jenis dan dosis surfaktan, dosis papain yang ditambahkan dan tingkat keenceran lateks kebun. Jenis surfaktan yang dioptimasi adalah surfaktan anionik Emal dan surfaktan nonionik Emulgen. Kisaran dosis papain yang digunakan pada tahap optimasi ditetapkan dari kisaran dosis papain yang berpengaruh menurunkan kadar nitrogen lateks. Tingkat keenceran lateks dapat dilihat dari nilai KKK lateks, dimana lateks dengan KKK semakin kecil menunjukkan lateks yang semakin encer. Dalam tahap optimasi ini digunakan tiga tingkat KKK lateks, yaitu sebesar KKK awal lateks kebun, setengah KKK awal dan sebesar 10%. Hasil optimasi memperlihatkan bahwa pemakaian papain sebesar 0,06 bsk pada lateks kebun dengan KKK 10% dan distabilkan dengan kombinasi 1 bsk surfaktan anionik Emal dan 1 bsk surfaktan nonionik Emulgen menghasilkan lateks berprotein rendah, dengan kadar nitrogen < 0,8%. Lateks DPNR yang dihasilkan sesuai untuk digunakan sebagai bahan baku siklisasi dalam proses produksi karet alam siklis (CNR).

Kata kunci : lateks alam, protein rendah, papain, surfaktan, siklisasi

PENDAHULUAN

Lateks alam atau lateks kebun segar yang baru didisap berwarna putih seperti susu atau kekuning-kuningan, tergantung pada jenis klonnya, mengandung sekitar 1% - 3% (b/b) protein, yang mana sekitar 20% dari jumlah itu terserap pada partikel karet, dalam jumlah yang sama terdapat pada fraksi dasar dan sisanya terdapat pada bagian serum (Webster dan Baukwill, 1989). Bersama-sama dengan fosfolipid, protein yang terserap pada partikel karet merupakan lapisan pelindung dari partikel karet, yang menentukan kestabilan koloidal lateks tersebut.

Sebagai bahan baku barang jadi karet atau lateks, keberadaan protein kurang menguntungkan karena sifatnya yang polar dan bersifat

hidrofilik (suka air) menyebabkan karet yang mengandung protein relatif lebih menyerap air. Kandungan air dalam karet alam akan mengganggu dalam proses pengomponan dan mempengaruhi sifat dinamik barang jadi karet. Sifat dinamik barang jadi karet dari karet alam yang kadar proteinnya tinggi, lebih buruk dari pada yang berasal dari karet alam yang kadar proteinnya rendah (John dan Sin, 1974; Yapa dan Lionel, 1980; Alfa *et al.*, 2003). Protein dalam karet juga dapat memacu peningkatan kandungan gel, yang akan menghambat kemampuan memodifikasi karet alam (Gelling, 1991).

Secara umum protein dalam karet alam dapat dikurangi dengan menghidrolisanya secara kimiawi atau enzimatik (Chin & Smith, 1974;

Yapa & Yapa, 1984; Tanaka,1998). Sebelum munculnya isu kasus alergen terhadap barang jadi lateks, yang banyak dikembangkan adalah DPNR. Setelah munculnya isu alergenik tersebut, usaha memperoleh lateks DPNR mulai berkembang.

Melalui pemekatan ulang lateks hasil pemekatan sebelumnya yang telah diencerkan kembali dan dikombinasikan dengan surfaktan, Tangpakdee dan Tanaka (1997) berhasil memperoleh lateks DPNR dengan kadar nitrogen dibawah 0,05%. Syamsu (1999) mencoba memanfaatkan beberapa enzim protease hasil rekayasa Laboratorium Mikrobiologi PAU IPB dan Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor sebagai penghidrolisis protein lateks, namun belum mampu menghasilkan lateks pekat dengan kadar nitrogen dibawah 0,1%.

Pada penelitiannya yang terdahulu, Alfa *et al.* (2003) menggunakan papain kasar (*crude papain*), hasil pengeringan getah buah pepaya sebagai enzim proteolitik sebagai enzim penghidrolisis protein dalam pembuatan DPNR. Kombinasi papain dengan 0,5 bsk surfaktan Terik, mampu menghasilkan DPNR dengan kadar nitrogen dibawah 0,8%. Pada penelitian ini, metode tersebut akan dikembangkan agar mampu menghasilkan DPNR berbentuk lateks, yang akan digunakan sebagai bahan baku siklisasi dalam proses produksi karet alam siklis (NR siklis) dengan katalis asam sulfat (BPPK, 1954).

BAHAN DAN METODE

Penelitian proses produksi lateks berprotein rendah (lateks DPNR) dilakukan di Laboratorium Penelitian dan di Laboratorium Analisis dan Pengujian (LAP) Karet Balai Penelitian Teknologi Karet (BPTK) Bogor pada skala laboratorium. Uji coba produksi lateks DPNR skala 0,5 – 1,0 ton dilakukan di pabrik lateks pekat Cikumpay PT Perkebunan Nusantara VIII, Purwakarta. Pelaksanaannya dibagi atas beberapa tahap, diawali dengan tahap penetapan surfaktan penstabil lateks. Pada tahap selanjutnya dilakukan optimasi proses produksi lateks DPNR dari lateks alam dengan menggunakan enzim papain sebagai penghidrolisis protein, dan tahap uji coba siklisasi lateks DPNR berkadar nitrogen dibawah 0,08%.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah lateks kebun poliklonal yang diperoleh dari Kebun Percobaan Ciomas Bogor dan Kebun Cikumpay Purwakarta. Bahan utama lain adalah papain kasar yang diperoleh dari PT. Hasfarm, asam sulfat teknis untuk uji coba siklisasi, serta surfaktan Emal *needle* dan Emulgen produksi KAO. Bahan kimia lain yang digunakan adalah paket bahan kimia untuk pengujian kadar nitrogen dengan metode Kjeldhal dan bahan kimia untuk karakterisasi lateks DPNR dengan instrumen.

Peralatan utama yang digunakan terdiri dari peralatan pengolahan lateks pekat, sedangkan peralatan lain berupa peralatan bantu proses seperti gilingan krep, reaktor siklisasi berupa gelas kimia dan peralatan pengujian. Peralatan pengujian yang digunakan terdiri dari peralatan analisis nitrogen sesuai metode Kjeldhal dan peralatan analisis lateks pekat. Selain itu juga digunakan viskometer Mooney untuk penentuan viskositas Mooney karet mentah hasil penggumpalan lateks, spektrofotometer infra merah (*Fourier Transform Infra Red*, FTIR) Biorad untuk pengukuran spektra infra merahnya.

Metodologi Penelitian

Sebelum digunakan sebagai bahan penelitian, terlebih dulu lateks, papain dan asam sulfat teknis dikarakterisasi. Karakterisasi terhadap lateks dilakukan untuk mengetahui sifat kimia dan sifat fisika lateks kebun, meliputi pengukuran kadar karet kering (KKK), kadar jumlah padatan (KJP) dan kadar nitrogennya. Karakterisasi terhadap papain dilakukan untuk mengetahui aktifitas proteolitiknya, sedangkan karakterisasi terhadap asam sulfat dilakukan untuk mengetahui kadar bahan aktifnya.

Tahap penetapan surfaktan penstabil lateks dilakukan dengan cara menguji kernampunan dua jenis surfaktan, yaitu surfaktan anionik Emal dan surfaktan nonionik Emulgen mempertahankan kestabilan atau kemantapan lateks selama proses deproteinisasi dan siklisasi lateks. Masing-masing surfaktan Emal dan Emulgen digunakan terpisah atau berupa gabungannya. Pemakaiannya divariasikan antara 1,50 bsk (bagian berat perseratus berat karet) hingga 2,50 bsk, yaitu dosis yang biasa digunakan dalam aplikasi lateks, dengan beda 0,25 bsk.

Lateks dikatakan stabil apabila tidak menggumpal atau mengental setelah ditambah 0,1 bsk papain, dibiarkan 24 jam, dipekatkan dengan alat sentrifus lateks dan disimpan selama 2 minggu. Agar dapat digunakan sebagai bahan baku karet alam siklis, surfaktan yang digunakan harus mampu mempertahankan kestabilan lateks apabila ditambah asam sulfat pekat sebanyak dua kali beratnya.

Tahap kegiatan optimasi proses deproteinisasi dari lateks alam diawali dengan mengamati pengaruh penambahan enzim papain pada lateks alam yang tidak mengandung amoniak. Selanjutnya dilakukan optimasi terhadap dosis papain yang ditambahkan dan terhadap tingkat keenceran lateks yang telah distabilkan dengan sistim surfaktan yang diperoleh pada tahap sebelumnya. Kisaran dosis papain yang digunakan pada tahap optimasi dipersempit pada kisaran dosis papain yang berpengaruh menurunkan kadar nitrogen lateks dari tahap sebelumnya. Tingkat keenceran lateks dapat dilihat dari nilai KKK lateks, dimana lateks dengan KKK semakin kecil menunjukkan lateks yang semakin encer. Dalam tahap optimasi ini digunakan tiga tingkat KKK lateks, yaitu sebesar KKK awal lateks kebun, setengah KKK awal dan sebesar 10%.

Pada lateks DPNR dilakukan karakterisasi dengan parameter analisis yang sesuai dengan analisis lateks pekat menurut standar SNI 06-1993-1990 dan penentuan viskositas Mooney serta spektrum infra merah sesuai ASTM D-1076-97. Selain itu terhadap lateks DPNR dengan kadar nitrogen dibawah 0,08% dilakukan uji coba siklisasi dengan katalis asam sulfat

pekat sebanyak satu kali berat lateks. Sebagai pembanding dilakukan pula siklisasi pada lateks pekat biasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku

Analisis bahan baku lateks kebun perlu dilakukan karena sebagai bahan alam, komposisi hidrokarbon karet dan bahan-bahan lain dalam lateks selalu berubah-ubah, tergantung musim, cuaca, serta kondisi penyadapan, tanaman dan tanah. Lateks yang digunakan merupakan lateks kebun poliklonal yang diperoleh dari Kebun Percobaan Ciomas, Bogor. Sebelum digunakan, lateks kebun segar yang diperoleh terlebih dulu disaring dari kotoran dan dianalisis KKK, KJP dan viskositas lateks, serta kadar nitrogen, viskositas Mooney, nilai ASHT dan spektrum infra merah karetinya.

Hasil analisis lateks kebun segar dan analisis karetinya, dari tiga kali pengambilan disajikan pada Tabel 1. Dapat dilihat bahwa KKK lateks yang digunakan bervariasi antara 31% - 34%, viskositas Brookfield antara 35,2 - 38,5 cps, sedangkan kadar nitrogen, viskositas Mooney dan nilai ASHT karet mentahnya berturut-turut bervariasi antara 0,47% - 0,52%, antara 78,4 - 86,1 unit dan antara 15,0 - 15,5. Perbedaan hasil analisis tersebut disebabkan lateks kebun adalah bahan alam yang karakternya dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan waktu penyadapan.

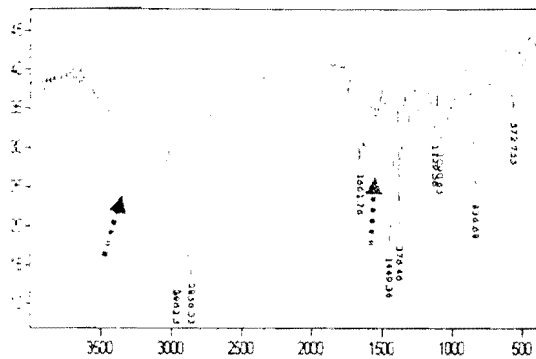
Tabel 1 Hasil analisis lateks kebun segar

Parameter	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
KKK, %	32	31	34
Viskositas Brookfield, cps	35,2	35,8	38,5
Nitrogen, %	0,52	0,47	0,49
Viskositas Mooney, unit	78,4	86,1	80,2
ASHT, satuan	15,5	15,5	15,0

Spektrum infra merahnya dapat dilihat pada Gambar 1, yang memperlihatkan adanya puncak-puncak khas yaitu pada 2962 cm^{-1} , 2855 cm^{-1} , 1662 cm^{-1} , 1449 cm^{-1} , 1376 cm^{-1} , dan 836 cm^{-1} . Puncak 2962 cm^{-1} dan 2855 cm^{-1} menunjukkan

adanya gugus C-H, yaitu CH_3 dan CH_2 . Puncak pada 1662 cm^{-1} menunjukkan gugus C=C, pada 1449 cm^{-1} dan 1376 cm^{-1} memperlihatkan puncak yang menunjukkan gugus C-H, dan

puncak serapan 836 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-C.



Gambar 1 Spektra infra merah lateks kebun

Jenis mutu papain yang digunakan adalah papain kasar yang diperoleh PT. Gistex Papain, sedangkan jenis mutu asam sulfat adalah jenis mutu teknis. Untuk mencegah berubahnya aktifitas proteolitik papain selama penyimpanan, maka papain disimpan pada lemari pendingin $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk mencegah berubahnya kadar asam sulfat maka bahan tersebut dipindah dari tangki pengangkutnya ke botol plastik ukuran 1 liter yang kedap udara.

Aktifitas papain yang diuji sesuai dengan metode yang digunakan di Laboratorium Unit Bioteknologi Perkebunan adalah $48,26\text{ unit/mL}$, lebih rendah dari aktifitas enzim papain komersial produksi Sigma yang besarnya $59,64\text{ unit/mL}$. Kadar asam sulfat ditentukan dengan metode gravimetri dan hasilnya memperlihatkan bahwa kadar asam sulfat adalah sebesar 97%.

Penetapan Sistem Surfaktan Sebagai Pengawet Lateks

Dua jenis surfaktan yang diamati kemampuannya menstabilkan lateks dalam penelitian ini adalah surfaktan anionik Emal dan surfaktan nonionik Emulgen. Emal termasuk jenis surfaktan anionik dengan komponen utama natrium lauril sulfat, yaitu senyawa yang berfungsi sebagai pembasah dan pengemulsi. Emal stabil dalam suasana asam, basa dan logam berat seperti Ca dan Mg, sehingga sesuai untuk diaplikasikan pada lateks kebun yang umumnya mengandung ion Ca dan Mg. Dengan karakternya tersebut Emal sangat sesuai sebagai penstabil lateks dalam proses deproteinisasi lateks.

Dalam proses siklisasi lateks dengan katalis asam sulfat pekat, Emal tidak dapat digunakan karena asam sulfat akan bereaksi dengan Emal yang merupakan surfaktan anionik. Sebagai akibatnya, fungsi Emal sebagai surfaktan penstabil lateks hilang, sehingga lateks menggumpal. Dalam proses siklisasi tersebut, Emulgen lebih sesuai untuk digunakan karena mampu menjaga kestabilan lateks, apabila lateks ditambah asam sulfat pekat. Emulgen termasuk jenis surfaktan nonionik dengan bahan aktif polioksietilen lauril eter yang tidak bermuatan. Dalam lateks, Emulgen tidak akan kehilangan fungsinya sebagai penstabil karena tidak bereaksi dengan asam sulfat. Hasil pengamatan pengaruh surfaktan pada kestabilan lateks selama proses deproteinisasi dan selama proses siklisasi lateks disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa Emal dan Emulgen, mampu berfungsi sebagai pengawet lateks dalam proses deproteinisasi. Emal atau Emulgen dengan dosis minimal sebesar 1,50 bsk, atau kombinasinya dengan dosis masing-masing sebesar 0,75 bsk, mampu mencegah penggumpalan lateks selama proses, tetapi lateks yang dihasilkan tidak dapat disimpan lama. Lateks tersebut harus segera digunakan sebagai bahan baku siklisasi karena mulai menggumpal dalam waktu 10 – 14 hari.

Agar lateks tetap stabil untuk waktu yang lama, diperlukan kombinasi surfaktan Emal dan Emulgen dengan dosis masing-masing minimal sebesar 1,00 bsk. Lateks yang distabilkan dengan sistem surfaktan tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan baku siklisasi, karena lateks akan menggumpal jika ditambah asam sulfat pekat. Agar tetap stabil selama siklisasi, maka diperlukan tambahan surfaktan Emulgen sebesar 2,00 bsk. Dengan mempertimbangkan jumlah minimal surfaktan, maka sistem pengawet kombinasi 1,00 bsk Emal dan 1,00 bsk Emulgen merupakan sistem penstabil lateks yang paling sesuai sebagai penstabil lateks selama proses deproteinisasi.

Tabel 2. Pengaruh surfaktan pada kestabilan lateks kebun (LK) KKK 34% selama hingga setelah proses deproteinisasi dan depolimerisasi

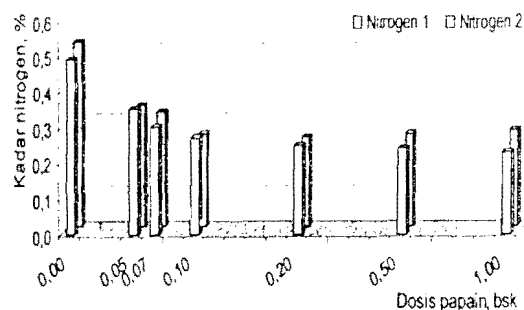
Surfaktan, bsk ^a		Lateks setelah deproteinisasi	Lateks setelah siklisasi
Emal	Emulgen		
0,00	0,00	Menggumpal	-
1,50	0,00	Stabil ^b	-
1,75	0,00	Stabil ^b	-
2,00	0,00	Stabil ^b	-
0,00	1,50	Stabil ^b	-
0,00	1,75	Stabil ^b	-
0,00	2,00	Stabil ^b	-
0,75	0,75	Stabil ^b	-
1,00	1,00	Stabil	Stabil ^c
1,00	1,50	Stabil	Stabil ^c
1,00	2,00	Stabil	Stabil ^c

Catatan : ^a bsk = bagian berat perseratus berat karet
^b menggumpal dalam 10 – 14 hari
^c Ditambah minimal 2 bsk Emulgen sebelum disiklisasi

Optimasi Kondisi Proses Deproteinisasi Lateks dengan Enzim Papain

Lateks karet alam atau lateks kebun segar yang baru disadap berwarna putih seperti susu atau kekuning-kuningan, tergantung pada jenis klonnya, mengandung sekitar 1% - 3% (b/b) protein, yang mana sekitar 20% dari jumlah itu terserap pada partikel karet, dalam jumlah yang sama terdapat pada fraksi dasar dan sisanya terdapat pada bagian serum (Webster dan Baulkwill, 1989). Bersama-sama dengan fosfolipid, protein yang terserap pada partikel karet merupakan lapisan pelindung dari partikel karet, yang menentukan kestabilan koloidal lateks tersebut.

Aktifitas proteolitik terbaik papain berlangsung pada kisaran pH 3 – 11, sehingga sesuai untuk digunakan sebagai enzim penghidrolisis protein lateks kebun segar yang tidak mengandung amoniak. Hasil pengamatan efektifitas berbagai dosis papain menurunkan kadar nitrogen lateks kebun yang tidak mengandung amoniak, disajikan pada Gambar 2. Dapat dilihat bahwa semakin besar dosis papain yang ditambahkan, kadar nitrogen karet alam semakin rendah. Hasil ini sesuai dengan Harrow dan Mazur (1971), yang menyatakan bahwa kecepatan hidrolisis enzim akan meningkat pada konsentrasi enzim yang lebih besar dan waktu proses yang lebih lama.



Gambar 2. Pengaruh dosis papain kasar terhadap kadar nitrogen lateks kebun dari dua seri perlakuan

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa kadar nitrogen lateks yang diperlakukan dengan variasi dosis papain tersebut masih tinggi, jauh diatas 0,08%, yaitu ambang batas kadar nitrogen lateks DPNR yang akan digunakan sebagai bahan baku proses siklisasi. Kondisi demikian menunjukkan bahwa semua variasi dosis papain yang digunakan tidak mampu menghasilkan lateks pekat yang dikategorikan sebagai lateks DPNR. Ketidakmampuan papain tersebut dapat disebabkan oleh hidrolisis protein berlangsung tidak sempurna. Keadaan demikian terjadi karena lateks yang tidak mengandung amoniak tersebut telah menggumpal sebelum hidrolisis protein lateks sempurna.

Terjadinya penggumpalan lateks disebabkan protein yang seharusnya berfungsi sebagai penstabil koloid lateks telah terhidrolisis. Oleh karena itu protein yang terperangkap dalam gumpalan karet sulit dihidrolisis oleh papain, sehingga hidrolisis protein tidak sempurna. Menurut Kirk dan Othmer (1953) agar hidrolisis protein sempurna diperlukan waktu hidrolisis selama 16 - 24 jam. Karena tidak mengandung amonia dan surfaktan penstabil lateks, lateks periakuan tetap cair hanya dalam beberapa jam.

Terhidrolisisnya protein penstabil koloid lateks menyebabkan lateks mulai menggumpal

atau mengental dalam beberapa jam. Pada Tabel 3 disajikan hasil pengamatan lamanya lateks kebun segar tanpa bahan penstabil, tetap cair setelah ditambah variasi dosis papain. Dapat dilihat bahwa lateks yang tidak ditambah bahan penstabil atau pengawet lateks, akan mulai menggumpal dalam waktu 2 - 4 jam, dan penggumpalan telah sempurna dalam waktu 24 jam. Penggumpalan lateks yang sempurna ditandai dengan serum yang jernih.

Tabel 3 Pengaruh dosis papain terhadap kestabilan lateks kebun segar

Papain, bsk	Lamanya lateks tetap cair	Serum setelah 24 jam
0,00	4 jam	Jernih
0,05	2 jam	Jernih
0,07	2 jam	Jernih
0,10	2 jam	Jernih
0,20	2 jam	Jernih
0,50	3 jam	Jernih
1,00	3 jam	Jernih

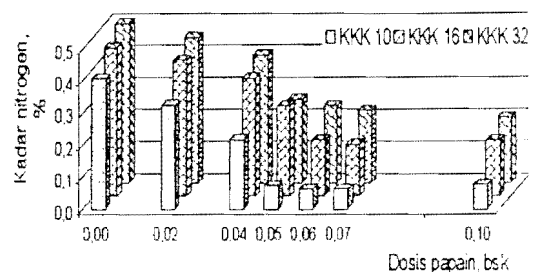
Optimasi proses deproteinisasi lateks oleh papain

Pada lateks yang tetap cair, jaringan molekul karet tetap terbuka sehingga protein lebih mudah dicapai oleh papain untuk menghidrolisisnya. Semakin encer lateks, maka jaringan molekul karet semakin longgar, sehingga diprediksi papain lebih mudah mencapai molekul protein lateks untuk menghidrolisisnya. Oleh karena itu selain parameter dosis papain, KKK lateks juga diprediksi mempengaruhi penurunan kadar nitrogen lateks.

Amoniak tidak dapat digunakan sebagai bahan penstabil lateks yang dideproteinisasi dengan enzim papain karena akan meningkatkan pH lateks, yang akan menghambat aktifitas proteolitik papain. Sebagai pengganti amoniak digunakan surfaktan, karena surfaktan mampu menjaga kestabilan lateks tanpa meningkatkan pH lateks (Blackley, 2000). Jenis dan dosisnya disesuaikan dengan yang diperoleh pada tahap penetapan sistim surfaktan pengawet lateks, yaitu kombinasi 1 bsk Emal dan 1 bsk Emulgen. Pemekatan lateks yang telah dideproteinisasi dengan cara mendiamkannya setelah ditambah surfaktan dan papain, selama 24 jam pada suhu kamar, akan menghasilkan lateks DPNR.

Selain sebagai penstabil lateks, secara tidak langsung penggunaan surfaktan juga dapat

meningkatkan efektifitas papain menghidrolisis protein yang menyelubungi molekul karet tersebut. Fenomena tersebut terjadi karena mendekatnya bagian hidrofob surfaktan untuk menyelubungi partikel karet yang juga bersifat hidrofob, mendesak fraksi protein dari selubung pelindung lateks lebih jauh ke bagian serum. Kondisi tersebut menyebabkan protein tersebut lebih mudah didekati dan dihidrolisis oleh papain. Pengaruh variasi dosis papain yang ditambahkan pada variasi KKK lateks yang distabilkan dengan surfaktan, terhadap kadar nitrogen lateks perlakuan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh dosis papain dan KKK lateks pada kadar nitrogen lateks yang distabilkan dengan surfaktan

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada dosis papain yang sama, kadar nitrogen lateks perlakuan semakin kecil dengan semakin rendahnya KKK lateks. Sebaliknya pada KKK lateks yang sama, kadar nitrogen lateks perlakuan semakin kecil dengan semakin besarnya dosis papain. Dapat dilihat bahwa penggunaan papain sebesar 0,02 bsk telah memberikan pengaruh yang nyata pada penurunan kadar nitrogen lateks. Penurunan kadar nitrogen lateks akan semakin nyata pada lateks encer dengan KKK 10%. Penggunaan papain sebesar 0,06 bsk pada lateks dengan KKK 10%, akan menghasilkan lateks dengan kadar nitrogen terendah yaitu sebesar 0,07%.

Penggunaan dosis papain yang lebih besar dari 0,06 bsk tidak mampu menghasilkan lateks dengan kadar nitrogen yang lebih rendah. Diduga pada dosis papain sebesar 0,06 bsk tersebut, sebagian besar protein yang mampu dihidrolisis papain telah terhidrolisis. Peningkatan dosis papain selanjutnya bahkan dapat menimbulkan efek penghambatan hidrolisis, sehingga kadar nitrogen lateks DPNR yang dihasilkannya cenderung lebih besar dari 0,07%. Oleh karena itu kombinasi dosis papain sebesar 0,06 bsk dan KKK lateks sebesar 10%, merupakan kombinasi terbaik untuk memproduksi lateks DPNR dari lateks berpenstabil kombinasi 1 bsk Emal dan 1 bsk Emulgen.

Karakterisasi Lateks DPNR

Pemekatan lateks KKK 10% yang telah distabilkan dengan kombinasi 1 bsk Emal – 1 bsk Emulgen dan telah ditambah 0,06 bsk papain, serta telah disimpan selama 24 jam, akan menghasilkan lateks DPNR dengan kadar

nitrogen jauh lebih rendah dari kadar nitrogen lateks pekat biasa. Secara visual lateks DPNR yang dihasilkan tidak berbeda dengan lateks pekat biasa, karena sama-sama berwarna putih susu. Kadar karet kering (KKK), kadar jumlah padatan (KJP) dan waktu kemantapan mekaniknya hampir sama.

Perbedaan utama diantara lateks DPNR dengan lateks pekat biasa adalah pada kadar nitrogennya, yang jauh lebih kecil, karena sebagian besar proteinnya telah dihidrolisis oleh papain dan hasil hidrolisisnya ikut bersama serum skim ketika lateks perlakuan disentrifus. Kadar nitrogen lateks pekat lebih rendah dari lateks kebun, karena pemekatan menyebabkan sebagian besar protein terlarut ikut terbuang bersama serum. Dikarenakan sebagian besar protein yang menjadi pemacu pembusukan atau peningkatan bilangan ALE telah berkurang, maka bilangan asam lemak eteris (ALE) lateks DPNR juga lebih rendah dari lateks pekat biasa.

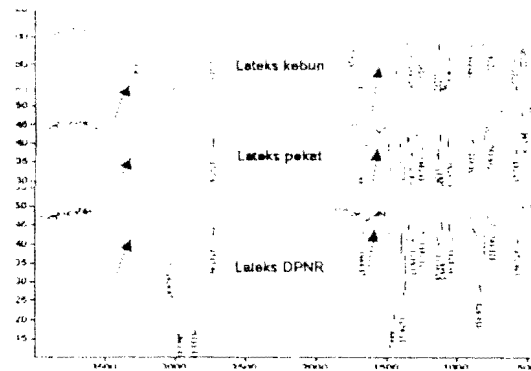
Viskositas Mooney karet mentahnya juga lebih kecil dari lateks pekat biasa, karena molekul karetinya lebih pendek. Kondisi tersebut disebabkan terhidrolisisnya protein yang terikat diantara dua molekul karet menyebabkan putusannya rantai karet. Viskositas Mooney merupakan ukuran viskositas yang digunakan untuk karet mentah, yang menunjukkan panjangnya rantai molekul serta derajat ikatan silang rantai molekulnya. Hasil lengkap analisis lateks pekat dan lateks DPNR yang dihasilkan, beserta lateks kebun pembanding, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Karakteristik lateks DPNR

Parameter	Lateks Kebun	Lateks Pekat	Lateks DPNR
KKK, %	32,2	60,0	60,3
KJP, %	36,5	61,4	62,2
Warna	Putih susu	Putih susu	Putih susu
Bilangan asam lemak eteris (ALE)	-	0,031	0,024
Waktu kemantapan mekanik, detik	-	360	375
Kadar nitrogen, %	0,49	0,28	0,07
Viskositas Mooney, unit	79,1	87,8	76,4

Catatan : - tidak diuji

Lateks kebun, lateks pekat dan lateks DPNR, ketiganya sama-sama mengandung molekul karet alam, yang merupakan polimer dari monomer isopren. Oleh karena itu hasil analisis spektroskopi infra merah keempatnya harus memperlihatkan adanya puncak khas untuk karet alam yaitu puncak pada 2962 cm^{-1} , 2855 cm^{-1} , 1662 cm^{-1} , 1449 cm^{-1} , 1376 cm^{-1} , dan 836 cm^{-1} . Puncak 2962 cm^{-1} dan 2855 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H yang terdapat dalam struktur molekul karet alam, yaitu gugus -CH₃ dan -CH₂. Puncak pada 1662 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C, pada 1449 cm^{-1} dan 1376 cm^{-1} menunjukkan gugus C-H, dan puncak serapan pada 836 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-C. Gambar spektrum lateks kebun, lateks pekat dan lateks DPNR tersebut disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Spektra infra merah lateks kebun, lateks pekat dan lateks DPNR

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa perbedaan diantara ketiga spektrum lateks tersebut hanya pada puncak 3500 cm^{-1} dan 1600 cm^{-1} (tanda panah) yang menunjukkan vibrasi ulur gugus amina (N-H) sekunder dari protein. Pada spektrum lateks kebun intensitas kedua puncak tersebut relatif tajam karena proteinnya masih utuh. Pada lateks pekat, intensitasnya mulai berkurang, sesuai dengan berkurangnya kadar nitrogennya. Pada lateks DPNR, intensitas kedua puncak tersebut sangat lemah, karena sebagian besar proteinnya telah terhidrolisis.

Silisasi lateks DPNR dengan katalis asam sulfat

Uji coba siklisasi dilakukan pada lateks DPNR dengan kadar nitrogen sebesar 0,07% dan pada lateks pekat biasa berkadar nitrogen 0,28%. Kedua lateks tersebut disiapkan dengan menggunakan kombinasi 1 Emlal dan 1 bsk Emulgen sebagai bahan penstabil. Agar tidak menggumpal ketika ditambah asam sulfat pekat dalam proses siklisasi, kedua lateks tersebut masih memerlukan tambahan 2 bsk Emulgen. Asam sulfat yang digunakan adalah asam sulfat teknis kadar 98%, yang ditambahkan sebanyak jumlah tertentu yang menghasilkan kadar asam sulfat dalam serum sebesar 61%. Siklisasi dilakukan dengan cara memanaskan campuran lateks – asam sulfat selama 2,5 jam, dan hasil pengamatannya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil karakterisasi NR siklis dari berbagai jenis lateks

Jenis bahan baku lateks	DPNR	LP
Pengenceran campuran lateks – asam	Fraksi produk segera memisah	Fraksi produk tidak segera memisah
Serum pengenceran lateks perlakuan	Jernih	Keruh keputihan
Penampakan produk		
Ketidak-jenuhan produk	Serbuk putih 0,1927	Krep kecoklatan 0,2590

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa kinerja siklisasi lateks DPNR lebih baik dari kinerja siklisasi lateks pekat. Pada pengenceran, campuran lateks DPNR – asam sulfat segera memisah dengan serum jernih, sedangkan campuran lateks pekat – asam sulfat tidak segera memisah dan serumnya keruh keputihan. Produk NR siklis yang dihasilkan kedua jenis lateks juga berbeda, yang mana NR siklis dari lateks DPNR berupa serbuk putih, sedangkan yang dari lateks

pekat berupa krep kecoklatan. Hasil uji coba siklisasi tersebut memperlihatkan bahwa protein dalam lateks menghambat proses siklisasi, sehingga kinerja siklisasi lateks DPNR lebih baik dari pada kinerja siklisasi lateks pekat biasa yang kadar proteinnya masih tinggi.

SIMPULAN

Enzim papain berfungsi dengan baik menghidrolisis protein dalam lateks alam.

SIMPULAN

Enzim papain berfungsi dengan baik menghidrolisis protein dalam lateks alam. Kombinasi 0,06 bsk papain dengan kombinasi dengan 1 bsk surfaktan Emal / 1 bsk Emulgen sebagai penstabil lateks, paling efektif menghidrolisis protein lateks KKK 10%. Kombinasi tersebut mampu menurunkan kadar nitrogennya dari 0,49% menjadi 0,07%, atau pengurangan sebesar 85,71%. Berkurangnya protein lateks juga dapat diamati dari spektra infra merah lateks DPNR, dimana dari hilang atau berkurangnya puncak transmisi untuk amina (3500 cm^{-1}), yang khas untuk protein.

Secara visual, lateks DPNR tidak berbeda jauh dari lateks pekat biasa, namun viskositas Mooneynya jauh lebih rendah. Selain kadar nitrogen yang jauh lebih rendah, perbedaan lain antara lateks DPNR dengan lateks pekat biasa adalah pada bilangan ALE dan viskositas Mooney yang lebih rendah. Dari uji coba siklisasi dapat diketahui bahwa protein menghambat reaksi siklisasi, sehingga kinerja siklisasi lateks DPNR dengan kadar nitrogen 0,07% lebih baik dari siklisasi lateks pekat biasa. NR siklis yang dihasilkan lateks DPNR berupa serbuk putih dengan ketidak-jenuhan molekul sebesar 0,1927, sedangkan NR siklis dari lateks pekat berupa krep kecoklatan dengan ketakjenuhan sebesar 0,2590

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A. A., I. Sailah dan C. Pandji. 2003. Produksi Karet Alam Berprotein Rendah Dari Lateks Menggunakan papain Sebagai Penghidrolisis Protein. *Jurnal Iptek Material* 3(1), p.24-32.
- BPPK. 1954. Pembuatan Karet Siklo (*Cyclise Rubber*) dari Lateks Pekatan. *Dokumen intern No. LT 37/54*. Balai Penyelidikan dan Pemakaian Karet, Bogor.
- Blackley, D. C. 2000. *High polymer latices. Volume I : Fundamental Principles Their Science and Technology*. McLaren and Son Ltd, London.
- Chin, P.S. and J.F. Smith,. 1974. DPNR – Preparation and Properties. *Rubb. in Engineering Conf. Kuala Lumpur*, 1974.
- Gelling, I.R. 1991. Epoxidised Natural Rubber, *J. Nat Rubb Res.*, 6, 184
- Harrow, B. dan Mazur. 1971. *Texbook of Biochemistry*. W. B. Sownders, Co., Philadelphia, London.

- John, C.K. and S.W. Sin. 1974. Coagulation of Hevea Latex Using Steam. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*. 24(1), 257.
- Kirk, R. E. dan D. F. Othmer. 1953. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol II. The Interscience Publisher Inc., New York.
- Tanaka, Yasuyuki. 1998. A New Approach to Produce Highly Deproteinized Natural Rubber. *Kuliah Tamu Mengenai Karet Alam*, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, Bogor.
- Webster, C. C dan W. J. Baukwill. 1989. *Rubber*. John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Yapa, P.A.J. dan W.A. Lionel. 1980. Some studies on Cyclization of Bromelain Treated Rubber. *Jl. Rubb. Ins. Sri Lanka*, 57 : 7-12.
- Yapa, P.A.J dan S. Yapa. 1984. Recent Developments in The Manufacture of Deproteinized Natural Rubber. *Proceed. Of International Rubber Conference of Srilanka*. 2 (1). 145-160.

TANYA JAWAB

Hendro Martono

- Faktor-faktor apa yang mempengaruhi kandungan protein pada lateks ?
- Setelah mendapatkan produk jadi apa keuntungan bahan lateks berkadar protein tinggi.

Ari Achayar Alfa

- Kandungan protein dalam karet merupakan sifat klon, bergantung pada jenis/ klon asal lateks dan juga dipengaruhi lingkungan.
- Barang jadi berkadar protein rendah, keuntungannya:
 1. Sifat fisika produk lebih baik.
 2. Sifat produk lebih konsisten.
 3. Mengurangi efek alergi protein yang ditimbulkan.

Tetty Chaidamsari

- Sumber papain apa, berapa kemurnian enzim yang digunakan untuk penelitian ini. Seperti pepaya, limbah nenas dapat digunakan ?

Ari Achayar Alfa

- Sumber papain adalah getah buah pepaya yang dikeringkan, tingkat kemurnian = *grade crude* (*crude* papain = papain kasar). Limbah nenas yang

mengandung bromelein juga dapat digunakan.

Masrukan

- Banyak tanaman karet yang sudah ditebang menjadi perumahan atau daerah industri. Darimana karet-karet yang diolah oleh industri karet sekarang ini ?

Ari Achyar Alfa

- Pabrik karet yang tidak punya kebun karet, biasanya memperoleh bahan baku dari rakyat atau tengkulak/ pedagang BOKAR (bahan olah karet rakyat).

Sukar

- Keekonomian karet alam dan sintesis ?

Ari Achyar Alfa

- Karet alam mempunyai keunggulan daya lenting dan elastisitas, tapi tidak tahan panas dan ozon, karena mudah teroksidasi dan mengembang dalam pelarut organik.
- Karet sintesis biasanya dibuat dengan keunggulan sifat tertentu (misalnya: bahan minyak), tapi dibuat dari turunan minyak bumi yang semakin langka dan semakin mahal, akibatnya karet alam semakin kompetitif. Apalagi sifat karet alam juga dapat dimodifikasi.