

POTENSI DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN LATEKS DI INDONESIA



**POTENSI DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN
LATEKS DI INDONESIA**

POTENSI DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN LATEKS DI INDONESIA

Penyusun :
Juniaty Towaha
Syafaruddin



**INDONESIAN AGENCY FOR AGRICULTURAL RESEARCH
AND DEVELOPMENT (IAARD) PRESS
2016**

POTENSI DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN LATEKS DI INDONESIA

Cetakan 2016

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
©Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2016

Katalog dalam terbitan

TOWAHA, Juniaty

Potensi Diversifikasi Pemanfaatan Lateks di Indonesia /Penyusun,
Juniaty Towaha dan Syafaruddin.--Jakarta: IAARD Press, 2016.
xii, 92 hlm.: ill.; 25 cm

ISBN 978-602-344-168-6

1. Karet 2. Diversifikasi 3. Lateks
I. Judul II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
III. Towaha, Juniaty IV. Syafaruddin

633.912

Editor:

Dr. Budi Martono, M.Si.

Dr. Ir. Samsudin, M.Si.

Redaksi Pelaksana:

Dermawan Pamungkas, A.Md.

Arifa Nofriyaldi Chan

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp: +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp.: +62 251 8321746, Faks.: +62 251 8326561
e-mail: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

ANGGOTA IKAPI NO: 445/DKI/2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas RahmatNya bahwa Buku Potensi Diversifikasi Pemanfaatan Lateks di Indonesia ini dapat selesai disusun. Seperti diketahui sekitar 90% produksi karet alam Indonesia diekspor ke mancanegara dan hanya sekitar 10% yang dikonsumsi di dalam negeri. Sebagian besar dari karet alam yang diekspor ke berbagai negara masih dalam bentuk bahan baku yang belum diolah lebih lanjut. Padahal, jika komoditas tersebut diolah lanjut terlebih dahulu, akan memberikan dampak ganda bagi perekonomian negeri ini yaitu berupa peningkatan nilai tambah produk itu sendiri, serta terjadinya penyerapan tenaga kerja dengan adanya pengolahan bahan baku karet alam tersebut menjadi berbagai produk. Dengan demikian akan semakin meningkatkan daya saing karet dan produk dari karet Indonesia di pasar internasional.

Buku ini menyajikan beberapa pemanfaatan lateks di Indonesia, berikut potensi diversifikasi pemanfaatannya terutama untuk menunjang pembangunan infrastruktur di Indonesia seperti bahan campuran aspal jalan, *dock fender* fasilitas pelabuhan, *rubber pads* rel kereta api, bantalan jembatan dan komponen *water stop* pada bendungan. Selain itu juga berbagai berbasis karet alam lainnya yang dapat dikembangkan seperti karpet untuk sapi (*cow mat*), genteng karet dan paving block.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan buku ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, saran dan kritik untuk pengembangan buku kedepan ini sangat kami harapkan. Terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya bagi semua pihak yang telah membantu sehingga buku ini dapat tersusun dan terbit. Akhir kata, semoga buku ini dapat bermanfaat dalam upaya meningkatkan maupun mengembangkan industri karet alam di Indonesia.

Sukabumi, November 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
BAB II. SEKILAS INDUSTRI KARET ALAM INDONESIA.....	5
BAB III. MODIFIKASI KARET ALAM.....	10
BAB IV. LATEKS KEBUN	13
BAB V. PENGOLAHAN LATEKS.....	16
BAB VI. POTENSI DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN LATEKS	45
BAB VII. INDUSTRI BARANG JADI KARET BERBAHAN BAKU LATEKS YANG BERKEMBANG INDONESIA.....	62
PENUTUP	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
INDEX	89
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	91

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Komposisi lateks kebun hasil sadapan	15
Tabel 2. Fraksi yang menyusun lateks yang dipusingkan	15
Tabel 3. Standar mutu lateks pekat berdasarkan ASTM dan ISO	19
Tabel 4. Standar mutu lateks pekat berdasarkan SNI 06-3139-1992	20
Tabel 5. spesifikasi standar karet alam berprotein rendah (DPNR).....	30
Tabel 6. spesifikasi standar karet siklo	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Status pengusahaan perkebunan karet di Indonesia	2
Gambar 2. Negara produsen karet dunia.....	2
Gambar 3. Pengelompokan industri karet.....	5
Gambar 4. Pohon industri berbasis karet.....	7
Gambar 5. Struktur molekul 1,4 cis poliisoprena.....	13
Gambar 6. Partikel karet dalam lateks.....	14
Gambar 7. Pengolahan lateks pekat.....	19
Gambar 8. Proses vulkanisasi lateks alam dengan radiasi.....	21
Gambar 9. Iradiator lateks di PATIR BATAN.....	22
Gambar 10. Kompleks struktur protein-poliisoprena-lipid pada partikel karet alam	26
Gambar 11. Diagram alir proses pembuatan lateks DPNR.....	29
Gambar 12. Perubahan struktur molekul karet alam menjadi keret - siklo.....	32
Gambar 13. Reaksi siklisasi karet alam menghasilkan karet alam siklo	33
Gambar 14. Diagram alir proses pembuatan karet siklo	36
Gambar 15. Mekanisme degradasi polimer	37
Gambar 16. Mekanisme pemutusan molekul karet alam oleh hidrogen peroksida.....	39
Gambar 17. Reaksi depolimerisasi pembentukan LNR	40
Gambar 18. Diagram alir proses pembuatan lateks depolimerisasi	42
Gambar 19. Reaksi epoksidasi karet alam.....	43
Gambar 20. Lateks K-Pravul	48
Gambar 21. Pencampuran lateks K-Pravul dengan aspal.....	48
Gambar 22. Percobaan penghamparan aspal dengan aditif lateks K-Pravul	49
Gambar 23. Rubber ped untuk jalan Kereta Api.....	51
Gambar 24. Rubber fender untuk pelabuhan besar.....	53
Gambar 25. Rubber fender untuk dermaga kecil	53
Gambar 26. Rubber fender di pelabuhan	54
Gambar 27. Karet bantalan jembatan	55
Gambar 28. Elastomeric Bearing Pad pada jembatan	55
Gambar 29. Bendungan karet.....	58
Gambar 30. Trotoar karet di Washington USA.....	59
Gambar 31. Paving block karet.....	60
Gambar 32. Genteng karet	61
Gambar 33. Sarung tangan lateks	62
Gambar 34. Karet busa alam.....	66
Gambar 35. Karet gelang	68
Gambar 36. Sol sepatu	69
Gambar 37. Sebutret.....	75

Gambar 38. Alat balls mills	76
Gambar 39. Alat pemeraman (<i>storage</i>)	76
Gambar 40. Mesin dipping	77
Gambar 41. Proses dipping	78
Gambar 42. Mesin thumbing	79
Gambar 41. Pengemasan	80

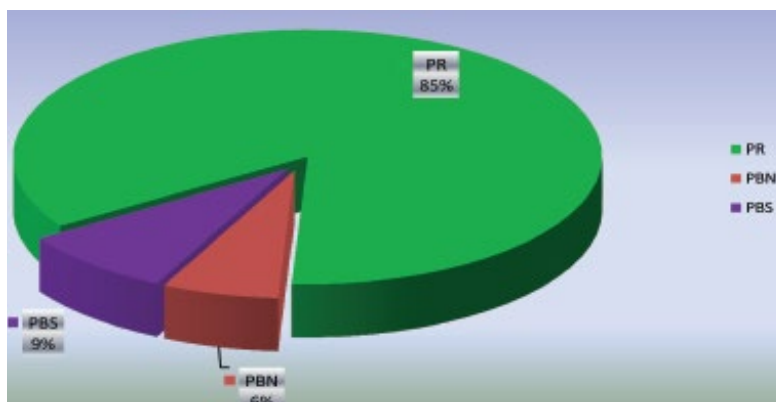
I. PENDAHULUAN

Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Erg.) merupakan salah satu komoditi perkebunan penting bagi Indonesia, baik sebagai sumber pendapatan, kesempatan kerja dan devisa, pendorong pertumbuhan ekonomi sentra-sentra baru di wilayah sekitar perkebunan karet maupun pelestarian lingkungan dan sumberdaya hayati (Balitbang Deptan, 2007). Komoditas karet dan produk dari karet Indonesia merupakan komoditi ekspor perkebunan andalan kedua setelah CPO (*crude palm oil*) kelapa sawit (Ditjenbun, 2012).

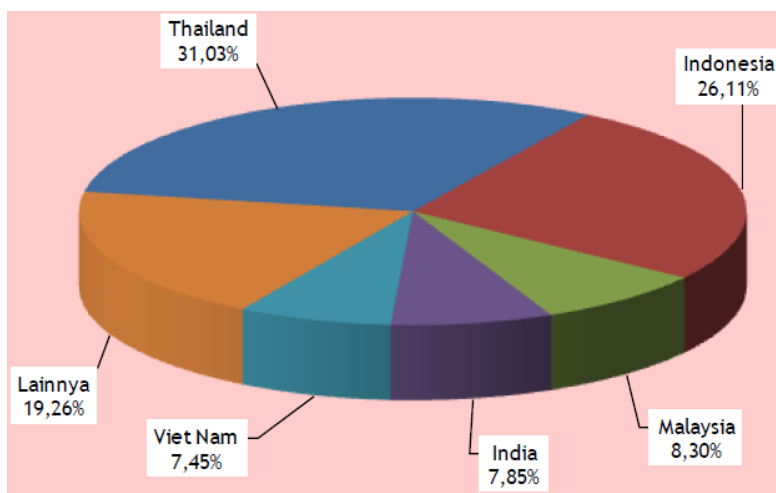
Ditjenbun (2016) menyatakan bahwa berdasarkan status pengusahaannya, luas areal perkebunan karet di Indonesia didominasi oleh Perkebunan Rakyat (PR) yang mencapai 85% dari total luas areal karet Indonesia, adapun Perkebunan Besar Negara (PBN) hanya sebesar 6% dan Perkebunan Besar Swasta (PBS) sebesar 9% (Gambar 1). Seperti halnya luas areal, produksi karet di Indonesia juga didominasi oleh PR dengan kontribusi rata-rata sebesar 76,32% terhadap produksi karet nasional pada periode 1980-2014, adapun PBS hanya sebesar 11,49%, dan PBN sebesar 12,18% terhadap total produksi karet nasional (Pusdatin Pertanian, 2015). Pada tahun 2014 dari luasan areal 3.606.245 hektar perkebunan karet di Indonesia dihasilkan produksi sebesar 3.153.186 ton (Ditjenbun, 2016).

Berdasarkan data FAO, walaupun Indonesia mempunyai area perkebunan karet terluas di dunia, tetapi negara produsen ke dua karet di dunia setelah Thailand (Gambar 2). Hal tersebut terjadi dikarenakan produktivitas karet Indonesia sangat rendah yaitu sebesar 821,59 kg/ha, berada pada posisi ke 5 (lima) setelah Vietnam, Thailand, Cambodia dan Malaysia. Bandingkan dengan produktivitas karet Vietnam dan Thailand yang masing-masing sebesar 1.718,85 Kg/Ha dan 1.624,62 Kg/Ha (Pusdatin Pertanian, 2015). Rendahnya produktivitas karet di Indonesia disebabkan

perkebunan karet di Indonesia sebagian besar merupakan perkebunan rakyat yang diantaranya sudah tua dan tidak produktif, penggunaan bibit bukan klon unggul serta kondisi kebun yang kurang terawat.



Gambar 1. Status pengusahaan perkebunan karet di Indonesia
Sumber : Ditjenbun (2016)



Gambar 2. Negara produsen karet dunia
Sumber : Pusdatin Pertanian (2015)

Dari segi pasar, produksi karet Indonesia terutama ditujukan untuk meningkatkan ekspor serta memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pusdatin

Pertanian (2015) dan Ditjenbun (2016) menyatakan bahwa sekitar 90% produksi karet alam Indonesia diekspor ke mancanegara dengan kontribusi devisa senilai US\$ 4,7 miliar pada 2014 dan hanya sekitar 10% yang dikonsumsi di dalam negeri. Sangat disayangkan bahwa Indonesia hanya mengekspor dalam bentuk produk primer yaitu karet spesifikasi teknis SIR (*Standard Indonesian Rubber*) sebanyak 96,9%, karet sit asap RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) sebanyak 2,6%, dan lateks pekat sebanyak 0,5% (Pusdatin Pertanian, 2015), sehingga volume ekspor dalam bentuk produk primer tersebut merupakan salah satu penyebab lemahnya posisi tawar karet alam Indonesia di pasar dunia. Keadaan ini menyebabkan perkembangan karet alam sebagai komoditas ekspor sangat bergantung pada kondisi perekonomian global. Krisis ekonomi global yang menyebabkan terpuruknya industri dunia, termasuk industri otomotif yang mengkonsumsi lebih dari 70% karet alam dunia, menyebabkan melemahnya ekspor dan jatuhnya harga karet.

Untuk mengatasi kondisi demikian dan sebagai antisipasi krisis di masa mendatang, maka sangat diperlukan diversifikasi pengolahan karet alam yang semakin ke hilir, mengingat bahwa sebagian besar dari karet alam yang diekspor ke berbagai negara masih dalam bentuk bahan baku yang belum diolah lebih lanjut. Adanya berbagai diversifikasi pengolahan karet alam diharapkan dapat meningkatkan konsumsi karet alam di Indonesia. Keberhasilannya bukan hanya akan berdampak pada peningkatan posisi tawar karet alam Indonesia di kancah internasional, tetapi juga akan memberikan dampak berantai bagi perekonomian negeri ini berupa peningkatan nilai tambah produk itu sendiri, terjadi penyerapan tenaga kerja dengan adanya diversifikasi produk, disamping mengembalikan gairah para petani karet yang sempat menurun, untuk kembali mengusahakan perkebunan karet rakyatnya dengan baik.

Disamping itu penggunaan karet dan penguatan industri karet memiliki sisi positif lainnya, yaitu mempertahankan keberlanjutan perkebunan karet yang sangat penting bagi terciptanya udara bersih dunia, mengingat faktanya tanaman karet menyerap polusi CO₂ di udara sekitar 35 ton/ha/tahun atau setara dengan 35 *carbon credit*, dan menghasilkan oksigen sekitar 23 ton/ha/tahun yang dibutuhkan tidak hanya oleh manusia, tetapi juga oleh semua makhluk hidup di dunia (Jacob dan Matthew, 2006; Cahyo *et al.*, 2016).

II. SEKILAS INDUSTRI KARET ALAM INDONESIA

Saat ini produk ekspor karet alam Indonesia merupakan produk industri hulu setengah jadi (produk industri antara) dalam bentuk produk primer (*raw material*) karet remah SIR (*Standard Indonesian Rubber*) sebanyak 96,9%, RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) sebanyak 2,6% dan lateks pekat sebanyak 0,5%, yang merupakan 90% dari total produksi karet alam Indonesia (Pusdatin Pertanian, 2015). Jika dibandingkan dengan negara-negara produsen utama karet alam lainnya seperti Thailand dan Malaysia, maka ragam produk karet alam yang dihasilkan dan diekspor Indonesia tersebut terbilang lebih sedikit (Balitbang Pertanian, 2007). Oleh karena itu nilai ekspor yang dapat diraih Indonesia tentu jauh di bawah negara yang sudah menghasilkan dan mengeksport beragam produk karet olahan.

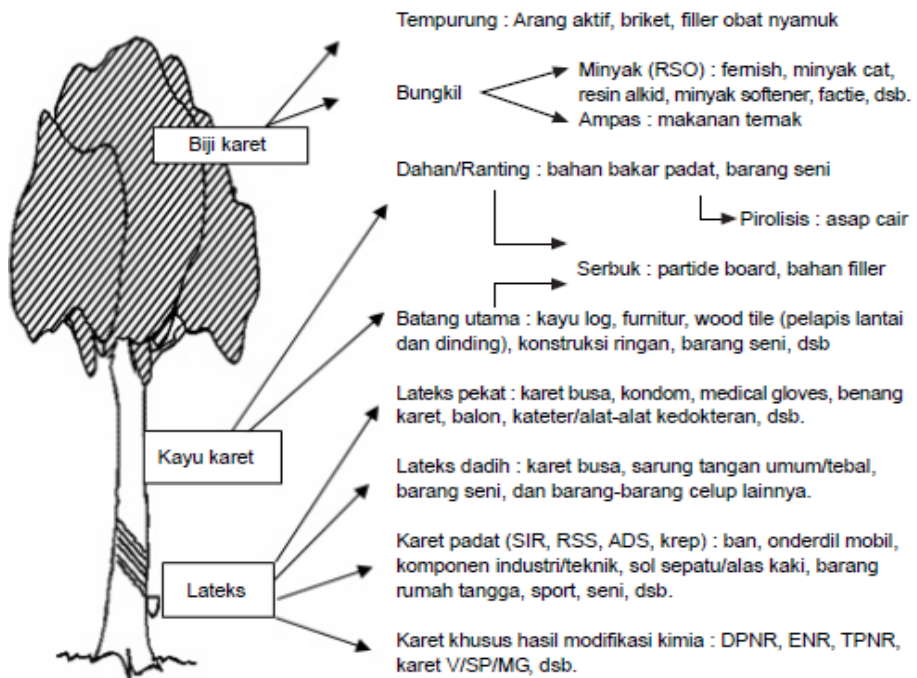


Gambar 3. Pengelompokan industri karet
Sumber : Pusdatin Perindustrian (2008)

Sebagian besar yaitu 90% dari total produksi karet alam Indonesia untuk ekspor, karenanya baru sebatas 10% dari total produk karet alam Indonesia yang sudah diolah menjadi produk hilir yang terserap di dalam negeri, dengan produk yang sebagian besar yaitu 90% berupa ban kendaraan bermotor, sedangkan sisanya 10% merupakan produk industri vulkanisir, sarung tangan, peralatan rumah tangga, peralatan olahraga dan lain-lain. Bandingkan dengan Malaysia sebagai produsen karet alam terbesar ketiga, yang telah mampu melakukan hilirisasi domestik sebesar 43% dari total produksi karet alamnya (Fauzi, 2013). Pemanfaatan karet alam di luar industri ban kendaraan di Indonesia masih relatif kecil, mengingat industri karet di luar ban umumnya dalam skala kecil atau menengah. Sementara itu, industri berbasis lateks pada saat ini belum berkembang karena banyak menghadapi kendala yaitu rendahnya daya saing produk industri lateks Indonesia bila dibandingkan dengan produsen lain terutama Malaysia (Pusat Kebijakan Ekonomi Makro, 2012).

Belum berkembangnya industri hilir di Indonesia yang mendorong sebagian besar karet alam Indonesia lebih banyak diekspor. Pada titik ini sesungguhnya merupakan suatu tantangan, sehingga sudah seharusnya pemerintah dapat mendorong industri hilir karet dapat lebih berkembang lagi, sehingga nilai tambah dari karet dapat mencapai besaran yang lebih tinggi. Oleh karena itu, di balik tantangan inilah sesungguhnya letak peluang bisnis hilirisasi industri karet alam mengingat pasar yang cukup potensial dan kompetisi antar produsen di Indonesia yang relatif masih terbatas. Banyak produk turunan yang dapat dikembangkan dari karet alam yang saat ini belum banyak dikembangkan di Indonesia (Gambar 4), seperti misalnya karet khusus hasil modifikasi kimia ENR (*epoxidized natural rubber*), karet siklo, karet depolimer (karet viskositas rendah), dimana teknologi modifikasi kimia karet alam pada fasa lateks dinilai lebih ekonomis menguntungkan dan paling tepat untuk diterapkan di negara penghasil

lateks seperti Indonesia, karena teknologinya relatif murah dan sederhana, serta ketersediaan bahan baku lateks berlimpah, apalagi peluang pasarnya cukup terbuka (Alfa *et al*, 2007; Cifriadi *et al*, 2011; Handayani *et al*, 2011).



Gambar 4. Pohon industri berbasis karet
 Sumber : Balitbang Pertanian (2007)

Dalam beberapa tahun terakhir ini harga karet alam turun pada level yang begitu rendah sehingga petani karet merasakan dampaknya, sedangkan perusahaan besar pada tingkat usaha yang merugi. Hal ini terjadi karena rendahnya serapan karet alam akibat melemahnya perekonomian dunia. Upaya yang dapat dilakukan diantaranya adalah peningkatan serapan karet alam di dalam negeri. Oleh karena itu, pemerintah (Kementerian Pertanian, Kementerian Perdagangan, Kementerian Perindustrian,

Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian Perhubungan dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) pada tahun 2015 mengeluarkan siaran pers bersama yang intinya pemerintah akan makin intensif mendorong peningkatan pemanfaatan karet alam untuk kebutuhan di dalam negeri serta mengembangkan industri pengolahan karet alam, khususnya yang dapat mendukung pembangunan infrastruktur nasional (Kemendag, 2015).

Beberapa proyek infrastruktur yang tengah disiapkan pemerintah, berpotensi memanfaatkan produk berbasis karet alam antara lain *dock fender* dalam program pembangunan fasilitas pelabuhan, bahan campuran aspal jalan, *rubber pads* rel kereta api dan bantalan jembatan, bendung karet dan komponen *water stop* dalam pembangunan bendungan, serta komponen pintu irigasi dan pengembangan rawa. Selain produk yang mendukung pembangunan infrastruktur nasional, produk-produk berbasis karet alam lainnya yang dapat dikembangkan di dalam negeri yaitu karpet untuk sapi (*cow mat*), genteng karet, paving block/coneblock, bearing bangunan anti gempa, penguatan tebing, kasur lateks, dan banyak lainnya (Kemendag, 2015).

Melalui program peningkatan pemanfaatan karet alam domestik ini, diharapkan produk-produk berbasis karet alam yang dihasilkan lebih beragam. Bukan hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik saja, melainkan juga untuk meningkatkan ekspor bernilai tambah. Dengan demikian, maka dapat menyumbang devisa lebih besar, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap harga karet alam internasional, serta mempertahankan keberlanjutan perkebunan karet alam Indonesia khususnya perkebunan karet rakyat.

Karet merupakan kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia sehari-hari, hal ini terkait dengan mobilitas manusia dan barang yang memerlukan komponen yang terbuat dari karet seperti ban kendaraan,

conveyor belt, sabuk transmisi, sepatu, sandal karet dan sebagainya (Whelan dan Lee, 1979; Blow dan Hepburn, 1982). Oleh karena itu, industri karet alam di masa datang akan mempunyai prospek yang semakin cerah, terutama dengan berkembang pesatnya beberapa negara yang mengembangkan industri automotif seperti Jepang, Korea Selatan, China, India dan beberapa negara lainnya (Ragimun, 2012). Disamping itu, adanya kesadaran akan kelestarian lingkungan dan sumberdaya alam, kecenderungan penggunaan *green tyre*, meningkatnya industri polimer pengguna karet alam, serta semakin langka sumber sumber minyak bumi dan semakin mahalnya harga minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan karet sintesis. Tentu hal ini akan menjadi peluang yang baik bagi Indonesia mengeksport karet dan hasil olahan industri karet yang ada di Indonesia ke negara lainnya.

Sehubungan dengan itu, maka pemerintah harus melakukan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, peningkatan produktivitas kebun karet, peningkatan kualitas bahan olah karet, penyediaan insentif bagi investasi produk-produk berbahan baku karet nasional, kemudahan dalam memperoleh permodalan, pengembangan dan perluasan pasar domestik serta pasar luar negeri melalui berbagai pameran, promosi maupun expo.

III. MODIFIKASI KARET ALAM

Menurut Blow dan Hepburn (1982) keuntungan dalam penggunaan karet alam sebagai bahan dasar pembuatan barang jadi karet adalah adanya keunggulan karet alam berupa kepegasan pantul yang baik, tegangan putus yang tinggi, daya lengket yang istimewa, fleksibilitas pada suhu rendah yang baik, ketahanan sobek yang sangat baik, dan ketahanan kikis yang cukup baik. Adapun kelemahan karet alam yang dapat membatasi penggunaannya di berbagai bidang adalah ketahanan yang rendah terhadap minyak dan pelarut hidrokarbon. Selain itu juga tidak tahan terhadap panas, ozon, dan sinar matahari yang dapat mempengaruhi karakteristik mekanismenya (Fessenden dan Fessenden, 1983; Phinyocheep, 2014).

Kelemahan tersebut disebabkan struktur *cis*-1,4-poliisoprena dari karet alam mempunyai ketidakjenuhan yang tinggi, yaitu mengandung sekitar 15.000-20.000 ikatan rangkap pada rantai molekulnya (Morton, 1987; Sethuraj dan Mathew. 1992). Disamping itu, karet alam bersifat non polar, yang mengakibatkan karet alam tidak tahan terhadap minyak (Phinyocheep dan Boonjairaak, 2006).

Mengingat bahwa pemakaian karet alam secara langsung dalam kehidupan manusia sangat terbatas oleh sifat-sifat kelemahannya tersebut. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan dan meningkatkan pemakaian produk karet alam dalam bidang yang lebih luas, maka perlu dilakukan modifikasi terhadap struktur karet alam menjadi material yang mempunyai kelemahan seminimal mungkin.

Teknologi modifikasi struktur molekul karet alam secara kimia maupun fisika telah lama dikembangkan para ahli teknologi polimer. Modifikasi struktur secara fisika dapat dilakukan dengan cara interaksi molekul karet alam dengan karet sintetis yang mempunyai keunggulan yang tidak dimiliki oleh karet alam, sedangkan modifikasi secara kimia pada karet alam dapat

dilakukan dengan mereaksikan bahan kimia tertentu sehingga dapat mengubah struktur molekul karet alam seperti siklisasi, epoksidasi, depolimerisasi, hidrogenasi, klorinasi, adisi dan pencangkakan (*grafting*) (Gelling, 1986; Phinyocheep, 2014).

Menurut Sethuraj dan Mathew (1992) modifikasi kimia karet alam dapat digolongkan ke dalam beberapa kategori, yaitu (1) modifikasi molekul tanpa penambahan atau pengikatan senyawa kimia lain, seperti siklisasi, isomerisasi cis-trans, dan depolimerisasi; (2) penempelan gugus fungsional pada molekul karet alam melalui reaksi adisi dan substitusi pada ikatan rangkap olefinik; (3) pencangkakan (*grafting*) rantai polimer lain pada molekul karet.

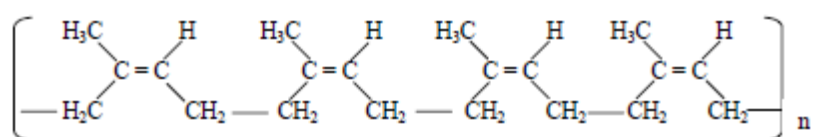
Baker dan Barnard (1986) menyatakan bahwa pertimbangan umum aspek teknologis dan komersial yang harus dipenuhi dalam melakukan modifikasi kimiawi karet alam yaitu (1) katalis yang digunakan tidak teracuni oleh komponen non karet yang terdapat di dalam karet alam; (2) reaksi yang berlangsung dapat dilakukan secara efisien; (3) tidak melibatkan perubahan struktur molekul lain selain perubahan yang diharapkan; dan (4) bahan dan proses modifikasi harus dapat dilakukan dengan biaya seminimal mungkin.

Indonesia merupakan negara utama penghasil karet alam di dunia, namun konsumsi di dalam negeri masih rendah hanya sekitar 10% dari total produksinya. Adapun langkah-langkah yang dapat ditempuh untuk meningkatkan penggunaan karet alam tersebut adalah melalui pengembangan produk karet untuk industri barang jadi karet alam serta diversifikasi produk karet alam. Salah satu bentuk diversifikasi produk karet alam yang dapat dilakukan adalah dengan memodifikasi struktur molekul karet alam secara fisika ataupun kimia sehingga menghasilkan material baru yang mempunyai karakteristik unik untuk penggunaan yang baru dan lebih luas.

Keberhasilan modifikasi kimia karet alam, diharapkan menghasilkan material yang mampu bersaing dengan material impor sejenis dari polimer karet sintetis SBR (*styrena butadiena rubber*) dan NBR (*nytrile butadiene rubber*) yang selama ini banyak digunakan dalam berbagai industri karet di Indonesia. Keberhasilan pemanfaatannya juga merupakan diversifikasi pemanfaatan karet alam, yang selain akan menghemat devisa dan meningkatkan nilai tambah karet alam, secara tidak langsung akan meningkatkan konsumsi domestik karet alam.

IV. LATEKS KEBUN

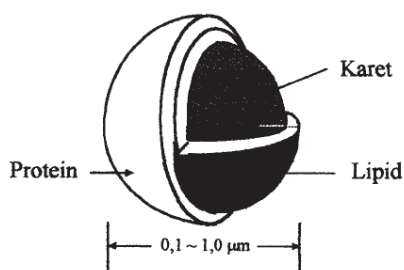
Karet alam (*natural rubber*) yang dikenal dalam dunia perdagangan merupakan karet hasil penggumpalan getah atau lateks kebun hasil sadapan dari pohon karet *Hevea brasiliensis* Muell Erg. (Alfa, 2002a). Lateks kebun merupakan cairan berwarna putih seperti susu atau putih kekuning-kuningan tergantung pada jenis klonnya. Cairan lateks merupakan sistem koloid yang sangat kompleks yang terdiri dari hidrokarbon karet, karbohidrat, protein, lipid, karoten, garam-garam, mineral, enzim dan berbagai bahan lain (Sethuraj dan Mathew, 1992; Tanaka, 1998). Morton (1987) menyatakan bahwa fasa terdispersi dalam lateks berupa molekul-molekul hidrokarbon terdiri dari satuan isoprena (C_5H_8) membentuk poliisoprena (C_5H_8) (partikel karet) yang terdispersi pada media cair yang disebut serum (partikel non karet). Menurut Tanaka (1998) partikel karet terdiri dari hidrokarbon karet yang diselimuti senyawa lipid dan protein dengan diameter 0,1-1,0 μm seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Struktur molekul 1,4 cis poliisoprena
Sumber : Morton (1987)

Pada tanaman karet lateks terdapat dalam pembuluh lateks yang terletak pada bagian kulit pohon dan diperoleh dengan cara menyadap pohon tersebut. Penyadapan dilakukan dengan cara melukai kulit pohon dengan kemiringan 25°-35° diantara batang dan kambium, dimana saat pohon karet disadap, lateks mengalir dengan cepat, lalu makin lama makin lambat dan akhirnya terhenti setelah beberapa saat. Terhentinya aliran

lateks disebabkan adanya penyumbatan pada ujung-ujung pembuluh, adanya penyumbatan disebabkan terjadinya penggumpalan lateks dalam pembuluh tersebut (Sethuraj dan Mathew, 1992).



Gambar 6. Partikel karet dalam lateks
Sumber : Tanaka (1998)

Morton (1987) dan Tanaka (1998) menyatakan bahwa jika dibiarkan tanpa dilindungi bahan pengawet, lateks kebun akan mudah menggumpal secara alami, karena mengalami dehidrasi atau terjadinya penurunan muatan listrik, membentuk fase gel yang disebut karet padat. Penurunan muatan listrik koloid lateks dapat terjadi disebabkan adanya penurunan pH lateks, penambahan elektrolit, penambahan zat giat permukaan, dan pengaruh enzim protease yang menyerang lapisan pelindung protein partikel lateks. Disamping itu, penggumpalan alami juga dapat terjadi karena terbentuknya asam lemak eteris yang dapat menurunkan pH lateks, atau karena terjadinya garam yang tak larut antara asam lemak tinggi dengan ion-ion logam yang ada dalam lateks (Alfa, 2002). Adapun komposisi kandungan dalam lateks kebun secara umum tertera pada Tabel 1.

Menurut Suparto (2002) susunan dan kandungan bahan dalam lateks dapat terlihat jelas jika dilakukan proses pemusingan (*centrifuging*). Pemusingan dengan kecepatan putar rendah 2.000 rpm dapat memisahkan lateks kebun menjadi 2 fraksi yaitu pada bagian atas terdapat fraksi

berwarna putih dan di bagian bawah terdapat fraksi berwarna kuning. Dua fraksi tersebut dipisahkan oleh lapisan berwarna kuning-jingga, yang terdiri dari partikel Frey-Wyssling. Apabila lateks kebun dipusingkan pada 18.000 rpm selama 60 menit, maka lateks akan terpisah menjadi 4 fraksi dengan urutan dari bagian atas ke bawah (Tabel 2).

Tabel 1. Komposisi lateks kebun hasil sadapan

Komponen	Kandungan (%)
Hidrokarbon karet	35,62
Lemak, lilin dan resin (ekstrak aseton)	1,65
Protein	2,03
Karbohidrat	0,34
Abu	0,70
Air	59,62

Sumber : Stern (1954)

Tabel 2. Fraksi yang menyusun lateks yang dipusingkan

Lateks Kebun Segar	Fraksi Karet (35 %)	Karet Protein Lipid Ion logam
	Fraksi Frey Wyssling (5 %)	Karotenoida Lipid
	Serum (50 %)	Air Karbohidrat dan inositol Protein dan turunannya Senyawa nitrogen Asam nukleat dan nukleosida Ion anorganik Ion logam
	Fraksi Dasar (10 %)	Lutoid (vakuolisom)

Sumber : Suparto (2002)

V. PENGOLAHAN LATEKS

5.1. Lateks Pekat

Whelan dan Lee (1979) serta Blow dan Hepburn (1982) menyatakan bahwa lateks kebun umumnya mengandung kadar karet kering (KKK) antara 25-35%, lateks ini belum dapat dipasarkan karena masih terlalu encer dan belum sesuai untuk digunakan sebagai bahan industri karet, mengingat sebagian besar proses pembuatan barang jadi asal lateks memang memerlukan lateks berkadar karet tinggi, dengan $KKK \geq 60\%$. Dengan demikian lateks ini perlu dipekatkan terlebih dahulu hingga memiliki $KKK \geq 60\%$, dimana lateks dengan $KKK \geq 60\%$ dikenal dengan sebutan lateks pekat (*concentrated latex*). Lateks pekat merupakan bahan baku industri karet yang paling fleksibel dibandingkan dengan karet sit ataupun karet remah yang telah tersedia dalam bentuk tertentu. Namun demikian, bentuk lateks pekat mempunyai beberapa kerugian karena volumenya cukup besar dan masih mengandung kadar air yang cukup tinggi, yang menimbulkan kesulitan dalam pengangkutan dan meningkatkan biaya transportasi (Tim Penulis PS, 1992; Setyamidjaja, 1993).

Lateks pekat merupakan produk olahan lateks alam yang dibuat dengan proses tertentu. Pemekatan lateks alam dilakukan dengan menggunakan empat cara yaitu : (1) pemusingan (*centrifuging*); (2) pendadahan (*creaming*); (3) penguapan (*evaporating*); dan (4) elektrodekantasi. Diantara keempat cara tersebut pemusingan dan pendadahan merupakan cara yang telah dikembangkan secara komersial sejak lama, dimana metode pemusingan merupakan metode yang paling lazim dipakai (Blow dan Hepburn, 1982; Tim Penulis PS, 1992; Setyamidjaja, 1993). Keuntungan cara pemekatan dengan menggunakan alat pemusing adalah lateks pekat yang diperoleh mengandung sedikit zat padat

yang ada dalam serum dan juga kadar protein yang rendah, serta bebas dari kotoran dan endapan.

Untuk mencegah terjadinya proses penggumpalan dan agar lateks dapat disimpan lama, maka lateks pekat diberi bahan pengawet yaitu amoniak. Berdasarkan kandungan pengawet amoniak, terdapat 2 jenis lateks pekat yaitu (1) lateks pekat amoniak tinggi (*high ammoniated latex*); dan (2) lateks pekat amoniak rendah (*low ammoniated latex*).

5.1.1. Pengolahan lateks pusingan

Pada umumnya pengolahan lateks pekat dengan cara pusingan ditujukan untuk memproduksi lateks pekat amonia tinggi (*HA latex*), dengan urutan pengolahan sebagai berikut :

- Penerimaan lateks kebun. Lateks diterima dalam bak penerimaan melalui saringan 80 mesh, diukur jumlahnya dan diaduk merata. Kemudian diambil contoh untuk menentukan KKK dan kadar VFA-nya. Selanjutnya pada lateks ditambahkan 2-3 g amoniak per liter lateks dan dilakukan pengadukan.
- Pemusingan. Lateks dimasukkan ke dalam alat pusingan (*centrifuge*) dengan kecepatan 6.000-7.000 rpm, sehingga terpisah menjadi dua bagian yaitu lateks pekat dan serum. Lateks pekat hasil pemusingan dialirkan menuju tangki pencampur untuk dibubuhi bahan pemantap berupa larutan 10-20% NH₄-Laurat dengan dosis 0.05% untuk meningkatkan kemantapan lateks pekat. Selanjutnya lateks pekat ditambah NH₃ sehingga kadar NH₃ dalam lateks menjadi $\geq 0,7\%$.
- Penyimpanan lateks pekat. Lateks pekat hasil pusingan walaupun telah ditambah bahan pemantap masih belum siap dipasarkan. Lateks pekat perlu diperam dahulu selama 2 minggu, agar bahan pemantap berfungsi efektif. Selama pemeraman perlu dilakukan

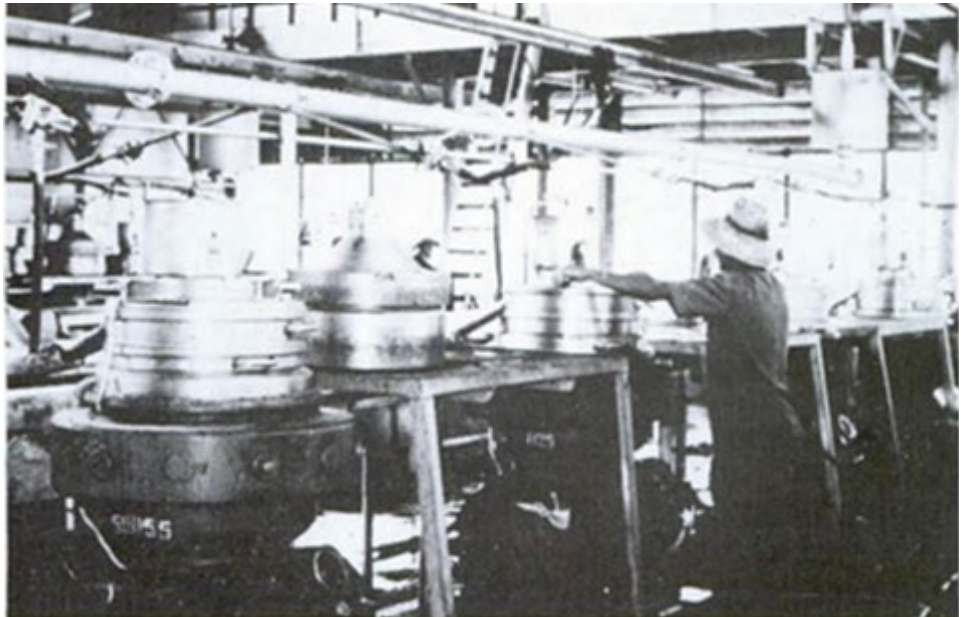
pengadukan setiap hari untuk menjaga agar tidak terjadi pengendapan.

- Pengemasan. Pada umumnya pengemasan lateks pekat dilakukan dalam drum besi atau plastik dengan volume 200 liter.

5.2.2. Pengolahan lateks dadih

Metode pemekatan lateks menggunakan bantuan bahan kimia yang berperan sebagai bahan pendadih. Urutan pengolahan lateks dadih adalah sebagai berikut :

- Penerimaan lateks kebun. Lateks diterima dalam tangki-tangki melalui saringan. Lateks harus telah diawetkan dengan bahan pengawet sedini mungkin yaitu dengan menambahkan NH_3 dengan kadar 0.7%.
- Pendadihan. Bahan lateks dimasukkan ke dalam tangki pendadihan. Kemudian dibubuhi bahan pendadih yaitu 140 ml larutan tepung Konyaku 1% atau 60 ml larutan Amonium Alignat 1% untuk setiap liter lateks. Kemudian diaduk merata dengan alat pengaduk kecepatan 200-400 rpm selama 20-60 menit. Selanjutnya didiamkan selama 3-4 minggu untuk memberi kesempatan partikel-partikel karet terkumpul pada bagian atas dan skim di bagian bawah. Skim dan bagian bawah dikeluarkan untuk dialirkan ke dalam bak pengumpul skim. Proses pendadihan yang baik akan menghasilkan skim berkadar karet antara 3-5%.
- Penyimpanan dan pengemasan. Penyimpanan dan pengemasan lateks dadih sama seperti yang dilaksanakan pada lateks pusingan. Skim sebagai limbah pengolahan lateks pekat biasanya diolah tersendiri dan dijual dalam bentuk bekuan basah atau dalam bentuk krep. Krep skim ini termasuk gumpalan mutu rendah yang dapat diolah menjadi karet remah.



Gambar 7. Pengolahan lateks pekat
 Sumber : Setyamidjaja (1993)

Tabel 3. Standar mutu lateks pekat berdasarkan ASTM dan ISO

Parameter Mutu	ASTM 1976-1980		ISO 2004	
	HA	LA	HA	LA
Jumlah zat padat (TSC) min %	61.5	61.5	61.5	61.5
Kadar karet kering (DRC) min %	60	60	60	60
Kebasaan (NH ₃) % dalam air	Min 1.6	Min 1.6	Min 1.6	Min 1.6
Kemantapan Mekanis min det	650	650	540	540
Bilangan VFA.maks	-	-	0.2	0.2
Bilangan KOH.maks	0.80	0.80	1.0	1.0
Kadar koagulan maks % dari jumlah padatan	0.10	0.10	0.08	0.08
Kadar endapan maks % dari jumlah padatan	0.10	0.10	0.10	0.10
Kadar Tembaga (Cu) maks ppm	8	8	8	8
Kadar Mangan (Mn) maks ppm	8	8	8	8
Warna sesuai visual	Tidak berwarna biru dan abu-abu			
Bau setelah dinetralkan asam borat	Tidak berbau			

Keterangan : HA adalah lateks pekat jenis *high ammonia*
 LA adalah lateks pekat jenis *low ammonia*

Adapun menurut ASTM tahun 1997, lateks pekat dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan sistem pengawetan dan metode pembuatannya, yaitu :

- *Jenis I.* Lateks pekat pusingan yang diawetkan dengan amonia saja atau dengan pengawet formaldehida yang kemudian dilanjutkan dengan pengawetan amonia.
- *Jenis II.* Lateks pekat pendadihan yang diawetkan dengan amonia saja atau dengan pengawet formaldehida yang kemudian dilanjutkan dengan pengawetan amonia.
- *Jenis III.* Lateks pekat pusingan yang diawetkan dengan kadar amonia rendah dan bahan-bahan pengawet sekunder.

Tabel 4. Standar mutu lateks pekat berdasarkan SNI 06-3139-1992

Parameter mutu	Nilai
Kadar alkalinitas/NH ₃ (%)	Min. 0.60
KKK (%)	60
KJP (%)	61.5
Selisih KKK dengan KJP (%)	Maks. 2
Bilangan KOH	Maks. 0.8
Waktu kemantapan mekanik (detik)	Min. 650
Bilangan ALE	Maks. 0.2

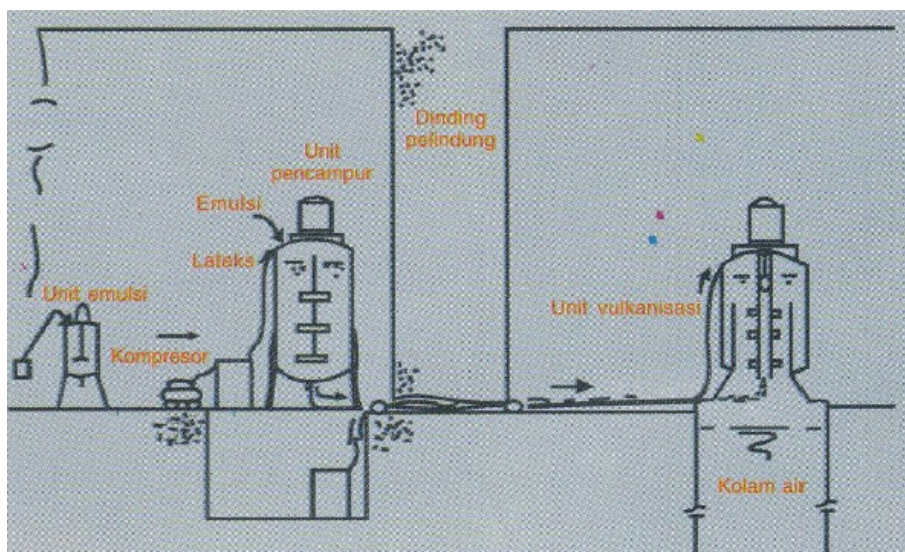
Sumber : BSN (1992)

5.2. Lateks Iradiasi

Latek iradiasi adalah lateks alam yang divulkanisasi dengan menggunakan teknologi nuklir (Utama, 1985). Pengolahan lateks alam iradiasi artinya cara mengolah lateks alam dengan menggunakan sinar gamma Cobalt-60 atau berkas elektron sebagai sumber energi. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN sejak tahun 1974 melakukan penelitian tentang vulkanisasi lateks alam iradiasi. Dan sejak tahun 1983 Iradiator lateks PATIR-BATAN menggunakan sumber radiasi

Cobalt-60 berkapasitas 225.000 Curie dapat meradiasi lateks alam sebanyak 1.500 ton setahun atau 1.500 kg setiap 20 jam.

Hasil penelitian PATIR BATAN tersebut mampu memecahkan masalah dalam industri karet. Karena disamping teknik radiasi lebih hemat bahan kimia, energi dan waktu, juga lateks yang dihasilkan bebas nitrosamin dan rendah protein. Vulkanisasi lateks alam dengan radiasi hanya menggunakan dua macam bahan kimia, tidak perlu diperam dan dipanaskan, langsung dapat diproses menjadi produk industri karet yang dikehendaki seperti sarung tangan, balon, topeng, benang karet yang mutunya cukup tinggi.



Gambar 8. Proses vulkanisasi lateks alam dengan radiasi

Sumber : Utama (1985)



Gambar 9. Irradiator lateks di PATIR BATAN
Sumber : Utama (1985)

5.2.1. Keuntungan pengolahan lateks iradiasi

Menurut Utama (1985) dari hasil penelitian baik skala laboratorium maupun skala pabrik dan uji coba pada industri rumah tangga menunjukkan bahwa keuntungan/keunggulan dalam pengolahan lateks alam iradiasi bila dibandingkan dengan lateks alam proses vulkanisasi belerang adalah sebagai berikut :

- Hemat bahan kimia (hanya 2 macam bahan kimia yang digunakan), hemat energi panas, dan hemat waktu serta dapat disimpan dalam

waktu 6 bulan lebih (lateks alam vulkanisasi belerang hanya dapat disimpan sekitar 3 minggu).

- Tidak mengandung bahan karsinogen (penyebab penyakit kanker), tidak beracun (toxic), tidak mengandung protein alergen (penyebab alergi pada tubuh manusia), produk karet tidak berbau tajam dan lebih elastis. Apabila produk karet dari lateks alam iradiasi ini dibakar, gas sulfur dioksida hanya 1/20 lebih rendah daripada karet proses vulkanisasi belerang.
- Lebih mudah didegradasi oleh alam, karena energi aktivitasnya lebih rendah, sehingga produk karet dari lateks alam iradiasi tidak mencemari dan akrab dengan lingkungan.

5.2.2. Sifat lateks alam iradiasi

Secara visual antara lateks alam proses belerang dengan lateks alam iradiasi tidak dapat dibedakan, baik warna, bau maupun bentuknya sama, yaitu berupa cairan berwarna putih susu atau berbau amonia. Perbedaannya tampak bila dilihat dengan "*Scanning Electron Microscope*" yaitu diameter rata-rata partikel karet lateks alam iradiasi lebih kecil daripada karet lateks alam non iradiasi. Juga terlihat pada film hasil uji fisik dan mekaniknya, yaitu modulus dan tegangan putus film karet lateks alam iradiasi lebih kuat, ulet dan elastis daripada karet lateks alam non radiasi. Perbedaan lainnya adalah daya simpan lateks alam radiasi lebih tahan lama yakni dapat disimpan sampai 6 bulan, sedang untuk lateks alam vulkanisasi belerang hanya mampu disimpan sekitar 3 minggu. Disamping itu lateks alam iradiasi bebas nitrosamin (bahan penyebab kanker) dan rendah protein, sehingga bila digunakan untuk barang karet tidak menyebabkan penyakit kanker atau alergi.

5.2.3. Cara membuat barang karet dari lateks alam iradiasi

Saat ini ada lima cara membuat barang-barang karet dari lateks alam iradiasi, yaitu dengan cara celup, cara tuang, cara semprot, cara pelapisan dan dengan cara pembusaan (Utama, 1985).

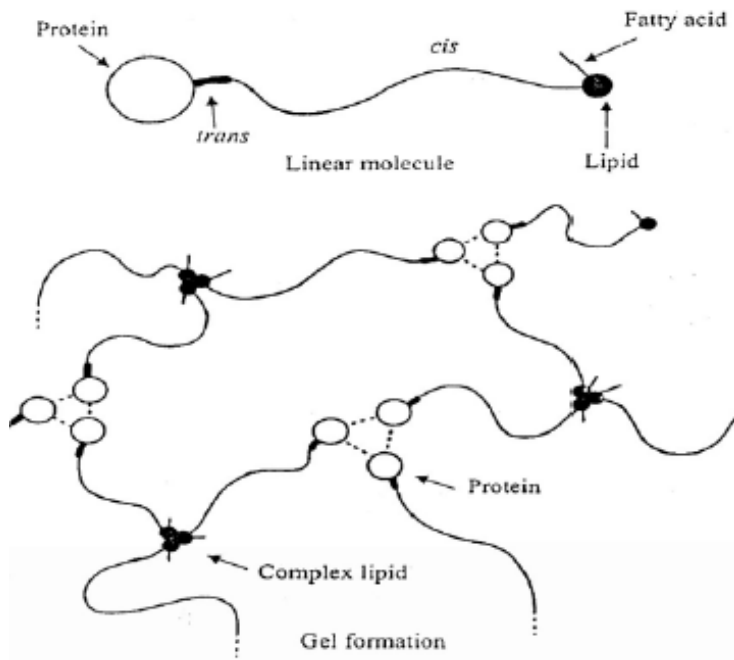
- *Pembuatan barang karet dengan cara celup.* Cetakan dimasukkan ke dalam lateks alam iradiasi, kemudian lateks yang menempel pada cetakan dikeringkan, selanjutnya dilepas dari cetakannya. Barang-barang karet yang dihasilkan dengan cara celup ini mempunyai ketebalan di bawah 0,5 mm. Barang karet tersebut adalah sarung tangan, balon, kondom, dan sebagainya.
- *Pembuatan barang karet dengan cara tuang.* Lateks alam iradiasi dituangkan ke dalam cetakan, kemudian setelah lateks yang melekat pada cetakan kering, dilepas. Barang-barang karet yang dihasilkan dengan cara tuang ini mempunyai ketebalan di atas 0,5 mm, misalnya topeng, pernak bayi.
- *Pembuatan barang karet dengan cara semprot.* Lateks alam iradiasi disemprotkan melalui lubang kecil, kemudian lateks yang keluar dari lubang kecil tersebut digumpalkan, dicuci dan dikeringkan. Cara ini hanya bisa dikerjakan oleh industri menengah atau besar, karena biasanya menggunakan peralatan yang serba otomatis. Barang karet yang dihasilkan berupa benang karet.
- *Proses pelapisan dengan lateks alam iradiasi.* Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk melapisi suatu benda, yaitu dengan cara mengulaskan lateks alam iradiasi. Dan yang lain dengan cara menyemprotkan lateks ke permukaan benda. Cara pertama dapat dilakukan di industri tekstil, yaitu pelapisan kain.
- *Pembuatan barang karet dengan cara pembusaan.* Lateks alam iradiasi diberi bahan pembusa kemudian diaduk sampai lateks

tersebut berbentuk busa, lalu dalam keadaan berbusa lateks digumpalkan. Barang karet yang dihasilkan adalah karet busa.

5.3. Lateks DPNR (*Deproteinized Natural Rubber*)

Alfa (2002a) dan Hidayat *et al.* (2014) menyatakan bahwa karet alam berprotein rendah atau *Deproteinized Natural Rubber* (DPNR) adalah bentuk karet alam yang telah diturunkan kadar nitrogennya dari 0.3%-0.5% menjadi maksimal 0.12%. Seperti diketahui molekul karet dilapisi oleh lapisan protein dan fosfolipid yang membentuk sistem kestabilan pada karet (Gambar 10), dimana lapisan dalam adalah lapisan hidrofobik dan lapisan luar adalah lapisan hidrofilik (mengandung protein dan sabun) (Hashim *et al.*, 2002). Ikatan rangkap dalam setiap unit ulang pada rantai polimer karet alam selain mudah mengalami reaksi oksidasi juga merupakan bagian molekul yang dapat mengalami berbagai reaksi kimia lainnya seperti reaksi hidrogenasi, halogenasi, adisi, dan reaksi epoksidasi. Adanya protein yang melapisi partikel karet dan terikat secara kimia pada molekul karet mempersulit reaksi tersebut berlangsung (Fessenden dan Fessenden, 1983).

Keberadaan protein dalam karet alam kurang menguntungkan karena sifatnya yang polar dan bersifat hidrofilik (suka air) menyebabkan karet yang mengandung protein yang lebih banyak, relatif lebih menyerap air. Kandungan air dalam karet alam dapat mempengaruhi sifat dinamik barang karet (Alfa, 2002a). Barang karet yang dibuat dari karet berkadar protein tinggi, hasil penggumpalan dengan panas atau uap panas, mempunyai sifat dinamik yang buruk. Adapun barang karet yang dibuat dari karet berkadar protein rendah, hasil penggumpalan secara biologi, sifat dinamik jauh lebih baik (John dan Sin, 1974).



Gambar 10. Kompleks struktur protein-poliisoprena-lipid pada partikel karet alam
 Sumber : Marinho dan Tanaka (1999)

Selanjutnya Yapa dan Lionel (1980) menyatakan bahwa beberapa sifat dinamis barang jadi karet dapat ditingkatkan apabila kandungan protein yang terdapat dalam bahan baku karet alamnya dikurangi. Karet alam yang mempunyai kadar protein rendah lebih mudah untuk diproses, mempunyai stabilitas mekanis yang lebih tinggi, serta dapat mengurangi efek alergi terhadap karet alam (Nakade *et al.*, 1997). Disamping itu, kandungan protein yang tinggi dalam karet alam akan menghambat proses siklisasi karet alam, juga akan menghambat pencangkakan senyawa akrilat pada molekul karet (Japa dan Lionel, 1980; Fukusima *et al.*, 1998).

Secara umum, protein dalam karet dapat dikurangi jumlahnya dengan cara menghidrolisisnya secara kimiawi atau secara enzimatik. Hidrolisis secara enzimatik dilakukan dengan cara menambahkan enzim

protease pada lateks kebun. Setelah dipisahkan lateks yang dihasilkan disebut lateks pekat berprotein rendah (lateks DPNR). Lateks DPNR dibuat dengan menambahkan protease dan surfaktan. Protease akan menghidrolisis protein lateks menjadi bentuk yang larut dalam air (Alfa *et al.*, 2003). Surfaktan berfungsi menggantikan peran protein sebagai penstabil. Salah satu protease yang umum digunakan dalam pembuatan lateks DPNR adalah papain karena mudah diperoleh dibandingkan protease lain seperti alkalase, superase, dan *crystallin subtilisin*. Selain itu, papain memiliki daya tahan terhadap panas yang baik dan daerah aktivitas yang luas. Papain menghidrolisis asam amino sistein dari suatu rangkaian protein. Papain tergolong ke dalam enzim protease sulfhidril yang bergugus aktif -SH (Alfa *et al.*, 2003). Hasil penelitian Alfa (2002a) telah berhasil menggunakan enzim papain sebagai penghidrolisis protein yang dikombinasikan dengan surfaktan non ionik dan menghasilkan lateks DPNR dengan kadar nitrogen maksimal 0,08 %.

5.3.1. Manfaat lateks DPNR

Berkurangnya lapisan protein di dalam lateks DPNR menyebabkan proses polimerisasi dan *grafting* karet alam menjadi lebih efisien. Lapisan protein yang ada dalam lateks HANR (*High Ammonia Natural Rubber*) dapat menghambat polimerisasi *in situ* dan proses *grafting* monomer vinil (Hashim *et al.*, 2002). Kopolimerisasi cangkok akan lebih mudah dilakukan ketika fosfolipid dan protein yang melapisi partikel karet dapat dibuang secara enzimatik, sehingga gugus-gugus fungsi yang akan bereaksi dapat mencapai pusat reaksi.

Lateks DPNR merupakan bahan baku berbagai industri diantaranya bahan baku untuk pembuatan karet siklo, sumbat botol atau seal karet yang kontak dengan air, pembuatan *sponge* untuk pipa apung lepas pantai, bahan baku karet alam termodifikasi, bahan baku barang jadi karet untuk

keperluan teknis, serta bahan baku dan kendaraan yang memerlukan daya lenting tinggi dan *heat build up* rendah seperti ban kendaraan besar, disamping juga untuk pembuatan sarung tangan dan alat kontrasepsi (kondom) bagi yang alergi terhadap lateks protein tinggi (Alfa, 2002a).

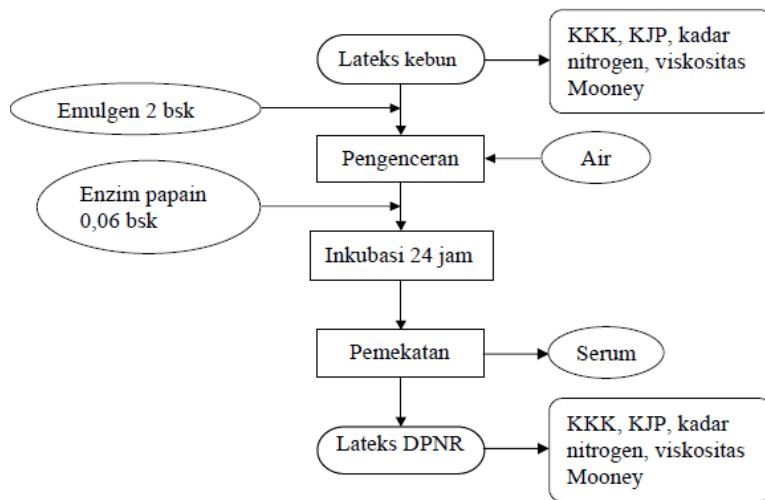
Produk-produk karet yang masih sepenuhnya diimpor adalah sarung tangan medis bebas protein alergen, alat kontrasepsi, dan pipa apung yang digunakan oleh beberapa industri seperti industri perminyakan untuk mengalirkan hasil pengeboran minyak lepas pantai ke kapal, atau industri pengerukan sebagai media untuk mengalirkan pasir, batu karang, dan air dari kapal keruk ke pantai (Astrid *et al.*, 2014). Oleh karena itu, lateks DPNR mempunyai peluang pasar yang sangat bagus.

5.3.2. Proses pembuatan lateks DPNR

Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam proses pembuatan lateks DPNR adalah sebagai berikut :

- a. Lateks kebun disaring terlebih dahulu untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terdapat di dalam lateks.
- b. Pengujian kadar karet kering (KKK), kadar jumlah padatan (KJP), kadar nitrogen, dan viskositas Mooney.
- c. Lateks tersebut kemudian ditambahkan dengan surfaktan emulgen sebanyak 2 bsk (berat perseratus bagian karet) untuk menstabilkan lateks agar tidak menggumpal. Surfaktan emulgen yang ditambahkan yaitu surfaktan terik. Terik ini digunakan untuk mencegah prakoagulasi lateks.
- d. Selanjutnya lateks diencerkan hingga KKK lateks 10%.
- e. Kemudian lateks ditambahkan enzim papain sebanyak 0,06 bsk. Tujuan dari penambahan enzim ini adalah untuk menghidrolisis protein dalam lateks sehingga dihasilkan lateks berkadar protein rendah.

- f. Berikutnya, lateks diinkubasi selama ± 24 jam pada suhu ruang agar enzim dapat bekerja secara optimal. Enzim ini akan akan menghidrolisis protein yang terdapat pada lateks.
- g. Lateks dipisahkan dengan alat sentrifuge yang berguna untuk memisahkan lateks dari serum sehingga mencapai KKK ± 60 %.
- h. Dihasilkan lateks yang dikenal dengan lateks DPNR lalu dilakukan analisis KKK, KJP, kadar nitrogen, dan viskositas Mooney.



Gambar 11. Diagram alir proses pembuatan lateks DPNR
Sumber : Alfa (2002a)

5.3.3. Spesifikasi standar lateks DPNR

Hingga saat ini belum ada kesamaan persepsi mengenai batasan kadar nitrogen yang dapat menggolongkan karet sebagai karet DPNR. Batasan kadar nitrogen karet DPNR yang digunakan oleh para peneliti sangat bervariasi. Mengacu pada spesifikasi standar karet alam berprotein rendah menurut Whelan dan Lee (1979) seperti yang tertera pada Tabel 5, karet DPNR adalah jenis karet alam dengan kandungan nitrogen maksimal

sebesar 0,15%, tetapi menurut Nakade *et al.* (1991) DPNR adalah karet yang memiliki kadar nitrogen antara 0,06% sampai 0,1%.

Tabel 5. Spesifikasi standar karet alam berprotein rendah (DPNR)

Parameter mutu	Nilai
Kadar kotoran (%)	Maks. 0.015
Kadar abu (%)	Maks. 0.15
Kadar nitrogen (%)	Maks. 0.15
Kadar zat menguap (%)	Maks. 0.5
PRI (Plasticity Retention Index) (%)	Maks. 60
Viskositas Mooney (ML 1+4, 100°C)	50 ± 5

Sumber : Whelan dan Lee (1979)

5.4. Karet Siklo

Karet alam tersiklis (CNR/*cyclic natural rubber*) atau biasa disebut karet siklo merupakan produk modifikasi karet alam yang dihasilkan melalui suatu proses yang disebut siklisasi. Menurut Naunton (1961) dan Goonetilleke *et al.* (1993) proses tersebut yang dilakukan dengan cara memanaskan karet alam yang telah dicampur katalis asam, menyebabkan berubahnya struktur molekul karet alam dari struktur semula berupa rantai lurus menjadi rantai siklis. Proses siklisasi akan merubah karet alam menjadi bahan baru yang sifatnya berbeda, karena produknya berupa resin sintetik atau bahan termoplastik, yang kaku tetapi agak rapuh, memiliki daya rekat kuat yang mampu merekatkan karet pada logam, mudah bercampur dengan karet, dan masih dapat divulkanisasi. Dengan sifatnya tersebut karet siklo berpeluang mensubstitusi sejumlah resin dan karet sintesis impor, yang selama ini digunakan dalam industri barang jadi karet (BJK) dan industri perekat/pelapis.

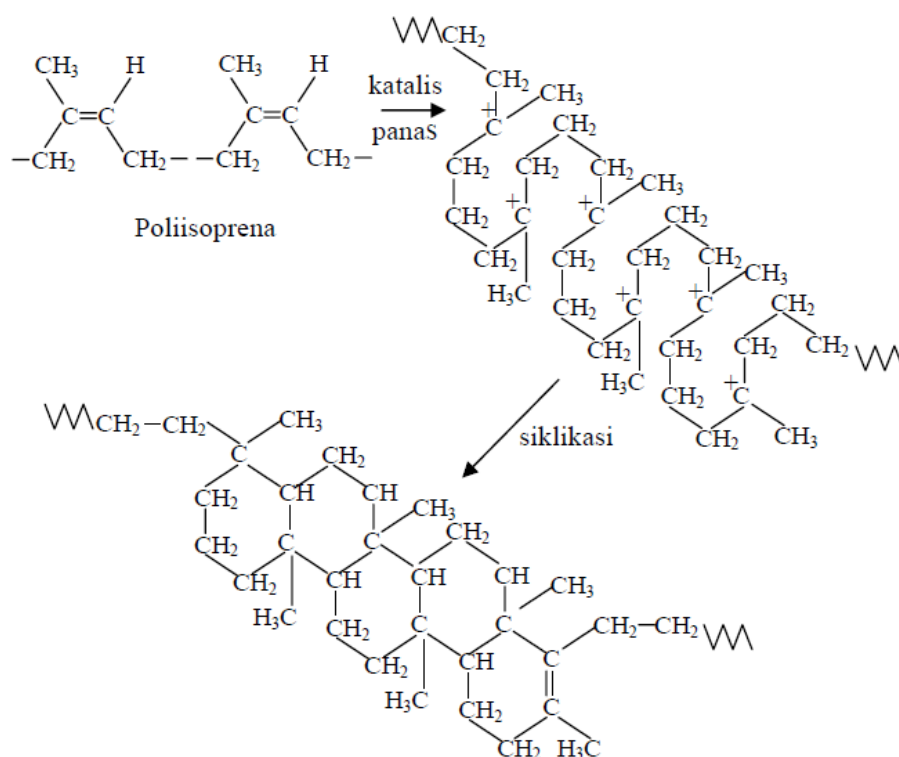
Metode siklisasi karet alam yang pertama kali ditemukan adalah siklisasi pada karet alam padat, diikuti siklisasi pada larutan karet dan terakhir siklisasi pada lateks pekat. Penampakan dan sifat karet siklo dari

karet alam tidak tergantung pada metode siklisasi dan jenis katalis asamnya, melainkan kepada derajat siklisasi yang dicapai (Goonetilleke *et al.*, 1993). Menurut Alfa *et al.* (2007) teknologi siklisasi karet alam pada fasa lateks dinilai lebih ekonomis dan paling tepat untuk diterapkan di negara penghasil lateks seperti Indonesia. Teknologi tersebut tidak memerlukan pengolahan karet padat dan tidak membutuhkan pelarut berharga mahal seperti pada teknologi siklisasi karet alam padat, dan menghindari resiko rusaknya gilingan karet karena digunakan pada proses pencampuran karet padat dengan katalis asam seperti pada teknologi siklisasi karet padat.

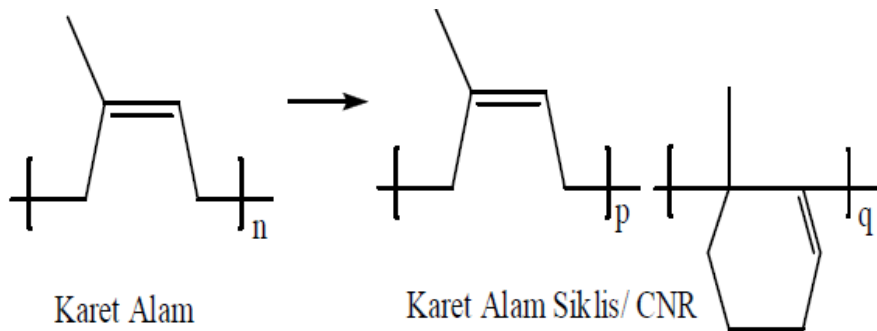
Sebagai bahan baku siklisasi, lateks diduga dapat mempengaruhi kinerja siklisasi. Lateks karet alam mengandung sejumlah bahan non karet, terutama protein yang bersama fosfolipid berfungsi sebagai penstabil larutan koloidal lateks, padahal menurut Gelling (1991) protein dalam karet alam dapat menghambat usaha memodifikasi karet alam. Protein akan memacu peningkatan kandungan jel (Subramaniam, 1993; Fukushima, *et al.*, 1998), sedangkan siklisasi partikel karet yang telah membentuk jel tidak optimal, karena partikel karet nya memadat sehingga partikel karet di bagian dalam jel sukar dicapai oleh katalis asam. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja siklisasi, maka kandungan protein dalam lateks yang akan digunakan sebagai bahan baku siklisasi harus dikurangi semaksimal mungkin, sehingga sebaiknya digunakan lateks DPNR sebagai bahan baku siklisasi.

Alfa (2002b) menyatakan bahwa proses siklisasi lateks karet alam berlangsung sebagai akibat dari pemanasan campuran lateks pekat yang telah distabilkan oleh surfaktan dengan katalis asam sulfat teknis, sehingga struktur molekul karet alam yang semula lurus berubah menjadi struktur siklis. Pemanasan dilakukan dengan cara memanaskan reaktor pada bejana air mendidih atau bersuhu 100°C. Berlangsungnya reaksi siklisasi ditandai dengan berubahnya warna lateks dari semula putih menjadi ungu.

Menurut Van Verseen (1951), mekanisme reaksi siklikasi karet alam berhubungan dengan protonisasi ikatan rangkap secara acak. Pada tahap pertama akan terbentuk ion karbonium dikarenakan adanya donor proton yaitu asam sulfat atau katalis yang bersifat asam lainnya. Pada tahap kedua, ion karbonium yang tidak stabil tersebut akan tersiklikasi membentuk struktur monosiklik atau polisiklik. Pada karet siklo dengan struktur monosiklik masih tersisa ikatan rangkap sebanyak 50 persen dari jumlah awal ikatan rangkap dalam karet alam, sedangkan pada struktur polisiklik masih tersisa sekitar 25 persen ikatan rangkap. Perubahan struktur karet pada saat reaksi siklisasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 12. Perubahan struktur molekul karet alam menjadi keret siklo
Sumber : Veersen (1951)



Gambar 13. Reaksi siklisasi karet alam menghasilkan karet alam siklo
 Sumber : Veersen (1951)

Teknologi siklisasi pada lateks menghasilkan produk (*cyclotex*) berupa serbuk putih. Bentuk fisiknya yang berupa tepung ini menyebabkan *cyclotex* juga relatif lebih mudah dicampur dengan karet pada saat penggilingan dan masih dapat divulkanisasi. Hal ini menjadi keunggulan *cyclotex* untuk dimanfaatkan sebagai pengeras atau pengkaku barang jadi karet. Selain itu karena sifatnya yang mudah didispersikan dalam air, maka *cyclotex* dapat dengan mudah dijadikan masterbat siklo, yaitu campuran karet siklo dan karet alam, yang mana pencampurannya dilakukan dalam fase lateks (Alfa dan Syamsu, 2004)

5.4.1. Manfaat karet siklo

Sifat produk dari karet siklo sangat tergantung kepada teknologi siklisasi dan katalis asam yang digunakan. Karet siklo yang baik adalah mudah larut dalam pelarut karet. Selain itu, karet siklo memiliki beberapa sifat diantaranya ringan, kaku, tahan terdapat gaya gesek, mempunyai daya rekat yang baik terhadap logam, kayu, karet, kulit dan tekstil, mempunyai sifat adhesi yang baik, bersifat non polar dan merupakan polimer non kristalin yang rantai-rantai molekulnya telah dikeraskan oleh formasi cincin

(Goonetilleke *et al.*, 1993). Oleh karena itu, karet siklo dapat dimanfaatkan sebagai resin penguat untuk karet dan sebagai *binder* pada industri cat. Karet siklo juga dapat digunakan sebagai pengisi sekaligus penguat pada barang jadi karet seperti dalam pembuatan sol sepatu dengan tingkat kekerasan tertentu (Coomarasamy, 1981; Alfa, 2000; Purwandari, 2003).

Karet siklo memiliki daya rekat yang lebih besar dari karet alam asalnya sehingga mampu merekatkan satu benda pada permukaan logam, plastik, kaca dan berbagai permukaan licin lainnya. Walaupun sifatnya sangat berbeda dari sifat karet alam asalnya karet siklo masih memiliki beberapa keunggulan sifat karet yaitu dapat bercampur dengan karet alam pada proses pembuatan kompon serta masih dapat divulkanisasi. Resin karet siklo selain diharapkan mampu meningkatkan daya rekat perekat, juga dapat menggantikan bahan baku polimer sintetis yang umum digunakan dalam industri perekat seperti urea formaldehida (Palupi *et al.*, 2008; Cifriadi *et al.*, 2011).

5.4.2. Proses pembuatan karet siklo

Adapun tahapan proses pengolahan karet siklo dari lateks DPNR adalah sebagai berikut :

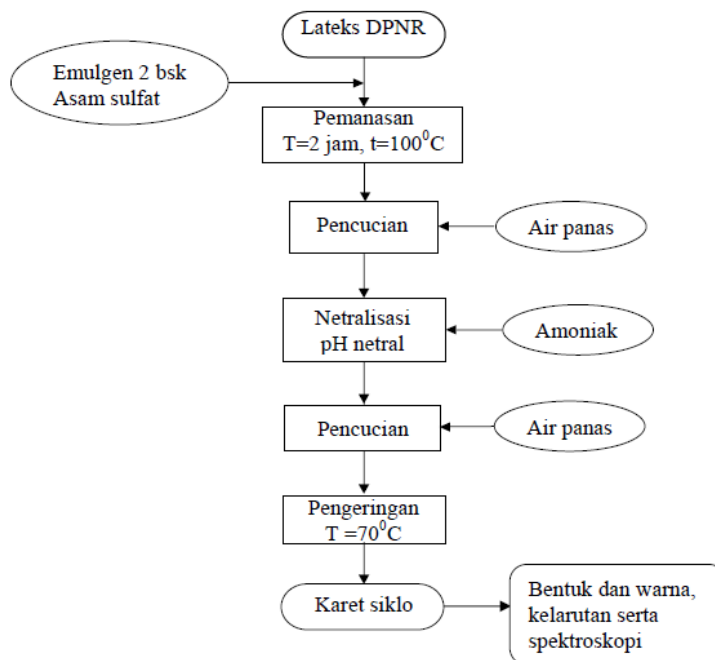
- a. Lateks DPNR yang telah diketahui KKK-nya ditambahkan emulgen 2 bsk untuk mencegah penggumpalan saat kontak langsung dengan asam sulfat teknis. Selain itu lateks DPNR diberi senyawa asam sulfat teknis untuk proses siklisasi lateks. Penambahan asam sulfat pada lateks DPNR berdasarkan perbandingan berat antara lateks DPNR dengan asam sulfat yaitu 1:1,4 (w/w).
- b. Kemudian campuran lateks DPNR dengan asam sulfat dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam sambil diaduk pelan agar terjadi pemutusan rantai lateks dari rantai panjang menjadi rantai

berstruktur cincin yang ditandai dengan perubahan warna dari putih menjadi ungu.

- c. Lateks yang telah tersiklisasi, kemudian dicuci dengan air panas dengan komposisi 1:5 untuk mencuci atau menghilangkan asam sulfat yang terkandung didalam campuran. Campuran yang dihasilkan berupa disperse yang membentuk butiran-butiran berwarna putih.
- d. Proses selanjutnya adalah penetralan dengan amoniak untuk menghilangkan kelebihan asam sulfat sampai diperoleh pH netral. Kemudian dispersi tersebut dicuci kembali dengan air panas untuk menghilangkan sisa-sisa asam sulfat dan garam.
- e. Kemudian keringkan di oven pada suhu 70-80°C sehingga dihasilkan serbuk karet siklo berwarna putih, lalu diuji kelarutan dan spektroskopi infra merah.

5.4.3. Spesifikasi standar karet siklo

Karet siklo yang memenuhi standar mutu merupakan karet siklo yang baik sehingga dapat digunakan sesuai dengan kebutuhannya. Hasil penelitian Goonetilleke *et al.*, (1993) dapat dijadikan standar produk karet siklo dan spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 14. Diagram alir proses pembuatan karet siklo
Sumber : Alfa (2002b).

Tabel 6. Spesifikasi standar karet siklo

Parameter mutu	Nilai
Bobot molekul	15.400-79.000
Warna dan bentuk	Putih, serbuk halus
Kelarutan	Larut dalam pelarut karet
Bilangan Iod (gI ₂ /100 g polimer)	185-267

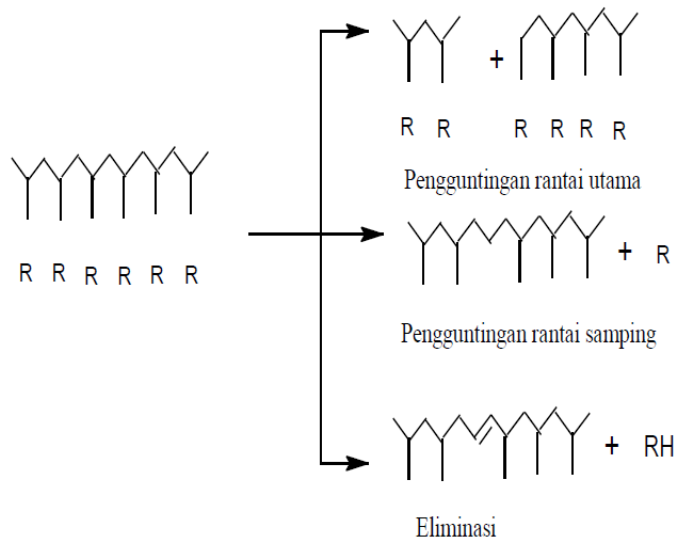
Sumber : Goonetilleke *et al.* (1993)

5.5. Lateks Depolimer

Salah satu ciri karet alam adalah bobot molekulnya yang tinggi hingga mencapai 1-2 juta (Blow dan Hepburn, 1982). Bobot molekul yang tinggi merupakan kelebihan karet alam, akan tetapi jika bobot molekul semakin meningkat karena peristiwa pengerasan selama penyimpanan (*storage hardening*) maka akan menyulitkan pencampurannya dengan bahan kimia selama proses pengolahan barang jadi karet dan akan

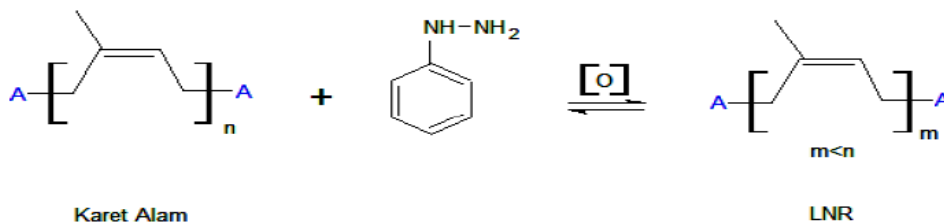
membatasi penggunaan karet alam untuk pembuatan produk yang membutuhkan daya rekat, seperti lem, cat, pernis, dan tinta cetak.

Menurut Ramadhan, *et al.* (2005) depolimerisasi adalah proses pemutusan atau pendegradasian polimer dengan cara menghilangkan kesatuan monomer secara bertahap dalam reaksi. Depolimerisasi molekul karet dilakukan untuk memperoleh karet dengan bobot molekul rendah yang ditandai dengan rendahnya viskositas *Mooney* (Surdia, 2000). Depolimerisasi karet secara kimia dapat dilakukan dengan mereaksikan lateks dengan suatu bahan pendegradasi yang mampu memutus rantai poliisoprena karet alam. Menurut Cowd (1991), depolimerisasi polimer disebabkan oleh beberapa faktor yaitu energi panas, energi mekanik, penyinaran (ultra violet), dan bahan kimia (oksidasi/ H_2O_2). Lateks hasil depolimerisasi dikenal dengan nama lateks alam berbobot molekul atau berviskositas rendah (lateks LP-VR) sedangkan karet hasil penggumpalannya dinamai karet alam cair (LNR).



Gambar 15. Mekanisme degradasi polimer
Sumber : Surdia (2000)

Menurut Gunanti (2004), depolimerisasi molekul karet terjadi karena adanya radikal OH hasil penguraian hidrogen peroksida (H_2O_2). Radikal OH yang terbentuk bersifat sangat reaktif dan dapat bereaksi secara tidak terkontrol dengan molekul polimer karet alam (poliisopren). Radikal OH yang terbentuk menarik salah satu atom H^+ yang terdapat pada polimer karet terutama menyerang ikatan karbon rangkap dan gugus karbon ekor sehingga dihasilkan radikal bebas yang aktif. Radikal bebas pada molekul isoprena tersebut mudah bereaksi dan berikatan dengan oksigen yang ada dalam lateks dan membentuk molekul yang tidak stabil hingga mengalami reaksi autooksidasi sampai terjadi pemutusan ikatan. Pada akhir reaksi pemutusan, terbentuk gugus karbonil. Gugus karbon aktif yang dihasilkan langsung bereaksi dengan gugus aktif dari reduktor yang dihasilkan gugus karbonil yang tidak bermuatan. Gugus karbon yang dihasilkan memiliki gugus ujung berupa keton dan aldehyd. Mekanisme depolimerisasi molekul tersebut dapat diilustrasikan pada Gambar 15.



Gambar 17. Reaksi depolimerisasi pembentukan LNR
 Sumber : Lairattanakul (1993)

5.5.1. Manfaat lateks depolimer LP-VR

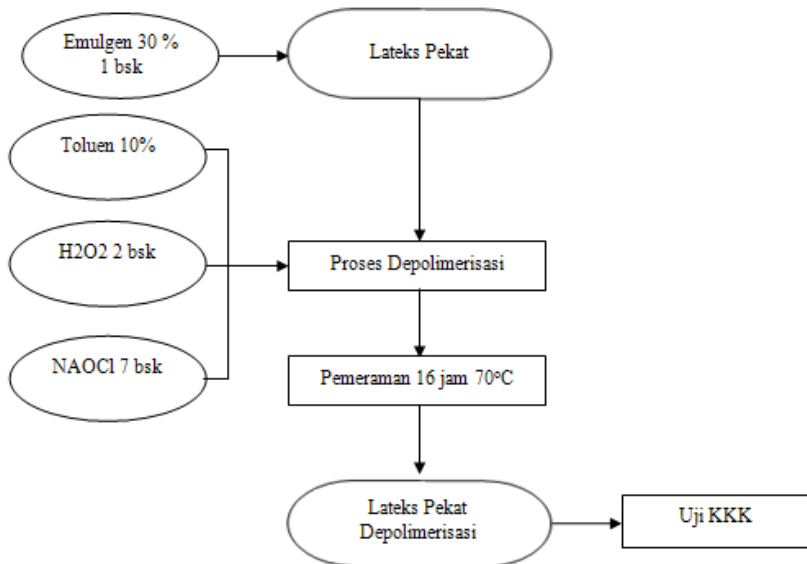
Peluang pasar lateks LP-VR dan LNR hasil penggumpalannya, cukup luas dan terbuka, karena selain industri barang jadi karet (BJK) juga dapat digunakan dalam berbagai industri perekat atau produk lain yang memerlukan daya lekat kuat. Dengan daya lekat yang lebih baik dari karet alam asalnya, lateks LP-VR dan LNR diprediksi dapat mensubstitusi karet sintetis yang selama ini digunakan dalam produk perekat. Daya lekatnya juga akan lebih kuat pada berbagai permukaan, termasuk untuk merekatkan vulkanisat karet dengan vulkanisat yang selama ini memerlukan perekat yang diformulasi khusus. Sifatnya yang mudah mengalir menyebabkan LNR dapat digunakan sebagai pelunak, dan dengan kekekatannya yang baik pada berbagai permukaan membuka peluang LNR digunakan sebagai perangkap untuk membasmi hama serangga dan tikus (Ramadhan, *et al.*, 2005)

Industri lain yang berpotensi menggunakan lateks LP-VR dan LNR adalah industri BJK yang bentuknya rumit atau memerlukan aplikasi di lapangan, industri pelapis, perekat dan cat, serta industri yang membutuhkan bantuan bahan perekat atau bahan pengikat (*binder*) (BPTK, 2009). Selanjutnya Vachlepi dan Suwardin (2015) menyatakan bahwa dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi dan kemajuan teknologi, sebagian industri ban saat ini sudah mulai mensubstitusi karet SIR 20 dengan jenis mutu yang lebih baik berupa karet viskositas rendah yang

dibuat dari lateks depolimer LP-VR. Jenis karet alam ini mampu memberikan keuntungan karena dapat mengurangi konsumsi energi, mengingat penggunaan karet VR dalam industri pembuatan ban dapat mengurangi proses mastikasi yang merupakan proses pelunakan (plastisasi) elastomer karet alam sebagai langkah persiapan bagi proses pencampuran dengan tujuan agar bahan kimia yang ditambahkan dapat tercampur merata. Proses mastikasi ini mengkonsumsi energi yang cukup besar sekitar 33-35% dari total energi pada saat pembuatan kompon (Solichin dan Immanuel, 1991; Daik *et al.*, 2007). Sehingga dengan berkurangnya proses mastikasi, konsumsi energi juga menjadi lebih rendah sehingga lebih efisien dan mengurangi biaya produksi.

5.5.2. Proses pembuatan lateks depolimer LV-VR

Pada lateks pekat dilakukan penambahan emulgen 1 bsk dan toluen sebanyak 10% sambil diaduk selama 15 menit pada suhu ruang. Kemudian ditambah dengan H₂O₂ sebanyak 2 bsk dan NaOCl sebanyak 7 bsk sambil diaduk hingga homogen, lateks tersebut diperam dalam oven dengan suhu 70°C selama 16 jam. Lateks hasil pemanasan inilah yang disebut sebagai lateks depolimerisasi. Diagram alir pembuatan lateks depolimerisasi adalah sebagai berikut



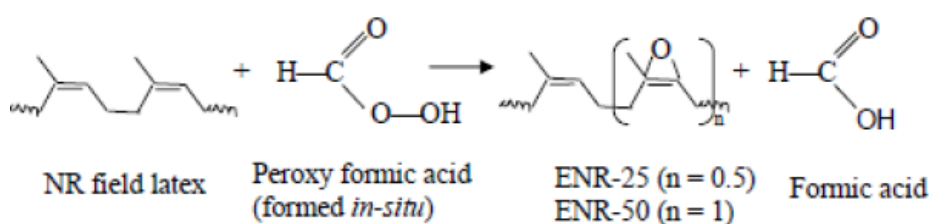
Gambar 18. Diagram alir proses pembuatan lateks depolimerisasi
Sumber : Saputra *et al.* (2011).

5.6. Karet Terepoksidasi

Karet alam merupakan suatu polimer alam yang mempunyai sifat redoman dan elastisitas yang tinggi, akan tetapi karet alam bersifat non polar yang menyebabkan karet alam tidak tahan terhadap minyak. Epoksidasi ikatan rangkap dari molekul karet alam merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kepolaran molekul tersebut (Handayani *et al.*, 2011).

Dalam upaya untuk memperluas aplikasi dari karet alam, berbagai metode telah dikembangkan untuk memperbaiki kelemahan karet alam seperti ketahanannya terhadap minyak dan pelarut, permeabilitas udara dan sifat teknisnya yang buruk. Salah satunya adalah dengan memodifikasi karet alam agar terepoksi, yaitu menggunakan peroksida organik secara langsung atau melalui proses in-situ pada kondisi reaksi tertentu (Kiu, 2007)

Karet alam terepoksidasi atau *epoxidized natural rubber* (ENR) dibuat dengan cara menambahkan gugus epoksi pada rantai karet alam yang memiliki ikatan rangkap, sehingga dapat meningkatkan hidrofilitas karet alam tersebut karena terbentuknya cincin epoksiren pada rantai karbon poliisoprena. Selain itu, modifikasi ini dapat membuka peluang karet alam untuk menggantikan kebutuhan karet sintetis di berbagai industri (Yoksan, 2008).



Gambar 19. Reaksi epoksidasi karet alam
Sumber : Phinyocheep dan Boonjairaak (2006)

5.6.1. Manfaat karet terepoksidasi

Menurut Handayani *et al.* (2011) manfaat karet alam terepoksidasi adalah untuk membuat BJK tahan minyak, tahan benturan, perekat dan pelapis PVC (*poly vinyl chloride*). Karet alam epoksi diharapkan menawarkan sesuatu poliblend yang lebih kompatibel. Cincin epoksi yang relatif kurang stabil daripada ikatan rangkap C=C diharapkan akan membuka dengan berikatan kimia dengan PVC. Selain itu karet alam epoksi akan menjadi suatu alternatif vulkanisasi yang sering dilakukan di industri kendaraan bermotor, pembuatan resin, bahan perekat, zat aditif dan lain-lain. Karet alam epoksi merupakan salah satu alternatif pengolahan karet alam yang diharapkan mampu menaikkan nilai tawarnya sebagai salah satu komoditas ekspor

Bentuk karet alam terepoksidasi memungkinkan peningkatan kompatibilitas poliblend-nya sehingga dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam proses blending dengan polimer lain. Adapun beberapa karet alam epoksi yang telah diproduksi secara komersial adalah ENR 25 (karet epoksi dengan kandungan epoksida 25%) dan ENR 50 (karet epoksi dengan kandungan epoksida 50%).

5.6.2. Proses pembuatan karet terepoksidasi

Menurut Phinyocheep dan Boonjairaak (2006) pembuatan karet alam epoksi secara insitu diawali dengan menambahkan asam format 1,69 mol/mol unit isoprena kedalam lateks dengan kadar KKK 20% yang distabilkan dengan menggunakan 3 bsk surfaktan *polyoxyethylene lauryl ether* (emulgen), kemudian ditambahkan hidrogen peroksida 9 mol/mol unit isoprena tetes demi tetes selama 30 menit. Temperatur reaksi dijaga 60°C dengan menggunakan pengendali suhu dan untuk menyeragamkan temperatur dilakukan pengadukan. Reaksi epoksidasi dilakukan selama 24 jam, karet alam epoksi yang telah terbentuk kemudian digumpalkan menggunakan aseton, digiling dan dikeringkan di dalam oven dengan temperatur 40°C selama 4 jam.

VI. POTENSI DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN LATEKS

6.1. Lateks sebagai Bahan Aditif Aspal dan Beton Jalan

Aspal dan semen beton merupakan material yang biasa digunakan sebagai bahan pengikat yang biasa digunakan dalam pengerasan jalan. Namun sebagai material pengerasan jalan, kedua bahan tersebut memiliki beberapa kelemahan yaitu kurang tahan terhadap panas, radiasi dan curah hujan, memiliki elastisitas rendah dan relatif mudah mengalami kerusakan jika mendapat volume atau beban lalu lintas yang tinggi pada jalan. Oleh karena itu, tuntutan kebutuhan penggunaan aspal dan beton yang lebih bermutu sebagai bahan pengikat untuk pengerasan jalan juga semakin meningkat. Peningkatan mutu aspal dan beton yang sudah biasa dilakukan adalah dengan cara memodifikasinya dengan penambahan bahan aditif (modifier). Penambahan bahan aditif ke dalam aspal atau beton bertujuan agar diperoleh aspal dan beton yang mempunyai fleksibilitas, ketahanan deformasi temperatur, modulus resilien, dan ketahanan usang (*ageing*) yang lebih baik, serta lebih tahan rembesan air. Bahan yang selama ini banyak digunakan sebagai aditif aspal dan beton adalah polimer plastik dan polimer karet sintetis (Riggle, 1992; Carlson dan Zhu, 1999).

6.1.1. Lateks LP-VR produksi BPTK

Hasil penelitian BPTK (2009) pada berbagai jenis lateks terhadap kemudahan bercampur dengan aspal yang meliputi LP (lateks pekat), LP-TZ (lateks pekat rendah amonia), LP-AR (latek pekat air rendah), LP-KR (lateks pekat karbohidrat rendah), LP-VR (lateks pekat viskositas rendah), L-DPNR (lateks rendah protein), karet krep dan karet DPNR, diperoleh hasil seperti pada Tabel 7. Terlihat bahwa jenis lateks LP-VR merupakan lateks yang paling baik dalam kemudahannya bercampur dengan aspal.

Tabel 7. Hasil pengamatan verifikasi kemudahan lateks bercampur dengan aspal

Jenis lateks	Kehalusan aliran	Kelarutan	Daktilitas
LP	Ada gumpalan	Tidak sempurna	-
LP-TZ	Aliran halus	Kurang	-
LP-AR	Ada gumpalan	sempurna	-
LP-KR	Ada gumpalan	Tidak sempurna	-
LP-VR	Aliran halus	Tidak sempurna	Tidak putus
L-DPNR	Aliran halus	Sempurna	Putus
Karet krep*	Ada gumpalan	Sempurna	-
Karet DPNR*	Sedikit gumpalan	Tidak sempurna	Putus
		Sempurna	

Keterangan : * Suhu pencampuran > 200°C dengan waktu pencampuran > 2 Jam

Sumber : BPTK (2009)

Lateks LP-VR merupakan lateks hasil depolimerisasi proses pemutusan rantai molekul polimer menjadi polimer dengan rantai molekul yang lebih pendek. Penurunan berat molekul ini secara bersamaan disertai dengan penurunan viskositas karet, dan dengan penurunan viskositas ini diharapkan karet alam menjadi lebih mudah dicampurkan dengan aspal.

BPTK (2009) menyatakan bahwa berdasarkan uji pendahuluan diperoleh bahwa lateks berviskositas rendah LP-VR sesuai untuk digunakan sebagai aditif aspal. Uji titik lunak aspal yang telah ditambah aditif lateks LP-VR sebanyak 5% volme mampu meningkatkan titik lunak aspal karet secara signifikan yaitu titik lunak aspal meningkat dari 46,5°C menjadi sekitar 60°C, dengan penurunan nilai penetrasi yang tidak terlalu besar.

Lateks LP-VR merupakan lateks hasil depolimerisasi yang diproduksi dengan cara mereaksikan lateks pekat bercampur toluen dengan campuran 2 bsk H₂O, 2-7 bsk NaOCl pada suhu 70°C selama 16 jam. Teknologi produksinya telah diverifikasi menggunakan reaktor skala 500 liter di Laboratorium Lapang Ditjen Bina Marga, Departemen Pekerjaan

Umum, dan mampu menghasilkan lateks LP-VR yang viskositasnya dibawah 40.

Lateks karet alam LP-VR juga berpotensi digunakan sebagai aditif semen beton untuk bahan pengerasan. Sebagai penyetabil lateks agar tidak menggumpal jika dicampur semen, yang menjadi penyebab buruknya *workability* semen mortar bercampur lateks, perlu ditambahkan bahan penyetabil. Dari hasil pengujian beberapa bahan penyetabil, penggunaan 7% kasein mampu menghasilkan semen beton berkaret dengan *workability* yang baik, sehingga mampu menghasilkan semen mortar berkaret yang tetap stabil selama 3 jam (BPTK, 2009).

6.1.2. Lateks K-Pravul produksi Puslit Karet

Saat ini Puslit Karet sudah memiliki teknologi pencampuran aspal karet berbahan kompon lateks K-Pravul (lateks hasil depolimerisasi) yang sudah diuji pada skala laboratorium bekerjasama dengan Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Kementerian PUPR. Uji gelar aplikasi aspal karet akan dilaksanakan di jalan raya sepanjang kurang lebih 4,5 km. Keberhasilan uji coba akan mendorong pengguna aspal karet pada skala lebih besar sehingga di harapkan akan meningkatkan serapan karet alam di dalam negeri. Uji aspal karet dengan aditif masterbatch saat ini terus dilakukan bekerjasama dengan Ditjen Industri Agro, Kementerian Perindustrian dan Badan Litbang Kementerian PUPR yang direncanakan sampai dengan uji gelar di jalan aspal (Puslit Karet, 2016)



Gambar 20. Lateks K-Pravul
Sumber : Puslit Karet (2016)



Gambar 21. Pencampuran lateks K-Pravul dengan aspal
Sumber : Puslit Karet (2016)



Gambar 22. Percobaan penghamparan aspal dengan aditif lateks K-Pravul
Sumber : Puslit Karet (2016)

6.2. Lateks sebagai Bahan Baku Berbagai Industri Kompon

Menurut Abednego (1990) dan Alfa (2003) kompon karet adalah campuran karet mentah dengan bahan-bahan kimia yang belum divulkanisasi. Pada umumnya kompon karet merupakan campuran karet mentah dengan enam golongan bahan kimia pokok, yaitu bahan pemvulkanisasi, pencepat, penggiat, antidegradan, pengisi dan bahan pelunak.

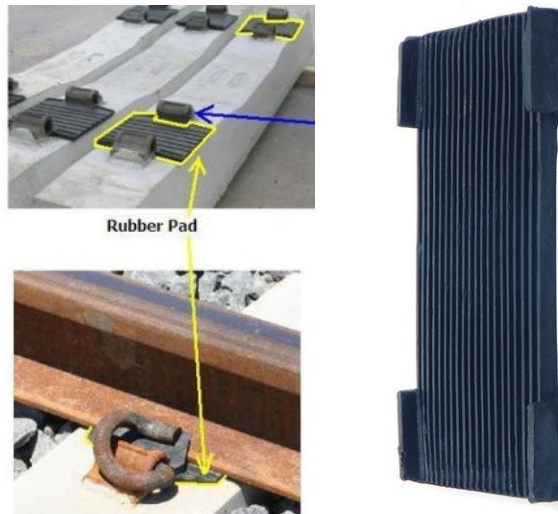
Kompon karet dapat dibuat sesuai formulasi yang dibutuhkan seperti kompon untuk karet vulkanisir (*vulcanized rubber*), kompon karet silikon maupun kompon karet lainnya. Oleh karena itu, dari lateks DPNR, Lateks LP-VR, karet siklo maupun karet epoksi dapat diproduksi berbagai kompon sesuai kebutuhannya yang memiliki kriteria dan ketahanan tertentu setelah diproses vulkanisasi menjadi barang jadi karet. Diharapkan kedepan keberadaan produk diversifikasi lateks DPNR, lateks LP-VR, karet

siklo serta karet epoksi serta produk modifikasi kimia karet alam lainnya dapat bersaing dengan material impor sejenis dari polimer karet sintesis SBR (*styrena butadiena rubber*) dan NBR (*nytrile butadiene rubber*) yang selama ini banyak digunakan industri karet kompon di Indonesia.

Kompon karet dapat diproduksi untuk kebutuhan produk-produk spesial ataupun khusus seperti untuk proyek infrastruktur yang tengah dikelola pemerintah maupun produk-produk berbasis karet alam lainnya yang dapat dikembangkan di dalam negeri antara lain adalah :

- **Rubber pad untuk jalan kereta api**

Pada bantalan kayu maupun besi jalan kereta api (KA), di antara batang rel dengan bantalan dipasang *tie plate* (plat landas) yaitu plat tipis berbahan besi tempat diletakkannya batang rel sekaligus sebagai lubang tempat dipasangnya penambat (*spike*). Sedangkan pada bantalan beton, dipasang *rubber pad*, sama seperti *tie plate* tetapi berbahan karet dan fungsinya hanya sebagai landasan rel, sedangkan lubang/tempat dipasangnya penambat umumnya terpisah dari *rubber pad* karena telah melekat pada beton. Fungsi *rubber pad* selain sebagai tempat perletakan batang rel juga untuk melindungi permukaan bantalan dari kerusakan karena tindihan batang rel, dan sekaligus untuk mentransfer *axle load* yang diterima dari rel di atasnya ke bantalan yang ada tepat dibawahnya (Hendriyana, 2014). Selama ini PT. Kereta Api Indonesia memakai *rubber pad* produk impor dari China, akan tetapi sejak tahun 2014 perusahaan BUMN PT. Pindad (Persero) sudah mampu membuat produk *rubber pad* yang tak kalah mutunya di banding produk impor (PT. Pindad, 2014).



Gambar 23. Rubber pad untuk jalan Kereta Api

Sumber : Hendriyana (2014)

Sebagai salah satu negara terbanyak penduduknya, moda transportasi jalan rel menjadi pilihan bagi masyarakat terutama di pulau Jawa dan sebagian Sumatra, selain relatif murah, bisa digunakan untuk mengangkut penumpang orang dan barang dalam jumlah yang besar. Apalagi jaringan rel KA Trans Sulawesi tahap I yang sudah mulai dibangun sejak tahun 2015 akan selesai tahun 2018 (Kaorinusabtara, 2015). Begitupun pembangunan jaringan rel kereta api Trans Kalimantan yang akan menghubungkan lima provinsi di Kalimantan akan segera dibangun. Saat ini mulai dilakukan studi kelayakan dan penyusunan amdal proyek pembangunan jaringan rel kereta api yang ditargetkan dimulai pada tahun 2018 mendatang (Media Indonesia, 2016). Seiring dengan itu kebutuhan *rubber pad* akan meningkat, sehingga dengan memproduksi *rubber pad* sendiri selain menghemat devisa juga membantu meningkatkan konsumsi karet alam di dalam negeri yang berdampak positif bagi perekonomian negara.

- **Rubber fender untuk pelabuhan laut**

Rubber fender (Dock Rubber Bumper, Fender Dermaga, Fender Kapal) merupakan produk barang jadi bermaterial karet yang digunakan untuk mencegah benturan langsung antara lambung kapal dengan dinding dermaga, dimana hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada sisi kapal yang bersandar maupun pada dermaga. Dikarenakan kegunaannya tersebut, maka *rubber fender* harus mampu menahan energi benturan yang tinggi dan gaya reaksi yang relatif rendah.

Dalam perkapalan, *fender* adalah bumper yang dipasang pada sisi dermaga atau pelabuhan yang bermanfaat untuk meredam benturan yang terjadi pada saat kapal akan merapat ke dermaga atau pada saat kapal yang sedang ditambatkan tergoyang oleh gelombang atau arus yang terjadi di pelabuhan. Untuk mampu melakukan peredaman, maka fender harus memiliki daya serap energi yang tinggi serta gaya reaksi yang rendah. Fender umumnya terbuat dari karet, busa elastomer, atau plastik. Jenis fender yang digunakan tergantung pada banyak variabel, antara lain ukuran dan berat kapal, *stand-off* maksimum yang diizinkan, struktur kapal, variasi pasang-surut, dan kondisi tempat tertentu lainnya. Ukuran fender didasarkan pada energi kapal saat berlabuh yang berhubungan dengan ketepatan kecepatan berlabuh. Dengan kriteria tersebut, karet alam dari hasil modifikasi kimia dengan formulasi kompon tertentu kiranya dapat memenuhi syarat tersebut.



Gambar 24. Rubber fender untuk pelabuhan besar
Sumber : Niri rubber (2016)



Gambar 25. Rubber fender untuk dermaga kecil
Sumber : Niri rubber (2016)

Sebagai negara maritim dan kepulauan, Indonesia memiliki \pm 2.400 pelabuhan laut (Liputan 6, 2014), belum lagi demikian banyak pelabuhan sungai yang tersebar diseluruh pelosok nusantara yang selama ini memanfaatkan ban mobil bekas sebagai *rubber fender*. Oleh karena itu, sudah saatnya Indonesia memproduksi *rubber fender* sendiri dari karet alam untuk merebut posisi *rubber fender* impor yang selama ini dipakai di pelabuhan-pelabuhan laut Indonesia.



Gambar 26. Rubber fender di pelabuhan

Sumber : Trelleborg (2016)

- **Karet bantalan jembatan**

Karet bantalan jembatan atau biasa disebut *Elastomeric Bearing Pad* merupakan salah satu elemen penting untuk jembatan, dan digunakan secara ekstensif di industri konstruksi saat ini, selain pada jembatan produk ini juga digunakan pada *Fly Over* juga pada jalan tol layang. Karet bantalan jembatan mempunyai fungsi untuk menunjang bagian atas jembatan agar tetap pada suatu elevasi yang konstan dan meneruskan semua gaya yang berasal dari bagian atas jembatan ke bagian bawahnya. Elastomer jembatan merupakan tumpuan (*bearing*) yang menghubungkan dan mengontrol interaksi beban dan gerakan diantara elemen-elemen jembatan, yaitu antara bagian atas jembatan (*superstructure*) dan bagian bawahnya (*substructure*).

Pada umumnya tipe karet bantalan jembatan ada 2 yaitu : polos dan plate. Tipe polos adalah karet elastomer jembatan yang diproduksi tanpa ada plat baja yang tertanam didalamnya. Sedangkan tipe plate adalah karet elastomer jembatan yang diproduksi dengan tertanam plat baja didalamnya. Diproduksi dengan sistem vulkanisasi khusus pada karet dan plate, dimana perekat antara karet dan plat baja divulkanisasi dengan tekanan tinggi

sehingga kekuatan dan penyatuan antara karet dengan plat baja tersebut sangat kuat. Adapun ukuran dan penentuan jenis kebutuhan karet elastomer tersebut disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan, mengingat ukuran sangat bervariasi tergantung dari beban jembatan, beban kendaraan yang melewati jembatan tersebut, baik beban vertikal maupun beban horizontal,



Gambar 27. Karet bantalan jembatan
Sumber : Trinity (2016)



Gambar 28. *Elastomeric Bearing Pad* pada jembatan
Sumber : Trinity (2016)

- **Bendung karet (*Rubber dam*)**

Menurut Balitbang PU (2004) bendung karet merupakan hasil pengembangan jenis bendung tetap menjadi bendung gerak dengan membuat tubuh bendung dari tabung karet yang dikembangkan. Bendungan karet berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembungkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskannya. Pembukaan bendung bisa dilakukan secara otomatis dengan pengempisan tabung karet tersebut, sedangkan pengembangannya hanya bisa dilakukan secara manual. Dibandingkan dengan bendung tetap dan bendung gerak pintu, bendung karet memiliki kelebihan di samping kekurangan yang ada. Bendung karet pertama kali dibangun tahun 1957 di Amerika Serikat dengan menggunakan bahan tekstil untuk membentuk tubuh bendung. Pada tahun 1978 bahan tersebut dikembangkan menjadi serabut nilon yang dibungkus dengan karet sintesis. Pembangunan bendung karet di Indonesia dimulai tahun 1990 yaitu bendung karet Menturus di sungai Berantas bagian hilir.

Luknanto (2002) serta Bramantyo dan Ferry (2002) menyatakan bahwa fungsi utama bendung karet adalah pemanfaatan alur sungai sebagai tandon air memanjang pada musim kemarau tanpa menyebabkan dampak banjir dimusim hujan. Hal ini tercapai karena pada musim kemarau bendung karet dikembangkan dan pada musim hujan dikempiskan. Jika bendung karet tersebut terletak di daerah pesisir yang terpengaruh oleh intrupsi air laut yang asin, maka fungsi bendung karet bertambah yaitu sebagai pencegah masuknya air asin ke hulu. Dengan demikian manfaat bendung karet adalah (1) penyedia air bersih daerah pedesaan; (2) penyedia air irigasi; (3) pengendali banjir; dan (4) pencegah intrupsi air laut.

Menurut Balitbang PU (2004) didalam pembuatannya, terdapat 2 macam bendung karet yaitu :

- Bendung karet isi udara, merupakan bendung karet yang menggunakan udara sebagai media pengisi tabung karet.
- Bendung karet isi air, merupakan bendung karet yang menggunakan media air sebagai media pengisi tabung karet.

Bendung karet yang diisi udara relatif lebih mudah dan cepat dalam pengoperasiannya, baik saat pengembungan maupun saat pengempesan, sehingga saat ini lebih banyak bendung karet isi udara yang dibangun di berbagai pelosok Indonesia. Menurut Balitbang PU (2004) pada umumnya bahan karet yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Kekerasan. Tes abrasi menggunakan metode H18 dengan beban 1 kg pada putaran 1000 kali tidak melampaui 0,8 m³/mil
- Kuat Tarik. Kuat tarik pada suhu normal ≥ 150 kg/cm² dan kuat tarik pada suhu 100°C ≥ 120 kg/cm²
- Bahan karet diperkuat dengan susunan benang nilon yang memberikan kekuatan tarik sesuai dengan yang dibutuhkan.
- Untuk mengurangi goresan oleh benda tajam/keras, permukaan luar karet bisa dilapisi dengan bahan keramik.
- Kekuatan lembaran karet harus mampu menahan gaya tekanan air dikombinasikan dengan gaya tekanan udara dari dalam tubuh bendung. Tebal lembaran karet ditentukan oleh tebal susunan benang nilon ditambah lapisan penutup di kedua sisinya untuk menjamin kedap udara. Lapisan penutup sisi luar dibuat lebih tebal untuk pengamanan terhadap goresan ataupun abrasi oleh benda keras. Biasanya tebal lapisan penutup diambil sekitar 3 mm di permukaan dalam dan 7 mm di permukaan luar.



Gambar 29. Bendungan karet
Sumber : Balitbang PU (2004)

Selama ini bahan baku karet yang umumnya digunakan untuk pembuatan bendung karet tersebut adalah karet sintetis seperti *ethylene propylene diene monomer* (EPDM), *chloroprene rubber* (CR), akan tetapi dengan adanya karet alam hasil modifikasi kimia, maka karet alam tersebut dapat menggantikan posisi karet sintetis sebagai bahan baku bendung karet.

- **Paving block karet**

Suara Merdeka (2006) memberitakan bahwa trotoar di Washington dan beberapa kota lain di Amerika Serikat sejak tahun 2006 tidak lagi terbuat dari *paving block* semen atau beton, akan tetapi terbuat dari karet. Ternyata trotoar tersebut terbuat dari olahan ban-ban bekas yang dibuat menjadi bubuk karet kemudian dengan tambahan zat pengikat kimia, selanjutnya dicetak dibentuk persegi sesuai ukuran trotoar.

Trotoar dari karet tersebut lebih aman dan mudah pemeliharaannya dibanding yang dari beton. Dan lebih awet karena akar-akar pohon dan cuaca pada musim dingin tidak akan mampu membuat trotoar ini retak.

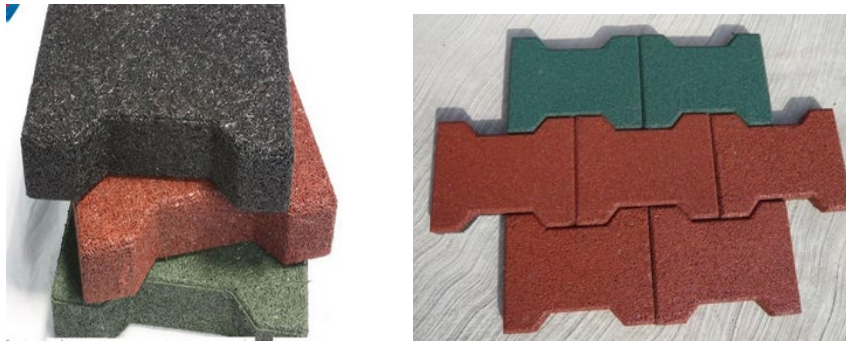
Bahkan, tidak ada lagi kejadian seseorang terpeleset atau terperosok ke dalam retakan-retakan trotoar. Di negara maju hal ini menjadi penting karena juga berarti mengurangi kasus gugatan warga terhadap pemerintah. Dikarenakan warga cedera karena terperosok trotoar bisa menuntut ganti rugi dari pemerintah setempat. Permukaan trotoar karet juga lebih menyerap getaran, sehingga lebih nyaman buat para pelari *jogging*. Disamping itu berjalan-jalan di atas trotoar karet juga lebih aman bagi para penderita penyakit lutut atau tulang. Trotoar karet juga tidak mengganggu akar-akar pohon seperti halnya kalau dipasang trotoar beton. Saat pohon-pohon tumbuh besar, seringkali akar-akarnya membuat retak trotoar.



Gambar 30. Trotoar karet di Washington USA
Sumber : Suara Merdeka (2006)

Berkaca dari negeri Paman Sam tersebut, maka Indonesia sebagai negara penghasil karet alam dunia terbanyak ke 2, sudah seharusnya mulai mengganti trotoar-trotoar semennya dengan trotoar berbahan karet yang ramah lingkungan dengan bahan baku karet alam Indonesia yang diproduksi sendiri di dalam negeri, mengingat selama ini banyak paving block karet

yang dipasarkan di Indonesia di toko maupun secara *on line* kebanyakan merupakan produk dari negeri China yang dibuat dengan bahan baku karet sintetis EPDM, NBR, SBR dan limbah karet remah.



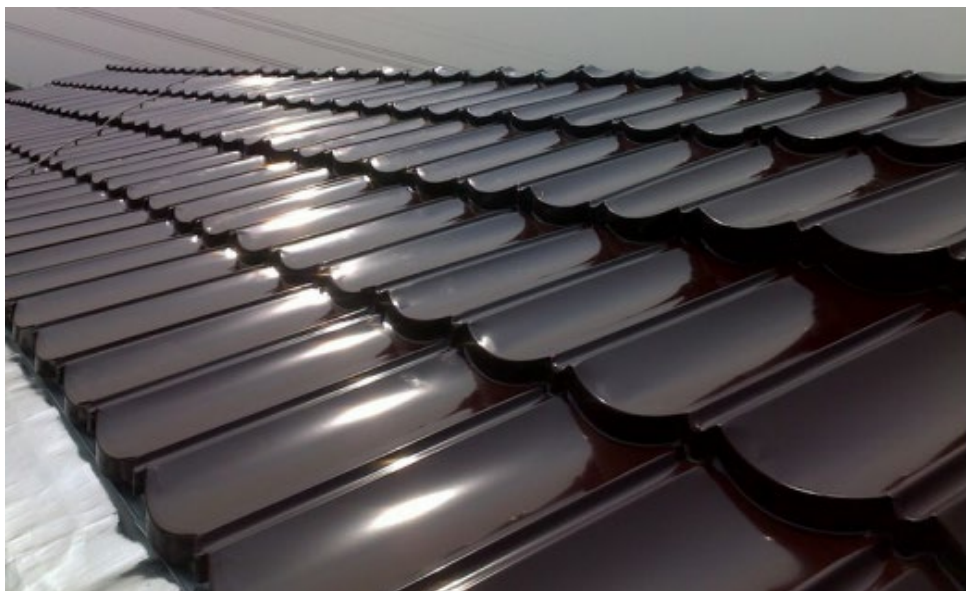
Gambar 31. Paving block karet
Sumber : Alibaba

- **Genteng karet**

Dalam perkembangan pembangunan di Indonesia berkembang dengan sangat pesat, dalam perkembangan ini maka diperlukan banyak bahan bangunan yang dalam jumlah yang besar pula. Salah satu bahan yang banyak digunakan adalah genteng terutama untuk bangunan-bangunan perumahan maupun kantor, dengan fungsi utama adalah menahan panas sinar matahari dan curahan air hujan.

Genteng yang bermutu baik adalah genteng yang tahan segala cuaca, tahan pecah, tahan banting dan awet dalam penggunaannya (Ariyadi, 2010). Dimana genteng dengan karakteristik seperti itu diantaranya dipenuhi oleh genteng karet. Selama ini banyak genteng karet yang dipasarkan di Indonesia di toko maupun secara *on line* kebanyakan merupakan produk dari negeri China yang dibuat dengan bahan baku karet sintetis EPDM, NBR, SBR dan limbah karet remah. Oleh karena itu, dalam rangka meningkatkan diversifikasi produk dan konsumsi karet alam dalam

negeri, maka sudah saatnya Indonesia memproduksi genteng berbahan baku karet alam.



Gambar 32. Genteng karet
Sumber : Alibaba

VII. INDUSTRI BARANG JADI KARET BERBAHAN BAKU LATEKS YANG BERKEMBANG INDONESIA

7.1. Sarung Tangan Berbahan Baku Lateks Iradiasi

Pembuatan produk celup karet lateks alam iradiasi sarung tangan yang dikerjakan oleh industri rumah di beberapa daerah dapat menghasilkan rata-rata 50 pasang sarung tangan per hari/orang. Produk industri karet tersebut cukup baik kualitasnya dan memenuhi standar, sehingga dapat dikembangkan sebagai salah satu produk ekspor (Utama, 1985). Pada saat kondisi ekonomi tidak baik ini dan banyak pekerja yang mengalami PHK, maka usaha ini sangat mungkin sebagai alternatif untuk mengurangi pengangguran dengan usaha home industri lateks alam iradiasi.



Gambar 33. Sarung tangan lateks
Sumber : Alibaba (2016)

7.1.1. Proses pembuatan sarung tangan

- a. Aduklah lateks alam iradiasi atau bahan penggumpal pelan-pelan sebelum proses pencelupan.
- b. Celupkan cetakan sarung tangan dalam bahan penggumpal, selama 15 detik, angkat dan balikkan cetakan tersebut, kemudian celupkan lagi ke dalam lateks alam iradiasi balikan dan ulangi dicelupkan ke dalam lateks alam iradiasi.
- c. Kemudian letakkan cetakan lateks alam iradiasi tersebut dilantai dan biarkan hingga kering sendiri.
- d. Setelah kering dilepaskan sarung tangan dari cetakan.
- e. Rendam sarung tangan tersebut ke dalam air bersih selama 17 jam, atau direbus selama 1 jam, kemudian cucilah sampai bersih.
- f. Jemur sarung tangan sampai kering dan kemaslah dalam kantong plastik, selanjutnya siap dipasarkan

7.2. Karet Busa

Karet busa selama ini didominasi oleh karet sintetis poliuretan yang harganya jauh lebih murah sehingga karet busa alam semakin ditinggalkan. Karet busa banyak dikonsumsi untuk berbagai keperluan seperti kasur, bantal, jok, komponen sepatu, penyekat, dan pelapis bagian dalam jaket. Perkembangan baru menunjukkan bahwa proses produksi busa poliuretan beresiko tinggi karena bahan bakunya beracun dan karsiogenik. Karena itu akhir-akhir ini ada kecenderungan meningkatnya permintaan karet busa dari karet alam. Karena dianggap lebih aman, ramah lingkungan, memiliki daya elastis dan daya lenting yang sempurna, tahan panas dan memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan. Peluang tersebut perlu dimanfaatkan dengan sasaran menumbuhkan usaha di lingkup pedesaan, menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan nilai tambah petani karet. Namun selama ini masih belum ditemukan cara produksi yang murah,

mudah dan aman untuk dilakukan, sehingga perlu pengetahuan baru untuk dapat memproduksi karet busa alam dan diperkirakan dapat ditempuh melalui perkembangan usaha baru yaitu menjadi produsen karet busa yang dikelola secara kelompok tani.

Dibanding karet busa sintetis, karet busa alam lebih unggul dalam hal kenyamanan dan umur pakai, karena memiliki ketahanan sobek yang lebih tinggi, tegangan putus. Untuk memberikan nilai kepegasan yang sama, busa alam hanya memerlukan ketebalan sepertiga dari busa sintetis, jadi karet busa alam lebih efektif. Karet busa alam juga aman digunakan dan aman untuk diproduksi tidak bersifat karsinogenik. Oleh karena itu, permintaan terhadap karet busa alam untuk berbagai industri cenderung meningkat terutama untuk perlengkapan tidur, jok mobil serta industri tekstil untuk pelapis bagian dalam jaket. Sedangkan proses pembuatan karet busa sintetis memiliki resiko yang cukup tinggi karena bahan bakunya isosianat beracun dan bersifat karsinogenik.

7.2.1. Proses pengolahan karet busa alam

Proses pembuatan karet busa alam melalui 5 tahap adalah konversi lateks kebun menjadi lateks pekat, pembuatan kompon lateks, pengocokan dan pembusaan kompon lateks dan vulkanisasi kompon lateks, pengeringan karet busa dan finishing pemotongan dan pengemasan.

- a. *Konversi lateks kebun.* Konversi lateks kebun kadar karet kering 25-28% menjadi lateks pekat 55-60%, proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan mesin sentrifugasi atau pendadihan. Untuk industri besar sebaiknya menggunakan mesin sentrifugasi karena lebih efisien dan dapat digunakan untuk kapasitas cukup banyak, sedangkan untuk industri kecil menggunakan pendadihan karena harganya lebih murah.

- b. Pembentukan kompon lateks.* Pembentukan kompon lateks yaitu pencampuran lateks pekat dengan bahan-bahan kimia, proses ini dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan kimia tertentu yaitu bahan pembusa, vulkanisasi, pengisi dan akselerator. Alat yang digunakan dalam proses ini gilingan pendispersi, bahan yang sering digunakan adalah belerang, karena lebih efektif dalam pembentukan gel lateks. Tujuan pembuatan kompon adalah untuk memperbaiki sifat-sifat fisika dan kimia yang kurang menguntungkan suatu produk barang jadi. Campuran diaduk perlahan-lahan dan dijaga jangan sampai terjadi pengotoran sampai campuran tersebut homogen, campuran ini disebut kompon lateks. Sebelum dicetak kompon lateks ini berbentuk cairan sehingga perlu ditambahkan bahan pemantap kedalam kompon lateks agar tidak menggumpal.
- c. Pengocokan dan pembusaan.* Pengocokan dan pembusaan agar terbentuk komponen lateks yang berbuih sehingga strukturnya lebih renggang atau berpori. Kemudian lateks dituangkan kedalam cetakan. Pembentukan busa dilakukan dengan cara penambahan hidrogen peroksida 15% kedalam campuran kompon dan dilanjutkan dengan pengadukan, cara ini ternyata mengalami kendala yaitu komponen cepat menggumpal sebelum busa terbentuk, sehingga ditambahkan ZnO dan Amonium Khlorida untuk mencegah penggumpalan selama pengocokan dan pembusaan bisa menjadi 7-10 kali volume kompon.
- d. Vulkanisasi.* Vulkanisasi yang disebut dengan pemasakan karet agar komponen lateks menjadi busa yang stabil, struktur karet yang lebih baik dan koloid lateks dapat terdispersi secara merata atau homogeny. Pada proses ini molekul-molekul karet oleh belerang membentuk suatu jaringan tiga dimensi dan karet yang semula plastis akan berubah jadi elastis, reaksi antara molekul molekul karet dengan belerang berlangsung sangat lambat membutuhkan waktu beberapa

jam. Waktu vulkanisasi barang karet yang tebal dengan suhu 140°C adalah cukup lama karena karet merupakan penghantar panas yang buruk, sebaliknya untuk karet yang tipis dengan suhu 160°C waktu vulkanisasi lebih singkat.

- e. *Pengepresan*. Pengepresan bertujuan untuk mengeluarkan sisa-sisa air yang terdapat didalam busa karet yang masih basah.
- f. *Pengeringan*. Pengeringan dapat dilakukan secara sederhana dengan oven yang dialiri uap panas dengan suhu 60-70°C selama 4–36 jam tergantung ketebalan karet busa, kalau suhunya terlalu tinggi menyebabkan karet busa jadi lengket dan berubah warna. Sedang yang cara modern pengeringan dilakukan dengan *microwave*.
- g. *Pemotongan dan pengemasan*. Setelah karet kering lalu dipotong-potong lalu dikemas dan siap untuk dipasarkan.



Gambar 34. Karet busa alam
Sumber : Orvon (2014)

7.3. Karet Gelang

Karet gelang atau gelang karet adalah potongan karet berbentuk gelang yang dibuat untuk mengikat barang. Karet gelang bersifat elastis sehingga berguna untuk membantu pekerjaan ikat mengikat bungkus makanan, kantong plastik, menguncir rambut dan sebagainya. Karet gelang terdiri dari berbagai macam ukuran, dari yang besar hingga yang kecil, dari yang tebal hingga yang tipis.

Bahan baku karet gelang adalah karet alam hingga berwarna kuning, sedang karet gelang yang berwarna warni perlu ditambahkan bahan pewarna. Produsen juga ada yang membuat karet gelang yang tahan minyak dan tahan segala cuaca. O-ring berbentuk mirip karet gelang tapi dibuat dari elastomer dan digunakan sebagai seal. Dibandingkan dengan karet gelang, O-ring tidak begitu elastis. Sebagian besar karet gelang dibuat dari karet alam, tetapi ada juga yang dibuat dari karet sintetis tapi kalah populer dari karet alam yang lebih elastis. Prinsip pembuatan karet gelang sangat sederhana, karet berbentuk selinder atau tabung panjang dipotong potong menjadi karet gelang sesuai ukuran (Tunkid, 2010).

7.3.1. Proses pembuatan karet gelang

Tahapan proses pembuatan karet gelang adalah sebagai berikut :

- a. Tahap awal adalah pemurnian lateks kebun untuk menghilangkan kotoran dengan cara penyaringan.
- b. Dimasukan dalam tong besar ditambah asam asetat atau asam format, partikel karet menempel bersama untuk membentuk lembaran.
- c. Lembaran tersebut dijepit diantara rol untuk membuang kelebihan air dan ditekan ke bal atau blok.
- d. Pencampuran dan penggilingan
 - Lembaran tersebut dimasukkan dalam mesin pemotong untuk dipotong potong kecil, lalu dicampur dengan bahan lainnya yaitu

belerang untuk memvulkanisir, pigmen berwarna dan bahan kimia lainnya untuk meningkatkan elastisitas karet gelang, banyak produsen yang menggunakan Mixer Banbury menghasilkan produk yang lebih seragam.

- Penggilingan apabila karet sudah dipanaskan lalu diratakan dengan mesin penggiling, lalu dipotong menjadi strip.
 - Strip tersebut dimasukkan kedalam sebuah mesin mengekstruksi karet untuk membentuk tabung karet.
- e. Pengawetan dan pengirisan. Walaupun karet telah divulkanisir tetapi masih agak rapuh dan perlu diolah kembali sebelum menjadi elastis dan dapat digunakan. Untuk mencapai hal ini tabung karet dimuat ke rak yang dikukus dan dipanaskan dalam mesin. Seanjutnya tabung karet dimasukan kedalam mesin lainnya untuk diproses menjadi irisan karet gelang .



Gambar 35. Karet gelang
Sumber : Honbiq (2016)

7.4. Sol Sepatu

Pembuatan barang menjadi karet, seperti sol sepatu adalah salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah karet alam dan untuk mengembangkan industri berbasis karet alam dalam negeri. Sol sepatu karet merupakan produk barang jadi karet yang dikategorikan sebagai produk karet penggunaan umum. Produk ini memiliki serapan konsumsi karet alam yang cukup besar sehingga apabila dapat mengembangkan industrinya seperti melalui mendesain kompon karet dengan biaya yang lebih murah maka berdampak pada peningkatan konsumsi karet dan dalam negeri.

Sol karet yang bermutu biasanya dibuat dari karet alam. Hal ini disebabkan karet alam mempunyai beberapa keunggulan, yaitu memiliki kepegasan pantul yang baik, kalor timbul yang rendah, tegangan putus tinggi, ketahanan retak lentur baik, fleksibel baik, kuat dan tahan lama, bahkan dapat digunakan pada suhu -60°F . Sifat-sifat inilah yang diperlukan dalam pembuatan sol karet.



Gambar 36. Sol sepatu
Sumber : Orvon (2014)

7.4.1. Proses pembuatan sol sepatu

Dalam proses pembuatan sol sepatu ada 2 tahap yaitu pembuatan kompon dan dilanjutkan dengan proses pembentukan sol sepatu :

a. Pembuatan kompon

- Karet mentah terlebih dahulu dilunakkan yang disebut dengan proses mastika yang bertujuan untuk mengubah karet padat dan keras menjadi lunak (viskositas berkurang) agar proses pencampuran dengan bahan kimia menghasilkan dispersion yang merata.
- Pada proses pencampuran kompon karet biasanya menggunakan alat pencampur (mixer) dapat berupa Internal mixer (mesin giling tertutup) atau mesin giling terbuka (Openmill). Alat yang paling sederhana adalah mesin giling terbuka yang terdiri dari dua rol keras dan permukaannya licin. Kecepatan berputar kedua rol berbeda (penggilingan dengan friksi). Lebar celah diantara dua rol dapat diatur dan disesuaikan dengan banyaknya kompon dan keadaan kompon,
- Formulasi kompon disusun sedemikian rupa agar dapat menghasilkan sol karet yang sesuai untuk jenis sepatu dengan sol lunak (soft sole) dan jenis sepatu dengan sol keras (hard sole).
- Pencampuran dimulai setelah karet menjadi elastis dan suhu rol hangat. Celah 2 rol (nip) diatur sedemikian rupa sampai diperoleh tumpukan material diatas rol yang disebut bank, kemudian bahan kimia bentuk serbuk segera ditambahkan kecuali belerang.
- Penambahan bahan pengisi dilakukan sedikit demi sedikit. Langkah terakhir adalah pemasukan belerang.
- Setelah semua bahan kimia tercampur, kompon karet yang dihasilkan dipotong dan dikeluarkan dari gilingan, kemudian dimasukkan gilingan lagi untuk dibentuk menjadi bentuk lembaran dengan ketebalan sesuai dengan kebutuhan dan biasanya dalam proses ini disebut dengan *Press Moulding*.

b. Proses pembentukan sol sepatu

- Pada mesin kempa vulkanisasi, kompon karet diberi bentuk dan divulkanisasi pada mesin yang sama. Proses vulkanisasi adalah proses pemasakan karet mentah menjadi vulkanisat. Vulkanisasi merupakan proses irreversible (tidak dapat balik) yang menggabungkan rantai-rantai molekul karet secara kimiawi dengan molekul belerang membentuk ikatan tiga dimensi.
- Dalam proses ini menggunakan suhu 150°C, Sehingga karet mentah yang semula plastis setelah vulkanisasi berubah menjadi elastis, kuat, dan ulet.

7.5. Serat Sabut Berkaret (Sebutret)

Sebutret (serat sabut berkaret) merupakan paduan antara sabut kelapa dan karet alam. Berbagai produk sebutret antara lain seperti *Coir Matrass* (matras sabut kelapa) atau cocomatras, bahan jok mobil, jok kapal bahkan jok pesawat telah menggunakan aplikasi sebutret, jok mebelair, kasur dan bantal guling. Kegunaan lain dari sebutret dapat digunakan sebagai aplikasi peredam suara studio musik yang hasilnya dapat dibandingkan dengan peredam suara sintetis (Van, 2002)

Menurut BPTK (2003) sebutret memiliki beberapa keunggulan yaitu lebih ringan jika dibandingkan dengan karet busa, hal ini disebabkan sabutret terdiri atas karet dan serat-serat bergelombang yang memiliki pori-pori yang besar. Produk sebutret dapat dibuat dengan kerapatan bervariasi sesuai dengan kebutuhan sehingga berat tiap volum (density) sebutret juga berbeda-beda. Sebutret mempunyai kepegasan yang baik, sejuk dan dingin karena terbuat dari karet alam dan memiliki rongga yang besar, tahan terhadap air dan bakteri karena serat-serat yang membentuk jaringan, diikat dan dibalut lapisan karet, bebas dari segala macam kutu dan serangga, tidak berdebu seperti kapuk dan pemakaiannya tidak berisik karena mampu

meredam bunyi (Sinurat, 2003). Sebutret ini juga lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan dengan busa sintetis yang dapat menghasilkan gas berbahaya (isocyanat) untuk kesehatan (Maspanger *et al.*, 2005).

Keunggulan dari produk sebutret antara lain memiliki bobot ringan dan berpori karena memiliki rongga dengan pori-pori yang lebar. Kemudian sebutret memiliki sirkulasi udara yang baik sehingga tidak menimbulkan panas pada pemakainya, meskipun dalam kondisi lama diduduki atau ditinggalkan. Kondisi ini menyebabkan produk seperti cocomatras sangat bagus untuk meningkatkan kualitas tidur, dan menghindari terjadinya sakit tulang belakang. Bagusnya sirkulasi udara pada cocomatras sangat baik untuk matras bayi, hal ini akan sangat membantu juga untuk menyerap bau pesing dari air kencing bayi. Sifat lentur pada sebutret, menyebabkan produk ini istimewa, sehingga awet, tidak kempis atau lekuk asal tidak dipanasi lebih dari 90°C. Satu hal yang lebih spesial, menggunakan produk ini memiliki efek refleksi pada tubuh serasa dipijat akibat serat keriting yang digunakan.

7.5.1. Proses pembuatan sebutret

Pembuatan sebutret meliputi empat proses yakni proses pengolahan sabut kelapa menjadi serat keriting, proses pengolahan disperse kimia, proses pengolahan lateks dan proses pembuatan sebutret. Adapun proses selengkapnya adalah sebagai berikut :

- a. Proses pengolahan sabut kelapa menjadi serat keriting
 - Pada tahap ini kulit kelapa yang kering digiling dengan mesin pemecah sabut untuk diambil seratnya. Selanjutnya serat gilingan disortir untuk memisahkan serat kasar dan halus. Setelah dipisah, serat kasar digiling ulang, sedang serat halus dipintal membentuk semacam tambang. Hasil pintalan serat dioven selama 4 jam dalam suhu 80°C. Usai dioven, pintalan kering diperam selama sehari

semalam. Kemudian pintalan yang telah diperam dibongkar atau diurai kembali untuk menjadi serat keriting.

- Terdapat tiga cara untuk memperoleh serat keriting, yaitu dengan mengurai pintalan serat yang mengalami proses pengeritingan cara kering, pengeritingan cara basah, dan pengeritingan dengan pemanasan oleh uap air mendidih. Pada proses kering, serat dipintal dalam kondisi alami (kering). Pada proses basah serat yang akan dipintal terlebih dahulu dibasahi dengan sedikit air. Pada pemanasan dengan uap air mendidih, serat yang telah dipintal dilakukan dengan uap panas. Perlakuan penambahan air dan pemanasan dengan uap air mendidih bertujuan agar serat menjadi lemas dan mengikuti bentuk spiral atau sinusoidal (Sinurat, 2001).
 - Pintalan serat yang diproses dengan cara kering, cara basah, dan pemanasan dengan uap air mendidih dikeringkan hingga mencapai kadar air keseimbangan. Pengeringan bertujuan agar serat menjadi berbentuk sinusoidal dan plastis atau tidak mudah kembali ke bentuk semula. Setelah proses pengeringan pintalan serat didinginkan dan diperam pada suhu ruangan.
- b. Proses pengolahan disperse kimia
- Pada proses ini padatan kimia ditimbang sesuai formula. Selanjutnya kedalam guci keramik perpeluru, dituangkan satuan padatan kimia sesuai ukuran yang dibakukan dan ditambah air.
 - Setelah itu keramik berisi padatan kimia dan air diputar selama 24 jam pada mesin pengocok (*ball mill disperse*) agar bersenyawa.
 - Kemudian senyawa cairan kimia dituang atau disimpan dalam keadaan tertutup dalam bejana plastik dan siap digunakan untuk proses pengolahan lateks karet alam.

c. Proses pengolahan lateks

- Lateks kebun disaring, ditimbang sesuai kebutuhan. Sesuai formula, larutan kimia dituangkan kedalam lateks kebun untuk memisahkan lateks dari air, melalui pendidihan atau sentrifuse.
- Selanjutnya adonan lateks berbahan kimia diaduk dengan mesin steerer (homogenizer) minimal selama 4 jam agar terjadi senyawa yang diharapkan.
- Adonan yang sudah senyawa diperam tertutup selama 7 hari agar terjadi pemisahan antara air dan lateks pekat 60%.
- Kemudian lateks pekat 60% ditambah dengan larutan kimia sesuai formula yang dibakukan menggunakan homogenizer selama 4 jam, maka jadilah kompon.

d. Proses pengolahan Sebutret

- Serat sabut kelapa yang sudah keriting, sesuai ukuran, density dan ingredientnya kemudian dicetak dalam cetakan secara manual sesuai dengan kebutuhan.
- Setelah serat keriting dalam cetakan kemudian disemprot tahap I dengan kompon menggunakan gun sprayer didorong udara dari kompresor.
- Setelah terlapis kompon kemudian dioven (tahap I) selama 1 jam dengan suhu 60°C.
- Setelah satu jam, kemudian dikeluarkan dari oven dan semprot tahap II, setelah itu dioven kembali selama 4 jam dengan suhu 80-90°C dan jadilah sebutret.



Gambar 37. Sebutret
Sumber : Orvon (2014)

7.6. Kondom

Kondom adalah alat kontrasepsi atau alat untuk mencegah kehamilan atau penularan penyakit kelamin yang terbuat dari lateks.

7.6.1. Proses pembuatan kondom

Menurut Murphy (1990) dan RSDC (2013) pada prinsipnya proses pembuatan kondom terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu : (1) Pembuatan kompon; (2) Pemeraman; dan (3) Produksi.

a. Pembuatan kompon

Pembuatan kompon merupakan pencampuran bahan dasar lateks dengan beberapa bahan kimia seperti sulfur, ZnO, nocrac, perkacit, dan Vufanol melalui proses pencampuran selama 4-5 hari. Pencampuran dilakukan dalam alat drum besar yang bernama *Balls Mills*. Pada

proses ini akan memperkecil ukuran partikel bahan sebelum menjadi kondom.



Gambar 38. Alat balls mills
Sumber : Murphy (1990)

b. Pemeraman

Setelah proses ball mills, bahan-bahan yang sudah tercampur tersebut divulkanisasi. Pada proses ini bahan-bahan kimia kemudian dicampur lagi dengan bahan-bahan penyetabil suspensi selama 7,5 jam, untuk kemudian dimatangkan selama kurang lebih 4 hari.



Gambar 39. Alat pemeraman (*storage*)
Sumber : Murphy (1990)

c. Produksi

Proses produksi terdiri dari 4 bagian yaitu (1) proses Dipping; (2) post treatment; (3) test quality; dan (4) lubricating dan packaging.

Proses Dipping

Tahap ini merupakan tahap pembentukan produk. Tahap pembentukan dilakukan dengan 1 unit mesin memanjang yaitu Dipping Machine (Gambar 40).



Gambar 40. Mesin dipping
Sumber : Murphy (1990)

- Former Cleaning. Bagian ini membersihkan glass forming dengan menyemprotkan air lalu dikeringkan dengan soft nylon brush yang berputar. Lateks Dipping 1. Glass forming dicelupkan pada cairan latex untuk pertama kalinya.
- Drying Oven. Setelah proses pencelupan, cairan yang telah menempel di permukaan glass forming (lateks film) dikeringkan dengan menggunakan electric infra red heating, dan langsung didinginkan dengan udara bertekanan.

- Lateks Dipping 2. Untuk kedua kalinya, glass forming yang sudah dilapisi lateks pada Dipping 1, dicelupkan kembali ke dalam bak pencelupan kedua.
- Drying Oven. Setelah keluar dari bak pencelupan kedua, glass forming kembali memasuki oven untuk proses pengeringan.
- Beading. Proses ini membentuk ring dibagian pangkal kondom. Prosesnya menggunakan 2 buah roll yang berputar.
- Drying Oven. Proses pengeringan terakhir, prosesnya masih sama, yaitu menggunakan panas yang berasal dari electric infrared dan didinginkan dengan udara bebas.
- Leaching. Merupakan bak pencucian, yang dilengkapi dengan electric heating termostat untuk mengontrol suhu air dan water over flow, untuk mengatur volume air. Proses ini bertujuan membersihkan kondom dari semua bahan kimia terlarut dan menghilangkan protein dalam lapisan lateks
- Stripping. Pada bagian ini, kondom yang melekat pada glass forming dilepas dengan menyemprotkan air bertekanan. Produk dalam kondisi basah dan dikumpulkan dalam bak penampungan.



Gambar 41. Proses dipping
Sumber : Murphy (1990)

Proses Post Treatment

Pada post treatment ini, kondom di treatment dengan menggunakan air yang dicampur bahan kimia Anti Tack K dan Anti Tack G. Tahap berikutnya kondom dikeringkan dalam mesin thumbling, menjalani proses pengeringan selama sekitar 3,5 jam dengan bubuk nipsil, hisil, dan carplex, untuk mecegah pelekatan produk.



Gambar 42. Mesin thumbling
Sumber : Murphy (1990)

Quality Test

Quality Test produk ini, mengikuti standarisasi yang sangat tinggi karena menuntut tingkat keamanan dan higienis produk.

Proses Lubricating & Foil Packaging

Pada tahap ini dilakukan pelumasan permukaan luar produk dengan sejenis silicon oil yang berfungsi sebagai pelumasan, tahap ini dinamakan lubricating. Setelah itu dilanjutkan dengan tahap pengemasan produk dengan bahan foil. Tahap ini merupakan tahapan terakhir dalam proses produksi kondom. Produk outputnya masih diberlakukan quality test, yaitu Quality Test ke-3.



Gambar 43. Pengemasan
Sumber : Murphy (1990)

PENUTUP

Industri karet alam di masa datang akan mempunyai prospek yang semakin cerah, terutama karena adanya kesadaran akan kelestarian lingkungan dan sumberdaya alam, kecenderungan penggunaan *green tyre*, meningkatnya industri polimer pengguna karet alam, serta semakin langka sumber sumber minyak bumi dan semakin mahalnya harga minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan karet sintetis. Sehubungan dengan itu, maka pemerintah harus melakukan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, peningkatan produktivitas kebun karet, peningkatan kualitas bahan olah karet, peningkatan diversifikasi modifikasi kimia karet alam maupun diversifikasi produk karet alam yang semakin kehilir, serta perluasan pasar domestik beriku pasar luar negeri yang akan berdampak positif bagi perekonomian Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, J.G. 1990. *Pengetahuan Kompon Karet.. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet*. Bogor : Pusat Penelitian Karet.
- Alfa, A.A. 2000. *Pengembangan Karet Alam Berprotein Rendah sebagai Bahan Baku Industri Karet Siklo di PTP Nusantara III*. Bogor : Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Alfa, A.A. 2002a. *Produksi Karet Berprotein Rendah dari Lateks Karet Alam dengan Menggunakan Papain*. Tesis pada Program Pasca Sarjana IPB.
- Alfa, A.A. 2002b. *Pengembangan Pengolahan Karet Siklo dan Masterbat Siklo dari Lateks Karet Alam*. Bogor : Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Alfa, A.A. 2003. *Bahan Kimia untuk Kompon*. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat. Bogor : Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Alfa, A. A., I. Sailah, dan Y. Syamsu. 2003. Pengaruh Perlakuan Lateks Alam dengan H₂O₂-NaOCl terhadap Karakter Lateks dan Kelarutan Karet Siklo dari Lateks. Simposium Nasional Polimer IV, Jakarta, 8 Juli 2003;
- Alfa, A. A., dan Y. Syamsu. 2004. Sifat dan Kegunaan Karet Alam Siklik dari Larutan Karet dan Lateks. Prosiding Seminar Nasional VII Kimia dalam Pembangunan, Hotel Santika Yogyakarta 25-26 Mei 2004.
- Alfa, A.A., E.G. Said, T.T. Irawadi, I. Sailah dan Z.A. Mas'ud. 2007. Proses produksi nlateks karet alam berprotein rendah untuk bahan baku siklisasi karet alam dalam fasa lateks. *Jurnal Inovasi* 6(2) : 101-107.
- Alibaba. 2016. Rubber paving blocks. <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/dog-bone-rubber-paving-blocks-rubber-pavers-tiles-bricks-60390084125.html>. (Diakses 1 November 2016).
- Ariyadi, Y. 2010. *Pengujian Karakteristik Mekanik Genteng*. Surakarta : Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Astrid, D., I. Febrianti, R. Mulyasari, A.S. Hidayat, A.T. Hidayat, S.D. Rachman, I.P. Maksum, I. Rahayu dan R.U.M. Soedjanaatmadja. 2014. Proses deproteinasi karet alam (DPNR) dari lateks *Hevea brasiliensis* Muell Arg. dengan cara enzimatis. *Chimica et Naturae Acta* 2(2) : 105-114.
- Baker, C.S.L. and D. Barnard. 1986. An overview of the chemical modification of natural rubber. In. J. Lal *et al.* (Eds). *Advances in Elastomers and Rubber Elasticity*. (pp. 175-195). New York, USA : Springer Science.
- Balitbang Deptan. 2007. *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Karet*. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian RI.
- Balitbang PU. 2004. *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Bendung Karet Isi Udara*. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum. Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Blow, C.M. and C. Hepburn. 1982. *Rubber Technology and Manufacture*. London, UK : Butterworths. 407p.
- BPTK. 2009. *Pemanfaatan Karet Alam Sebagai Bahan Aditif Aspal dan Beton untuk Meningkatkan Kualitas Jalan dan Konsumsi Domestik Karet Alam Sekitar 10%*. Bogor : Balai Penelitian Teknologi Karet, Balitbang Pertanian
- BSN. 1992. *Standar Nasional Indonesia Lateks Pekat. SNI 01-2907-2008* (p.20). Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Cahyo, A.N., J. Saputra, M. Purbaya, dan T. Wijaya. 2016. Carbon footprint dalam proses budidaya tanaman karet dan produksi beberapa produk karet. *Warta Perkaretan* 30(1) : 49-66.
- Cifriadi, A., E. Budianto dan A.A. Alfa. 2011. Karakterisasi karet siklo berbasis lateks karet alam berbobot molekul rendah. *Jurnal Penelitian Karet* 29(1): 35-48..
- Cowd, M.A. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Dewi, I.R. dan Herminiwati. 2014. Lateks karet alam untuk sol sepatu : metode pembuatan, sifat mekanik dan morfologi. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik* 30(2) : 49-66.

- Dijenbun. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016 Karet*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian RI.
- Fauzi, I.R. 2013. Alternatif strategi pengembangan industri barang jadi karet di Indonesia. *Warta Perkaratan* 32(2) : 55-64.
- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1983. *Kimia Organik*. Edisi Kedua. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Gelling, I.R. 1986. Chemical modification of natural rubber as a route to renewable resource elastomers. In. C.E. Carraher and L.H. Sperling (Eds.). *Renewable Source Materials, New Polymer Sources*. (pp. 261-274). New York, USA : Plenum Press.
- Gelling, I.R. 1990. Epoxidised natural rubber. *J. Nat. Rubb. Res.* 6 : 184-190.
- Gunanti, S.D. 2004. *Kajian Kemantapan Viskositas Mooney Karet Hasil Depolimerisasi Lateks Alam yang Diberi Perlakuan Hidroksilamin Netral Sulfat (HNS)*. Skripsi pada Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Handayani, H., M.I. Faturrahman dan I. Kuncoro. 2011. Karakteristik sifat fisik dan ketahanan terhadap minyak dari karetalam epoksi. *Jurnal Penelitian Karet* 29(1) : 49-62.
- Hashim, A. S., S. K. Ong, dan Nguyen V. T. 2002. Properties highly grafted polystyrene-modified natural rubber. *Journal of Natural Rubber* 28 (4) : 12-14.
- Jacob, J., and N. M. Matthew. 2006. Carbon sequestration potential of natural rubber plantations. In. *Kyoto Protocol and the Rubber Industry. Rubber Research Institute of India*. pp: 165–176
- Kaori Nusantara. 2015. Keren jalur KA Trans Sulawesi akan punya jembatan diatas laut. <https://www.kaorinusantara.or.id/newsline/41652/keren-jalur-ka-trans-sulawesi-akan-punya-jembatan-diatas-laut> (Diakses 1 November 2016).

- Kiu, K.H. 2007. *Study Of Adhesion Properties Of Natural Rubber, Epoxidized Natural Rubber, And Ethylene-Propylene Diene Terpolymer-Based Adhesives*. Kuala Lumpur : Universiti Sains Malaysia.
- Liputan 6. 2014. 2400 pelabuhan bakal terkoneksi layanan elektronik. <http://bisnis.liputan6.com/read/805707/2400-pelabuhan-bakal-terkoneksi-layanan-elektronik> (Diakses 1 November 2016).
- Luknanto, D. 2002. *Model Matematik Numeris Bendung Karet Pencegah Intrupsi Air Laut di Sungai Wonokromo Surabaya*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM.
- Mark, J.E., B. Erman and R. Eirich. 2014. *Science and Technology of Rubber*. New York, USA : Academic Press.
- Marlina, P. 2009. Teknologi pembuatan sarung tangan karet rendah protein alergen. *Jurnal Riset Industri* 3(2) : 103-108.
- Marinho, J.R.D. and Y. Tanaka. 1999. Structural characterization of wild rubber : gel content. *J. Rubb. Res.* 2(4): 231-238.
- Media Indonesia. 2016. Jaringan rel kereta api Trans Kalimantan segera dibangun. <http://mediaindonesia.com/news/read/41251/jaringan-rel-kereta-api-trans-kalimantan-segera-dibangun/2016-04-19#sthash.NSafuls4.dpuf> (Diakses 1 November 2016)
- Mindel, A. 2000. *Condoms*. New York, USA : Wiley Publishing.
- Morton, M. 1987. *Rubber Technology*. 3rd Edition. New York, USA : Van Nostrand Reinhold.
- Murphy, J.S. 1990. *The Condom Industry in the United States*. New York, USA : McFarland and Company Inc.
- Nakade, S., A. Kuga, M. Hayashi and Y. Tanaka. 1997. *Highly Purified Natural Rubber IV : Preparation and Characteristic of Gloves and Condoms*. Tokyo. Japan : The New Rubber Material Research Consortium.
- Niri Rubber. 2016. Marine rubber fender. <http://www.niri-rubber.com/choosing-the-right-type-of-marine-rubber-fender/> (Diakses 1 November 2016)

- Phinyocheep, P. 2014. Chemical modification of natural rubber for improved performance. In. S. Kohjiya and Y. Ikeda (Eds.). *Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber*. (pp. 68-110). Cambridge, UK : Woodhead Publishing Limited.
- Phinyocheep, P. and K. Boonjairaak. 2006. *Investigation on Hydrogenation and Epoxidation of Natural Rubber in Latex Stage*. Bangkok, Thailand : Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahidol University.
- Pusat Kebijakan Ekonomi Makro. 2012. *Kajian Nilai Tambah Produk Pertanian*. Jakarta : Pusat Data dan Informasi Perindustrian, Departemen Perindustrian RI
- Pusdatin Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Karet*. Jakarta : Pusat Data dan Informasi Perindustrian, Departemen Perindustrian RI.
- Pusdatin Pertanian. 2015. *Outlook Karet*. Jakarta : Pusat Data dan Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian RI.
- Ragimun. 2012. *Analisis Daya Saing Karet dan Produk dari Karet Terhadap China*. Jakarta : Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan.
- Ramadhan, A., H. Prastanto., dan A.A. Alfa. 2005. Pengaruh Waktu Reaksi depolimerisasi Terhadap Viskositas Mooney Karet Mentah Pada Proses Pembuatan Karet Alam Cair Sistem Redoks. Prosiding Aplikasi Kimia Dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Yayasan Media Utama, Yogyakarta.
- Riyajan, S. and J. Sakdapipanich. 2004. Mechanism of Chemical Degradation of Deproteinized Natural Rubber (DPNR) Latex; Swelling effect of Rubber Particle on Chemical Degradation of DPNR Latex. Malaysian Chemical Progress.
- RSDC. 2013. *Skill Gap Analysis across Sub-Segments (Tyre and Non-tyre) for Rubber Industry-Manufacturing process of Rubber Products*. New Delhi, India : Rubber Skill Development Council.
- Saputra, P., I. Kartika, I. Febianti, T. Arrahman dan N. Eka. 2011. *Perancangan Pendirian Pabrik Karet Siklo*. Bogor : Departemen TIP, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

- Stern, H.J. 1967. *Natural Rubber and Synthetic*. London, UK : McClaren and Sons Ltd.
- Setyamidjaja, D. 1993. *Karet Budidaya dan Pengolahan*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Sethuraj, M.R. and N.M. Mathew. 1992. *Natural Rubber : Biology, Cultivation and Technology*. Amsterdam, The Netherlands : Elsevier Science Publisher.
- Suparto, D. 2002. *Pengetahuan Tentang Lateks Hevea. Kursus Teknologi Barang Jadi dari Lateks*. Bogor : Balai Penelitian Teknologi Karet..
- Surdia, N.M. 2000. Degradasi polimer. *Indonesian Polymer Journal* 3(1) : 34-40.
- Tanaka, Y. 1998. A New Approach to Produce Highly Deproteinized Natural Rubber. Kuliah Tamu Mengenai Karet Alam, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, Bogor.
- Tangpakdee, J., Mizokoshi, M., Endo, A. and Tanaka, Y. 1998. Novel method for preparation of low molecular weight natural rubber latex. *Rubb. Chem. & Tech.* 71(4) : 795-802.
- Tim Penulis PS. 1992. *Karet, Budidaya dan Pengolahan*. Jakarta : PT. Penebar Swadaya.
- Trelleborg. 2016. Marine fenders. <http://www.trelleborg.com/en/marine-systems/products--solutions--and--services/marine--fenders> (Diakses 1 November 2016)
- Trinity. 2006. Karet bantalan jembatan. <http://www.trinityrajawali.com/product/karet-bantalan-jembatan-p126396.aspx> (Diakses 1 November 2016)
- Utama, M. 1985. Pembuatan lateks alam pravulkanisasi radiasi. *Majalah BATAN XVIII*(3) :56-66.
- Utama, M., Herwinarni, Siswanto, Suharyono, Y. Syamsu, B. Handoko, H. Sundaru dan T.H. Karyadi. 2003. Produksi kondom bebas nitrosamin

dan protein alergen skala pabrik. Prosiding Simposium Nasional Polimer IV.

Utama, M., S. Azis, Yusman. dan S. Ruslim. 2008. Produksi lateks alam polimerisasi dan sarung tangan dalam skala industri. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, Serpong 4 November 2008.

Vachlepi, A. dan D. Suwarsih. 2012. Penggunaan garam ammonium dalam produksi karet viskositas rendah dari lateks. *Jurnal Penelitian Karet* 33(2): 193-202.

Vachlepi, A. dan D. Suwarsih. 2012. Penggunaan garam ammonium dalam produksi karet viskositas rendah dari lateks. *Jurnal Penelitian Karet* 33(2): 193-202.

Van Verseen, G. 1991. The structure of cyclised rubber. *Rubb. Chem. & Tech.* 29 : 957-961.

Van Dam, J.E.G. 2002. *Coir Processing Technologies: Improvement of Drying, Softening, Bleaching and Dyeing Coir Fibre/Yarn and Printing Coir Floor Coverings*. Netherlands : FAO and CFC.

Yoksan, R. 2008. Epoxidized Natural Rubber for Adhesive Applications. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 42: 325-332.

INDEKS

A

Adisi	11,25
Aspal.....	8,45,46,47,48,49
ASTM 1997	20
ASTDM 1976-1980	19
Amoniak	17,35
Alat kontrasepsi	28,75

B

Ban kendaraan.....	6,8,28,55
BATAN	20,21,22
Bendung karet	8,56,57,58
BJK	30,40,43

C

Cis-1,4 poliisoprena	10
CNR	30
Cobalt-60	20
Conveyor belt	9
Cow mat	8
CO2	4
Cyclotex	33

D

Depolimerisasi ..	11,37,38,46,47,48
Dipping	77,78
Dock fender	8

E

Elastomer bearing pad	41,54,55
Elektrodekantasi	16
ENR	6,43
ENR-25	44
ENR-50	44
Enzim papain	27,28
Enzim protease	14,26,27
Emulgen	28,34,41,44
EPDM	58,60
Epoksidasi	11,42,43

F

Fraksi dasar	14
Fraksi Frey Wyssling	15
Fraksi karet	15

G

Green tyre	9,81
Genteng karet	8,60,61
Getah	13

H

Hidrogenasi	11,25
Hidrokarbon	10,13,15
Hidrogen peroksida	38,39,44,65

I

Iradiator	20,22
Isomerisasi	11
Isoprena	38,44
ISO 2004	19

K

Kambium	13
Karbohidrat	13,15,45
Karet alam	3,5,6,9,10,11,12,15
Karet bantalan jembatan	54,55
Karet busa	25,63,64,75
Karet depolimer	6
Karet epoksi	44,50
Karet gelang	67,68
Karet siklo	6,27,30,32,33,34,50
Karet sintesis	9,10,12,30,40,43,45,50,56,58,60,63,67,81
Karet remah	5,16,18,60
Kereta api	8,50,51
Klorinasi	11
Kompon...34,41,47,49,50,52,63,64,65,70,75	
Kondom	24,28,75,76,78,79

L

Lateks dadih 18
 Lateks DPNR 27,28,29,31,34,50
 Lateks kebun 13,14,15,16,17,18,27,28,64,67,74
 Lateks LP-VR 37,40,45,46,50
 Lateks iradiasi 20,22,62
 Lateks K-Pravul 47,48,49
 Lateks pekat 5,16,17,18,19,20,27
 Lateks pekat amonia rendah 17,18,30,37
 Lateks pekat amonia tinggi 18,19,20
 Lateks pusingan 17,18
 Lipid 13

M

Minyak bumi 9,81

N

NBR 12,50,60
 NH3 17,18,19,20

O

Oksigen 4,38

P

Paving block 8,58,59,60
 Pencangkakan 11,26
 Pemusingan 14,16,17
 Penedihan 16,18,20,64
 PBN 1
 PBS 1
 PR 1
 Protein alergen 23,28
 PVC 43

R

Radiasi 20,21,23
 RSS 3,5
 Rubber fender 52,53,54
 Rubber pad 8,50,51
 Rubber dam 56

S

Sabut kelapa 71,72,74
 Sarung tangan 6,21,24,28,62,63
 SBR 12,50,60
 Sebutret 71,72,74,75
 Serum 13,17,29
 Siklisasi 11,26,30,31,32,33,34,35
 SIR 3,5,40,50,56,68
 SNI 06-3139-1992 20
 Surfaktan 27,28,31,44
 Sol sepatu 34, 69,70,71

T

Toluen 41,46
 Trans Kalimantan 51
 Trans Sulawesi 51
 Trotoar karet 59

U

Urea formaldehida 34

V

Viskositas Mooney 28,29,30,37
 Vulkanisir 6,50,68
 Vulkanisasi belerang 22,23

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Juniaty Towaha, lahir di Sulawesi Selatan pada tahun 1960. Memperoleh Gelar Sarjana Pertanian (Jurusan Budidaya Pertanian) pada tahun 1986 di Universitas Haluoleo, Kendari. Pada tahun 1989 diangkat jadi Pengawai Negeri Sipil (PNS) di Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Pada tahun 1993 sebagai peneliti bidang Teknologi Pascapanen. Peneliti Pertama pada tahun 1993, Peneliti Muda pada tahun 1999 dan Peneliti Madya tahun 2014 sampai sekarang. Pada tahun 2014 sampai sekarang sebagai Ketua Kelti Ekofisiologi dan Teknologi Benih. Aktif menulis tulisan ilmiah di jurnal, prespektif maupun majalah ilmiah lainnya, serta majalah semi ilmiah (warta, infotek, Medkom). Karya ilmiah yang telah dipublikasikan antara lain : kopi, kakao, teh, karet, tanaman rempah dan obat, tanaman biodiesel seta tanaman lainnya. Selain menulis juga menjadi narasumber pada berbagai pelatihan-pelatihan dan praktek lapang dalam usaha mempercepat adopsi teknologi yang dihasilkan kepada masyarakat.



Ir. Syafaruddin, Ph.D, putra kelahiran Palembang ini menyelesaikan pendidikan S.I Jurusan Pertanian UNSRI Palembang 1990, S.2 Breeding Univ. of Tsukuba 2002 dan S.3 Bio.Resource Science & Teknologi, Univ. Of Tsukuba Jepang 2006. Di angkat jadi Pegawai Negeri Sipil (PNS) 1993. di Badan Litbang Pertanian., Kementerian Pertanian. Pada tahun 1998 sebagai Peneliti Pertama bidang Pemuliaan, Peneliti Muda pada tahun 2011, dan Kepala Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) pada tahun 2016 sampai sekarang. Aktif menulis tulisan ilmiah di jurnal, prespektif maupun majalah ilmiah lainnya, serta majalah semi ilmiah (warta, infotek, Medkom). Kursus/latihan/pertemuan Internasional, diantaranya : “Plant Genetic Resource” (1998) di Jepang, “Biotechnology of Animal Science” (2004) Philippine, “Researcher fellowship program (2006-2007) Jepang, Plant variety protection (2010) Belanda, ,”Agricultural Biotechnology”(2012) AUSA, Research Management Development Program (2012) Australia, Molecular Plant Breeding (2013) USA, expert meeting RI-Colombia (2016) Colombia dan Research Collaboration Balitbangtan-SNU Korea Selatan.



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29 Pasarminggu, Jakarta Selatan 12540
Telp.: 021 7806202, Faks.: 021 7800644

ISBN 978-602-344-168-6

