

**PENCANGKOKAN ANHIDRAT MALEAT PADA KARET
ALAM SIKLIS (CYCLIZED NATURAL RUBBER/CNR)
DENGAN INISIATOR BENZOIL PEROKSIDA**

S K R I P S I

Oleh :

**MUHAMMAD NAZARUDDIN
1404310024
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

PENCANGKOKAN ANHIDRAT MALEAT PADA KARET ALAM
SIKLIS (CYCLIZED NATURAL RUBBER/CNR) DENGAN
INISIATOR BENZOIL PEROKSIDA

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD NAZARUDDIN
1404310024
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Studi Strata I (S1) pada
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Komis: Pembimbing



Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si.
Ketua



Masyhura MD, S.P, M.Si.
Anggota

Disahkan Oleh :
Dekan



Ir. Astuti M.P.

Tanggal Lulus: 11-10-2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya:

Nama: Muhammad Nazaruddin

NPM : 1404310024

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi saya yang berjudul Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis (Cylized Natural Rubber/CNR) dengan Inisiator Benzoil Peroksida adalah berdasarkan penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, maka saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiatisme), maka saya bersedia menerima sanksi dari akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan,

Yang menyatakan



Muhammad Nazaruddin

Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis (cyclyzed natural rubber/cnr) dengan Inisiator Benzoil Peroksida

Transplantation of Maleic Anhydride in Cyclic Natural Rubber (CNR) with Inisiator Benzoyl Peroxide

Oleh:
MUHAMMAD NAZARUDDIN
1404310024

ABSTRAK

Modifikasi kimia karet alam dengan reaksi siklisasi telah dilakukan beberapa peneliti yang menghasilkan Karet Alam Siklis/KAS. Oleh karena KAS merupakan polimer alam yang tidak polar maka sifat adhesinya kurang baik terhadap molekul/permukaan polar. Untuk meningkatkan sifat adhesi KAS terhadap permukaan polar serta memperbaiki stabilitasnya maka dipandang perlu untuk melakukan modifikasi. Tujuan penelitian untuk mengetahui reaksi pencangkakan AM pada rantai polimer KAS dengan dan tanpa inisiator BPO, dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor yaitu: Faktor I : Penambahan AM (P) yang terdiri dari 4 taraf yaitu 2 phr, 4 phr, 8 phr dan 16 phr. Faktor II : Penambahan BPO sebagai Inisiator (I) yang terdiri dari 4 taraf yaitu 0,6 phr, 1,2 phr, 2,4 dan 4,8 phr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AM berpengaruh terhadap karet alam siklis yang diamati pada taraf $p < 0,01$ terhadap bobot jenis dan total asam, perlakuan tercangkok karet alam siklis dengan anhidrat maleat yang paling tinggi didapat pada perlakuan P₄I₄.

Kata Kunci: *Anhidrida Maleat, Benzoil Peroksida, Karet Alam Siklis dan Pencangkakan*

ABSTRACT

Chemical modification of natural rubber with cyclization reaction has been carried out by several researchers who produce Cyclical Natural Rubber / CNR. Because CNR is a non-polar natural polymer, its adhesion is poor to polar molecules / surfaces. To improve the adhesion properties of CNR to polar surfaces and improve its stability, it is deemed necessary to make modifications. The purpose of this study was to determine the AM transplanting reaction on the CNR polymer chain with and without the BPO initiator, using the Completely Randomized Design (CRD) method which consists of two factors: Factor I: Addition of AM (P) consisting of 4 levels, 2 phr, 4 phr, 8 phr and 16 phr. Factor II: The addition of BPO as an Initiator (I) consisting of 4 levels, namely 0.6 phr, 1.2 phr, 2.4 and 4.8 phr. The results showed that AM had an effect on cyclic natural rubber which was observed at a level of $p < 0.01$ to specific gravity and total acid, the treatment of transplanted cyclic natural rubber with the highest maleic anhydrous was obtained at P4I4 treatment.

Keyword: Maleic Anhydride, Benzoyl Peroxide, Cyclized Natural Rubber and Grafting.

RINGKASAN

Muhammad Nazaruddin “Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis (Cylized Natural Rubber/CNR) dengan Inisiator Benzoil Peroksida” dibimbing oleh bapak Dr. Muhammad Said Siregar M.Si selaku ketua komisi pembimbing dan ibu Masyhura MD, S.P, M.Si selaku anggota komisi pembimbing.

Karet alam saat ini masih banyak mengalami keterbatasan dalam aplikasi pemakaian atau pemanfaatan. Hal ini disebabkan kelemahan karet alam secara langsung yang tidak tahan panas, oksigen, ozon, radiasi, sinar matahari dan kelarutannya dalam pelarut-pelarut hidrokarbon. Keterbatasan aplikasi karet alam salah satunya diduga akibat keberadaan ikatan rangkap dua karbon-karbon pada struktur kimia *cis*-1,4-poliisoprena yang merupakan komponen utama karet alam (Nakason, C., 2004). Oleh karena KAS merupakan polimer alam yang tidak polar maka sifat adhesinya kurang baik terhadap molekul/permukaan polar. Untuk meningkatkan sifat adhesi KAS terhadap permukaan polar serta memperbaiki stabilitasnya maka dipandang perlu untuk melakukan modifikasi kimia terhadap strukturnya sehingga produk KAS selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam bidang yang lebih luas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui reaksi pencangkakan AM pada rantai polimer KAS dengan dan tanpa inisitor BPO, serta mengetahui karakteristik fisika-kimia produk KAS tercangkok AM.

Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor. Faktor I adalah penambahan Anhidrat Maleat (P) dengan 4 taraf yaitu 2phr, 4phr, 8phr dan 16 phr. Faktor II adalah penambahan BPO sebagai inisiator (I) dengan 4 taraf yaitu 0,6 gr, 1,2 gr, 2,4gr, 4,8gr.

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi bobot jenis dan total asam

Bobot Jenis

Penambahan anhidrat maleat menyebabkan peningkatan terhadap bobot jenis, memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap bobot jenis. Bobot jenis tertinggi terdapat pada perlakuan P4= 0,304 g/ml dan terendah terdapat pada perlakuan P1= 0,245 g/ml. Penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap bobot jenis. Bobot jenis tertinggi terdapat pada perlakuan I4= 0,285 g/ml dan terendah terdapat pada perlakuan I1= 0,273 g/ml. Dari daftar analisis sidik ragam interaksi antara penambahan anhidrat maleat dan penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh tidak nyata ($p < 0,05$) terhadap bobot jenis. Sehingga pengujian selanjutnya tidak dilakukan.

Total Asam

Penambahan anhidrat maleat mengalami peningkatan terhadap total asam. Memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap total asam. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan P4= 10,280 mg KOH/g dan terendah terdapat pada perlakuan P1= 3,272 mg KOH/g. Penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap total asam. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan I4= 8,007 dan terendah terdapat pada perlakuan P1= 6,026. Dari daftar analisis ragam interaksi antara penambahan anhidrat maleat dan penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ($p < 0,05$) terhadap total asam. Sehingga pengujian selanjutnya tidak dilakukan.

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis (Cyclized Natural Rubber/CNR) Dengan Inisiator Benzoil Peroksida". Penulis menyadari bahwa materi yang terkandung dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan, hal ini disebabkan karena terbatasnya kemampuan dan masih banyak kekurangan penulis.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan Ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kepada Ayahanda dan Ibunda yang mengasuh, membesarkan, mendidik, memberi semangat dan memberikan kasih sayang yang tiada ternilai serta memberikan doa dan dukungan yang tiada henti baik moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kemudian Bapak Dr. Agussani, M.A.P., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Ibu Ir. Asritanarni Munar, M.P., selaku Dekan Fakultas Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Ibu Dr. Ir. Desi Ardilla, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Bapak Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si., selaku ketua pembimbing yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Ibu Masyhura MD,

S.P, M.Si., selaku anggota pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi ini. Dosen-dosen THP yang senantiasa memberikan ilmu dan nasehat selama didalam maupun diluar perkuliahan. Seluruh staf biro dan pegawai Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Abang dan kakak (Dewi Mainur, Agustina, Muhammad Nurdin yang selalu memberikan doa dan support nya pada saya. Abrik Zulkifli, Andor Ghazaly, Rizal Fauzi, Rachmat Putra Pratama, Elvi Riani, Dian Fahraeny, Hafrina Ainun dan Rubber grafting club yang telah membantu skripsi ini. Anak-anak Bono Brother's Genk, IBANK Corp dan NG Team yang telah memberikan bantuan selama penyelesaian skripsi ini. Seluruh teman-teman THP stambuk 2014 yang tidak saya sebutkan satu persatu yang telah mendukung dan membantu satu sama lainnya. Kakanda dan adinda serta teman teman stambuk 2012, 2013 dan 2015, Program Studi THP yang telah banyak membantu serta memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak serta masukan berupa kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Medan, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
ABSTRAK.....	iii
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Permasalahan Penelitian	4
Tujuan Penelitian	4
Kegunaan Penelitian	4
TINJAUAN PUSTAKA	
Karet Alam	5
Modifikasi Karet Alam	8
Siklisasi Karet Alam	12
Pencangkakan	15
Pencangkakan dengan Inisiasi Panas	15
Pencangkakan dengan Inisiasi Bahan Kimia	15
Pencangkakan MonomerAnhidrida Maleat	16
Anhidrida Maleat	19
Inisiator	20
Benzoil Peroksida	21
BAHAN DAN METODE	
Tempat dan Waktu Penelitian	23
Bahan Penelitian	23
Alat Penelitian	23
Metode Penelitian	23

Model Rancangan	24
Prosedur Kerja	25
Parameter pengamatan	27
a. Bilangan Asam	27
b. Bobot Jenis	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
a. Bobot Jenis.....	32
1. Pengaruh penambahan Anhidridat Malat.....	32
2. Penambahan Benzoil Peroksida	34
b. Total Asam.....	37
1. Pengaruh penambahan Anhidrat Maleat	37
2. Penambahan Benzoil Peroksida	39
KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
1. Kesimpulan.....	41
2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Komposisi Lakets Karet Alam	6
2.	Standart Indonesian Rubber.....	7
3.	Sifat – Sifat Anhidrida Maleat	20
4.	Pengaruh penambahan Anhidrida Maleat terhadap parameter Karet Alam Siklis (KAS).....	31
5.	Pengaruh penambahan Benzoil Peroksida terhadap parameter Karet Alam Siklis (KAS).....	31
6.	Hasil uji beda rata-rata pengaruh penambahan Anhidrida Maleat Karet Alam terhadap Bobot Jenis	32
7.	Hasil uji beda rata-rata pengaruh penambahan Benzoil Peroksida Karet Alam terhadap Bobot Jenis	34
8.	Hasil uji beda rata-rata pengaruh penambahan Anhidrida Maleat Karet Alam terhadap Total Asam	36
9.	Hasil uji beda rata-rata pengaruh penambahan Benzoil Peroksida Karet Alam terhadap Total Asam	39

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	a. Pohon Karet Alam (<i>Havea brasiliensis</i>)	6
	b. Lateks Karet Alam	6
2.	a. Rumus Kimia cis-1,4-poliisoprena	7
	b. Rumus Kimia Trans-1,4-poliisoprena	7
3.	Reaksi Epoksidasi Kreta Alam	9
4.	Struktur Siklik Karet Alam Siklis	13
5.	Mekanisme Reaksi Siklisasi Karet Alam	14
6.	Reaksi Siklisasi Karet Alam Menghasilkan Karet Alam Siklis	15
7.	Reaksi Pembentukan Anhidrida Maleat	19
8.	Struktur Benzoil Peroksida	22
9.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidridat Maleat pada Karet Alam dengan Benzoil Peroksida (BPO)	30
10.	Pengaruh penambahan Anhidrida Maleat (AM) Karet Alam terhadap Bobot Jenis	33
11.	Pengaruh penambahan Benzoil Peroksida (BPO) Karet Alam terhadap Bobot Jenis	35
12.	Pengaruh penambahan Anhidrida Maleat (AM) Karet Alam terhadap Total Asam	38
13.	Pengaruh penambahan Benzoil Peroksida (BPO) Karet Alam terhadap Total Asam	40

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Tabel Data Rataan Bobot Jenis Karet Alam Siklis	47
2.	Tabel Data Rataan Total Asam Karet Alam Siklis	48

PENDAHULUAN

Latar belakang

Modifikasi kimia merupakan salah satu cara untuk mendapatkan produk turunan karet alam sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang yang lebih luas. Hal ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan aplikasi karet alam secara langsung yang tidak tahan panas, oksigen, ozon, radiasi, sinar matahari dan kelarutannya dalam pelarut-pelarut hidrokarbon. Keterbatasan aplikasi karet alam salah satunya diduga akibat keberadaan ikatan rangkap dua karbon-karbon pada struktur kimia cis-1,4-poliisoprena yang merupakan komponen utama karet alam (Nakason, C., 2004).

Modifikasi kimia karet alam dengan reaksi siklisasi telah dilakukan beberapa peneliti yang menghasilkan Karet Alam Siklis/KAS (*Cyclized Natural Rubber/CNR*), fosfat/ P_2O_5 (Tumorsski, 1961), Stannic Klorida/ $SnCl_4$ (Lee, D.F., 1963 dan Mirzataheri, 2000) dan asam sulfat/ H_2SO_4 (Riyajan, 2006) dan juga penggunaan bahan baku karet, metode serta hasil (*yield*) yang berbeda.

Oleh karena KAS merupakan polimer alam yang tidak polar maka sifat adhesinya kurang baik terhadap molekul/permukaan polar. Untuk meningkatkan sifat adhesi KAS terhadap permukaan polar serta memperbaiki stabilitasnya maka dipandang perlu untuk melakukan modifikasi kimia terhadap strukturnya sehingga produk KAS selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam bidang yang lebih luas.

Pencangkakan merupakan teknik yang secara luas dikenal dalam modifikasi material polimer alam maupun sintesis. Dengan teknik pencangkakan dapat

dihasilkan produk dengan sifat-sifat yang diinginkan dengan mempertimbangkan sifat-sifat monomer pemodifikasi yang akan digunakan (Zakir, 2011).

Anhidrida Maleat (AM) merupakan monomer reaktif yang banyak digunakan untuk memodifikasi material polimer untuk menghasilkan material teknik, bioteknik dan nanoteknik berkinerja tinggi, baik polimer alam maupun sintesis. Penggunaan AM telah berhasil memperbaiki sifat-sifat kopolimer cangkok polimer termoplastik seperti polipropilena, polistirena, biopolimer dapat terdegradasi, polisakarida karet sintesis dan karet alam (Nakason, dkk., 2004). Pencangkokan AM pada rantai polimer non-polar telah mengatasi lemahnya adhesi antar muka dengan permukaan polar. Ini tidak hanya meningkatkan hidrofilisitas permukaan polimer untuk kepentingan aplikasi pencetakan (*printing*) dan pelapisan (*coating*) tetapi juga adhesi dan kompatibilitas polimer ini dengan polimer polar seperti poliamida, logam, dan serat kaca (*fiber glass*). Polimer terfungsuionalisasi maleat ini juga digunakan sebagai kompatibiliser dalam campuran polimer (S. Cimmino dkk., 1986).

Penelitian tentang pencangkokan monomer reaktif pada KAS sejauh penelusuran yang kami lakukan masih sangat terbatas. Pencangkokan AM pada KAS telah dilakukan dalam fase larutan, menggunakan pelarut toluena dengan kehadiran inisiator dikumul peroksida. Berdasarkan hasil karakterisasi produk pencangkokan dengan spektrofotometer FT-IR dilaporkan bahwa pencangkokan AM pada KAS berhasil dilakukan. Penentuan derajat pencangkokan dilakukan dengan metode titrasi dan analisis spektra FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat pencangkokan adalah 0,14% dengan waktu 90 menit (Eddiyanto dkk., 2012).

M. Said Siregar dkk., 2012 melaporkan pencangkakan Metil Metakrilat (MMA) pada KAS juga dalam fase larutan menggunakan pelarut toluena tetapi dengan inisiator benzoil peroksida. Berdasarkan hasil karakterisasi produk pencangkakan dengan spektrofotometer FT-IR dilaporkan bahwa pencangkakan AM pada KAS berhasil dilakukan. Derajat pencangkakan MMA pada KAS meningkat dengan bertambahnya waktu reaksi.

Pencangkakan dengan proses reaktif (*reactive processing*) dalam fase leleh menggunakan peralatan pencampur internal (*internal mixer*) telah dikembangkan oleh banyak peneliti dengan pertimbangan biaya yang lebih rendah dan peralatan pada pencangkakan AM terhadap polipropilen/PP (S. N. Sathe, 1994; S. H. P. Bettini dkk, 1999; J. Cha dkk, 2001; Jaehyug Cha dan James L. White, 2001; Eddiyanto, 2007) polietilen (W. Heinen dkk, 1998, L. Yong dkk, 2002, B. M. Dorscht dkk, 2003, N. G. Gaylord , 1992) polistirena (G. Moad, 1999) dan karet alam (Nakason, C., 2001).

Benzoil peroksida (BPO) merupakan senyawa peroksida yang berfungsi sebagai inisiator dalam proses polimerisasi dan dalam pembentukan ikat silang dari berbagai polimer dan material polimer. Senyawa peroksida ini dapat digunakan dalam pembentukan radikal bebas (Billmeyer, 1984).

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian ini akan dilakukan pencangkakan AM pada KAS dalam fase leleh (*molten state*) di dalam pencampur internal dengan kehadiran inisiator BPO.

TINJAUAN PUSTAKA

Karet Alam

Karet alam (*Natural Rubber/NR*), merupakan produk metabolit sekunder yang dihasilkan oleh lebih dari 2000 jenis spesies tumbuhan. Pada umumnya karet alam komersial yang dikenal diperoleh dengan penyadapan tumbuhan *Hevea Brasiliensis* dan sisanya berasal dari tumbuhan semak dan tumbuhan kecil: milkweed (*Asclepias spp.*), Dandelion (*Taraxacum spp.*) dan Guayule (Andrew Ciesielski, 1999).

Tumbuhan *Hevea Brasiliensis* telah dikenal oleh bangsa Maya di Amerika Selatan selama berabad-abad lamanya dengan sebutan *Cautchou*, pohon menangis. Kemudian pada 1770 oleh Joseph Priestley menciptakan istilah baru yaitu *rubber* (penghapus), karena *Cautchouc* bisa dipakai sebagai penghapus tulisan pensil, *to rub out*. Senyawa isoprena merupakan produk degradasi utama karet alam, yang diidentifikasi pada tahun 1860 seperti yang dipublikasikan oleh J.C.F. Williams pada tahun 1862 di Journal Of Chem. Soc. 15 Part 10 (Stevens, M. P., 2001).

Karet alam dalam bentuk lateks yang diperoleh dari hasil penyadapan merupakan dispersi koloidal dengan massa jenis 0,975 -0,980 g/mL dan pH 6,5 -7, yang terdiri dari komponen karet dan non-karet, seperti protein, lipida, karbohidrat, asam dan beberapa senyawa anorganik. Komposisi ini sangat bervariasi tergantung pada tumbuhan karet sumbernya, seperti pada Tabel 2.1 (Flint, C. F., 1938).

Lateks karet alam yang diperoleh dari hasil sadapan tumbuhan karet pada umumnya diolah menjadi lateks pekat dan karet kering, tergantung penggunaannya. Karet kering merupakan produk utama, sekitar 90% yang dihasilkan dan

dikategorikan menjadi beberapa jenis. Di Indonesia, produk karet kering dikenal dengan nama Standard Indonesian Rubber (SIR), SIR 10, SIR 20, SIR 30. Dimana angka mengacu pada kandungan maksimum pengotor yang terdapat dalam produk (Thio Goan Loo, 1980). Berikut ini merupakan gambar pohon yang menghasilkan karet.



(a)



(b)

Gambar 1. Pohon karet alam *Hevea Brasiliensis* (a) dan lateks karet alam (b)

Dibawah ini merupakan komponen utama pada lateks hasil penyadapan yang didapat dari pohon *Hevea Braziliensis*.

Tabel 1. Komposisi lateks karet alam (*Ceylon rubber latex*)

No	Komponen	Persentase (%)
1	Kandungan karet kering	41,29
2	Protein	2,18
3	Karbohidrat	0,36
4	Senyawa anorganik	0,41
5	Air	55,15

Sumber: Flint C. F. dan Eaton (1938)

Indonesia dalam memproduksi karet memiliki peraturan terhadap standar mutu nasional karet yang biasanya disebut Standart Indonesian Rubber (SIR) dalam

penetapan SIR mengacu kepada SNI 06-2047 (standar bahan olahan karet). Berikut ini merupakan ketentuan SIR.

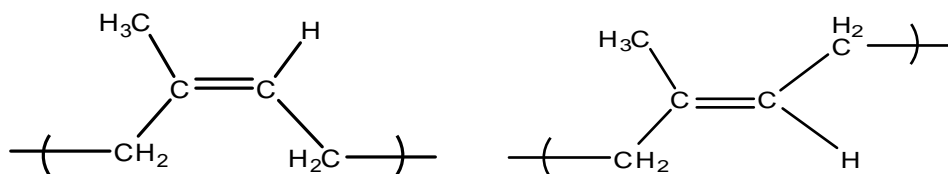
Tabel 2. Standart Indonesian Rubber (SIR)

No	Uraian	SIR 5	SIR 10	SIR 20	SIR 50
1	Kadar kotoran maksimum	0,05%	0,10%	0,20%	0,50%
2	Kadar abu maksimum	0,50%	0,75%	1,00%	1,50%
3	Kadar zat atsiri maksimum	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
4	PRI minimum	60	50	40	30
5	Plastisitas – Po minimum	30	30	30	30
6	Kode warna	Hijau	-	Merah	Kuning

Sumber: Standar Nasional Indonesia 06-2047 (2002)

Secara kimia, karet alam merupakan senyawa poliisoprena, polimer rantai panjang linier dengan unit berulang (*monomer*) isoprena, C_5H_8 yang terdiri atas 95% (w/w) cis-1,4-poliisoprena, dengan berat molekul rata-rata 1.000.000. Disamping itu ada jenis lain tetapi dalam jumlah sedikit, yaitu karet alam yang disebut getah perca (*gutta percha*) merupakan trans-1,4-poliisoprena (Flint, 1938).

Lateks karet alam terdiri dari sistem koloid cis -1,4 poliisoprena yang tersebar secara stabil dengan jumlah molekul yang tinggi dalam serum. Cis-1,4 poliisoprena ini banyak terdapat di Indonesia yaitu berasal dari pohon hevea brasiliensis. Struktur umum cis – 1,4 poliisoprena terlihat dalam gambar a. Untuk jenis gutta percha yaitu tras -1,4 poli isoprena banyak tumbuh di Malaysia dengan perbedaan konfigurasi dari hevea brasiliensis. Perbedaan dimana untuk trans 1,4 poliisoprena yaitu molekul CH_2 tidak sejajar dengan molekul CH_2 yang lain, tetapi sejajar dengan molekul CH_3 .



(a)

(b)

Gambar 2. Rumus kimia cis-1,4-poliisoprena (a) dan trans-1,4-poliisoprena (b).

Pemanfaatan karet alam secara langsung sangat terbatas oleh karena sifatnya yang tidak tahan terhadap panas, oksigen, ozon, radiasi, sinar matahari dan kelarutannya dalam pelarut-pelarut hidrokarbon. Keterbatasan ini diakibatkan oleh terdapatnya ikatan rangkap dua karbon-karbon pada struktur kimia cis-1,4-poliisoprena.

Karet alam pada suhu 0°C sampai 10°C bersifat rapuh, gampang rusak, kabur/gelap. Diatas 20°C lembut, melenting dan diatas 60°C plastis dan lengket. Karet alam tidak larut dalam air, alkohol dan aseton, tetapi larut dalam bensin, benzen, kloroform, karbon tetraklorida, karbon disulfida serta sedikit larut dalam eter (William dan Brendan, 2004).

Karet alam saat ini telah diolah menghasilkan beberapa material yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti ban, balon, sarung tangan karet, benang karet, tabung/pipa/selang, belt conveyor/transmission, seal, kondom, perekat (*adhesive*), pengikat (*binder*) dan lain-lain (William dan Brendan, 2004).

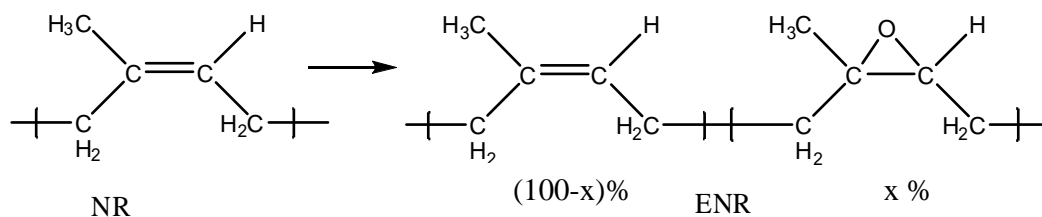
Modifikasi kimia karet alam

Pemakaian karet alam secara langsung dalam kehidupan manusia sangat terbatas oleh karena sifat-sifat karet yang tidak stabil. Untuk meningkatkan pemakaian produk karet alam dalam bidang yang lebih luas maka perlu dilakukan modifikasi kimia terhadap struktur kimia poliisoprena. Modifikasi kimia karet alam yang paling utama adalah terkait dengan ikatan rangkap dua karbon-karbon dan

introduksi gugus pemodifikasi (*modifier*) pada rantai karbon polimer cis-1,4-poliisoprena yang bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat dan stabilitas karet alam tertentu sehingga dapat diaplikasikan dalam bidang yang lebih luas.

Epoksidasi karet alam menghasilkan karet alam epoksidasi/Epoxidized Natural Rubber (ENR), penelitian tentang karet alam epoksidasi bermula pada tahun 1920-an, seperti yang dipublikasikan tahun 1922 oleh R. Pummerer dan P.A. Burkard pada *Über Kautschuk, Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 55, 3458. Tetapi penelitian epoksidasi karet alam berkembang baru pada dua dekade terakhir dan berhasil diproduksi secara komersial dengan nama ENR-25, ENR-50 dan ENR-75, dimana bilangan mengacu pada derajat epoksidasi yaitu 25%, 50% dan 75%.

Epoksidasi karet alam menghasilkan produk yang memiliki gugus epoksi (*oxirane*) secara acak pada posisi ikatan rangkap poliisoprena. Epoksidasi dapat dilakukan dalam fase larutan (karet lateks) dengan pereaksi asam perptalat, perbenzoat dan perasetat (Takayuki S. dkk., 2007).



Gambar 3. Reaksi epoksidasi karet alam

Perbedaan pereaksi yang digunakan menghasilkan produk akhir yang berbeda sifatnya dan banyaknya gugus epoksi yang terbentuk sangat bervariasi yang tergantung pada kondisi reaksi. Pereaksi yang banyak digunakan adalah perasam

(*peracid*) menggunakan asam formiat dan hidrogen peroksida pada lateks karet. Produk karet alam epoksidasi dikenal dengan karet yang tahan terhadap minyak. Sifat produk ini dibanding karet alam adalah memiliki ketahanan minyak (*oil resistance*) lebih baik, permeabilitas gas rendah, suhu transisi gelas (T_g) lebih tinggi dan stabilitas termal yang lebih baik.

Karet epoksidasi juga meningkat kepolarannya sehingga memiliki kompatibilitas yang baik dengan polimer PVC, nylon dan karet nitril karboksilasi (Seng Neon Gan dan Z.A. Hamid, 1997).

Modifikasi karet alam juga dapat menghasilkan karet alam cair (Liquid Natural Rubber/LNR), yaitu produk karet alam yang diperoleh dengan proses depolimerisasi menghasilkan oligomer karet alam dengan berat molekul lebih rendah dari polimernya. Karet alam cair merupakan bentuk karet alam yang sudah lama dikenal yaitu pada tahun 1923 ketika pertama kali diproduksi secara komersial dengan nama dagang DPR oleh Hardman (Hussin dan John, 1998).

Secara umum LNR diproduksi dengan cara pemutusan rantai poliisoprena secara oksidatif. Pada awalnya metode yang digunakan untuk membuat LNR adalah dengan mengolah karet alam pada suhu $0-80^{\circ}\text{C}$ dengan kehadiran garam logam berat yang larut dalam minyak, seperti kobal linoleat atau naftalena sehingga karet alam terdegradasi. Kemudian produk degradasi dilarutkan dalam petroleum eter dengan konsentrasi 20% dan viskositas sekitar 3000 poise pada suhu 25°C . LNR ini agak kental berwarna jingga sampai kuning dan mengandung 10% oksigen (Hussin dan John, 1998).

Berdasarkan analisis LNR mengandung 0,001%-0,6% hidroperoksida, 0,3% carboxyl, 0,6% - 1,5% ester, 3,3% - 4,0% aldehida dan 6,0% C=O (gugus fungsi keton). LNR dapat dibuat menjadi padat dengan pemanasan pada suhu 100 °C diudara terbuka. Metode pembuatan LNR dikembangkan selanjutnya dengan degradasi karet alam pada suhu 110-140 °C beberapa jam atau dengan suhu 250-300 °C dengan waktu yang lebih singkat dengan penambahan plastisizer seperti mercaptobenzthiazole (MBT). LNR yang diperoleh dengan metode ini memiliki berat molekul 2000, viskositas 5000-25000 Poise pada 20°C dan mengandung sekitar 1% oksigen (Hussin dan John, 1998).

LNR yang diperoleh dengan metode tersebut diatas masih memiliki ikatan rangkap karbon-karbon pada rantainya sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan karet vulkanisasi pada suhu 140 °C. Oleh karena LNR adalah cairan, zat tambahan dapat dengan mudah dicampurkan tanpa konsumsi banyak energi sehingga lebih murah prosesnya dibandingkan karet alam. Pengembangan selanjutnya terhadap pembuatan LNR adalah penggunaan zat tambahan (*ingredient*) baru seperti p-quinone dioxime sebagai curing agent, Pb-peroksida sebagai pengisi dan amina sebagai akselerator. Zat-zat tambahan ini mempermudah kerja penanganannya, mengurangi kelengketan dan tahan lama dan yang paling penting adalah bahwa produk ini dapat divulkanisasi pada suhu ruang (Hussin dan John, 1998).

Secara kimiawi degradasi polimer dapat terjadi dengan bantuan senyawa pemutus rantai molekul polimer. Penambahan senyawa pemutus rantai molekul sistem redoks, campuran hidrogen peroksida dengan natrium hipoklorit, dikombinasikan dengan hidrosilamin netral sulfat akan menghasilkan lateks dengan

viskositas Mooney rendah dan memiliki daya rekat baik. Secara garis besar depolimerisasi dapat dilakukan dengan mastikasi, pirolisis, fotolisis, dekomposisi kimia (Tanaka, dkk, 1996).

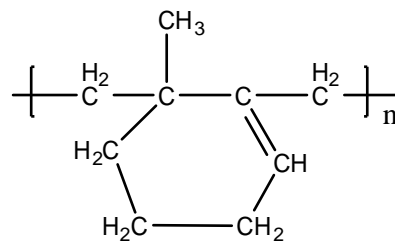
Depolimerisasi menghasilkan karet dengan viskositas rendah, berat molekul rendah antara 40.000 - 50.000. Pada suhu kamar bentuk cairan sehingga memudahkan dalam proses pengolahan/pencampuran sampai proses akhir pengolahan. Karet alam cair sekaligus dapat berperan seperti plastisizer yang menurunkan waktu dan konsumsi energi pada proses pengolahan produk campurannya. Selanjutnya dapat mengalami ikat silang (*cure*) dengan mekanisme yang sama seperti karet alam (William dan Brendan, 2004).

Produk ini biasanya diaplikasikan sebagai campuran material ban, keramik, modifier pelumas, bahan dasar polimer pembalut alat elektrik (*electrical encapsulants*), bahan seal (*sealant*) dan pemodifikasi aspal (*modifier asphalt*). Produk karet alam cair merupakan salah satu produk modifikasi yang berhasil secara komersial tersedia di pasar.

Siklisasi Karet Alam

Siklisasi karet alam merupakan reaksi pembentukan cincin enam karbon intramolekuler cis-1,4-poliisoprena menghasilkan KAS, yang dapat terjadi dengan melibatkan senyawa asam atau katalis Friedel-Craft. Perubahan karet alam menjadi resin/resinifikasi merupakan reaksi dimana terjadi pengurangan jumlah ikatan rangkap poliisoprena yang diikuti dengan pembentukan struktur siklis dan tidak terjadi perubahan rumus empiris karet, C_5H_8 . Sementara itu berat molekul tetap tinggi

dan tetap larut dalam pelarut karet yang menunjukkan tidak terjadi ikat silang (*cross link*). Karet kehilangan sifat elastisitasnya dan berubah menjadi material yang keras dan rapuh. Pengurangan jumlah ikatan rangkap yang terjadi dalam reaksi siklisasi bervariasi sekitar 40-90 (Lee, 1963).



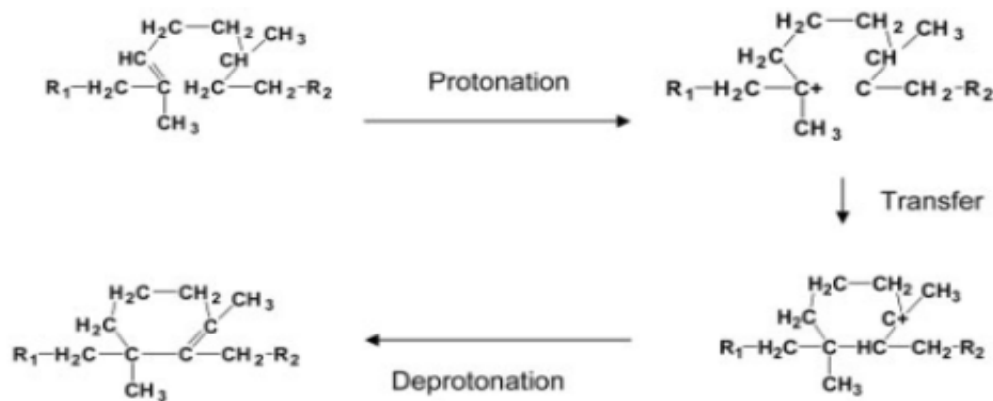
Gambar 4. Struktur siklik karet alam siklis

Beberapa peneliti telah berhasil membuat karet alam siklis melibatkan katalis yang berbeda seperti asam p-toluena sulfonat, P₂O₅ (Tumorsski, 1961), SnCl₄ (Lee, D.F., 1963 dan Mirzataheri, 2000) dan H₂SO₄ (Riyajan, 2006) dan juga penggunaan bahan baku karet, metode serta yield yang berbeda. Sementara itu penggunaan karet padatan yang dilarutkan dalam pelarut organik dilakukan oleh Tumorsski, (1961) ; Lee, (1963) dan Mirzataheri, 2000 dengan masing-masing yield 95%, 80% dan 72,6%. Sedangkan Riyajan, 2006 menggunakan karet alam lateks non-protein/deproteinized natural rubber (DPNR) dengan yield 86%.

Ikatan rangkap bersifat labil dan mudah dipengaruhi oleh katalis. Reaksi siklisasi dapat terjadi jika ada dua unit ikatan rangkap yang berdekatan bereaksi menghasilkan struktur siklis dengan hadirnya pereaksi/katalis yang sesuai. Siklisasi karet alam disepakati secara umum sebagai tipe reaksi polimerisasi ionik, dimana

terjadi protonasi pada ikatan rangkap yang diikuti oleh tahapan propagasi pembentukan struktur siklis dan diakhiri dengan deprotonasi (Lee, 1963).

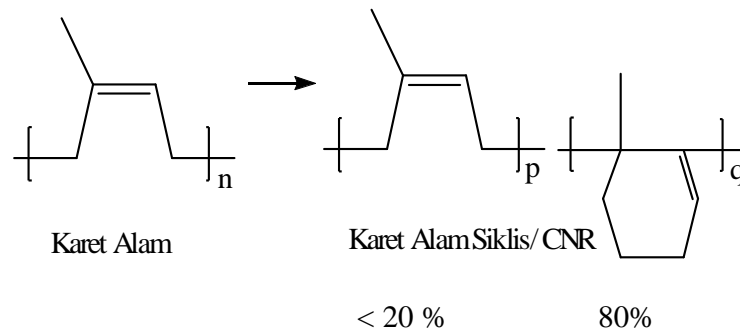
Telah diusulkan mekanisme reaksi molekul-molekul poliisoprena dalam pembentukan cincin enam karbon sebagai mekanisme ion karbonium. Reaksi ini dapat terjadi sepanjang rantai poliisopren pada karet untuk menghasilkan struktur polisiklik (Mirzataheri, 2000). Berikut merupakan gambar terjadinya mekanisme reaksi siklisasi karet alam.



Gambar 5. Mekanisme reaksi siklisasi karet alam (Riyajan dkk., 2006)

Sifat produk karet alam siklis bervariasi tergantung pada derajat siklisasi produk yang dihasilkan. Dengan kata lain jumlah ikatan rangkap yang masih terdapat pada produk mempengaruhi sifat karet alam siklis yang dihasilkan. Disamping itu bobot molekul juga berpengaruh terhadap sifat karet alam siklis tersebut.

Rata-rata ukuran struktur siklis yang terbentuk selama proses siklisasi ditemukan bahwa tidak tergantung pada konsentrasi karet dan katalisnya tetapi ditentukan oleh temperatur reaksi siklisasi. Ikatan rangkap yang masih terdapat pada produk karet alam siklis lebih kecil dari 20% (Lee, D.F., 1963).



Gambar 6. Reaksi siklisasi karet alam menghasilkan karet alam siklis.

Pencangkakan

Pencangkakan (*grafting*) merupakan teknik yang secara luas dilakukan untuk memodifikasi bahan polimer dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat tertentu polimer yang diinginkan. Pada reaksi pencangkakan terbentuk ikatan kovalen antar monomer dengan rantai polimer. Teknik pencangkakan telah dilakukan dengan menggunakan inisiator panas (Zhen Yao dkk., 1998), bahan kimia, radiasi, fotokimia, induksi plasma dan enzimatik (A. Bhattacharya dan B. N. Misra, 2004).

Pencangkakan dengan inisiasi panas

Pencangkakan berlangsung dengan inisiasi panas berlangsung pada suhu 110-150 °C pada pencampur internal (*internal mixer*). Kopolimerisasi stirena dan Anhidrida maleat telah dilakukan pada suhu 110-130 °C dalam tanki reaktor dengan pengadukan menghasilkan yield 55% (Zhen Yao dkk., 1998). Peneliti lain juga telah berhasil melakukan kopolimerisasi Anhidrida maleat pada karet alam menggunakan pencampur internal dengan suhu 135 °C dan kecepatan rotor 60 rpm selama 10 menit (Nakason, C. dkk., 2001).

Pencangkakan dengan inisiasi bahan kimia

Secara garis besar, pencangkakan dengan inisiasi bahan kimia ada dua yaitu mekanisme radikal bebas dan mekanisme ionik. Peranan inisiator sangat penting dalam proses kimia dan menentukan jalur dalam proses pencangkakan.

Pencangkakan monomer Anhidrida Maleat

Anhidrida Maleat (AM) merupakan salah satu monomer polifungsional yang banyak digunakan memodifikasi material polimer untuk menghasilkan material teknik, bioteknik (*bioengineering*) dan nanoteknik (*nanoengineering*) berkinerja tinggi (*high performance*), baik polimer alam maupun sintesis. Penggunaan Anhidrida Maleat telah berhasil memperbaiki sifat-sifat kopolimer cangkok (*graft copolymerization*) polimer termoplastik seperti poliolefin, polistiren, poliamida dan juga biopolimer dapat terdegradasi (*biodegradable polymers*), polisakarida dan karet alam dan sintesis (Zakir M. O. Rzayev, 2011).

Introduksi molekul Anhidrida maleat pada molekul nonpolar senyawa poliolefin dan karet mengatasi kelemahan akan rendahnya energi permukaan polimer ini, meningkatkan hidrofilitas permukaannya sehingga bermanfaat pada aplikasi di bidang pelapisan (*coating*) dan tinta cetak (*printing ink*) dan adhesinya terhadap polimer bersifat polar (poliamida), logam dan serat kaca (*glass fiber*) (Zakir M. O. Rzayev, 2011).

Pada masa dekade terakhir ini, pencangkakan Anhidrida maleat pada berbagai jenis polimer termoplastik terutama poliolefin dan pembuatan material teknik berkemampuan tinggi (*high performance engineering materials*) dan nanokomposit dengan menggunakan sistem pereaksi reaktif (*reactive extruder systems*) dan in situ kompatibilisasi campuran polimer telah sangat berkembang, bahkan beberapa berhasil secara komersial.

Sejarah pencangkakan Anhidrida maleat pada polyolefin khususnya polipropilen (pp) telah dimulai pada tahun 1969, dan berkembang sampai saat ini baik dalam fase larutan, cairan (*molten process*) dan padatan (*solid phase grafting process*). Ide dan Hasegawa telah melakukan pencangkakan Anhidrida maleat pada polipropilen dalam fase cair menggunakan benzoil peroksida sebagai inisiator dan plastograph Brabender menghasilkan kopolimer cangkok yang kemudian digunakan dalam campuran poliamida dan polipropilen (pp) sebagai pencampuran reaktif (Zakir M. O. Rzayev, 2011).

Untuk mempelajari mekanisme pencangkakan, fungsionalisasi pp dengan Anhidrida maleat telah dilakukan penelitian dalam fase larutan (S. N. Sathe dkk., 1994; J. L. White, A. Sasaki, 2003) dan fase leleh (N. G. Gaylord, R. Mehta, 1988; Simmons, W. E. Baker, 1989) menggunakan berbagai jenis sistem ekstruder. Dengan pertimbangan biaya yang lebih rendah dan peralatan maka dipilih metode dengan fase leleh melalui proses reaktif.

Pencangkakan Anhidrida maleat pada low density polietilena (LDPE) dengan kehadiran dikumul peroksida dalam fase cair menghasilkan produk yang kemudian digunakan sebagai kompatibiliser pada campuran polietilen dengan poliamida 66.

Juga dilaporkan bahwa reaksi berlangsung dalam pencampur internal dan ekstruder ganda (*twin-extruder*) dan disampaikan kinetika reaksi pencangkokannya (J. Cha, J. L. White, 2001).

Pencangkokan Anhidrida maleat pada polimer menggunakan sistem ekstruder screw ganda (*twin-screw extruder*) sangat menguntungkan untuk memproduksi material baru secara komersial. Twin-screw extruders berfungsi sebagai reactor aliran kontinu berperan penting dalam produksi material termoplastik berkinerja tinggi.

Penelitian yang penting terkait pencangkokan Anhidrida maleat pada pp adalah penggunaan berbagai jenis ekstruder dan pencampur. Kemudian, fungsionalisasi Anhidrida maleat pada pp dalam fase leleh telah diteliti oleh (Gaylord dan Mishra, 1983) dimana reaksinya berlangsung di dalam pencampur internal Brabender Plasticorder. Konsentrasi AM dan inisiator peroksida berpengaruh terhadap jumlah kopolimer cangkok.

Penelitian pencangkokan AM pada pp menggunakan proses reaktif di dalam Haake torque rheometer diperoleh kesimpulan bahwa meningkatnya konsentrasi monomer Anhidrida maleat, inisiator, kecepatan rotor dan waktu reaksi mengakibatkan naiknya derajat grafting AM pada pp (Bettini dan Agnelli, 1999).

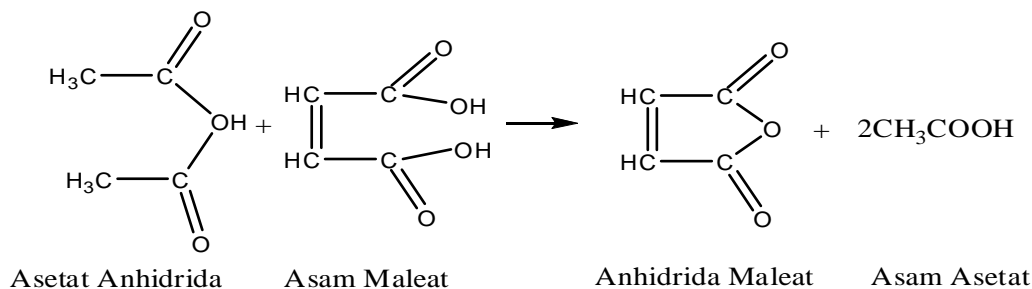
Pencangkokan AM pada karet alam dapat meningkatkan kompatibilitas antara karet alam dengan elastomer polar dan plastic seperti poliamida. Belakangan ini pencangkokan AM pada karet alam banyak dilakukan dalam fase leleh menggunakan pencampur seperti roll mill dan pencampur internal/*internal mixer* (Demin Jia, 2000).

Penggunaan karet alam terfungsionalisasi AM sebagai kompatibiliser dalam campuran poliamida/karet alam dan karet alam terfungsionalisasi maleat

memperlihatkan meningkatnya kompatibilitas dan sifat mekanik campuran yang diakibatkan oleh terjadinya interaksi intermolekuler antara gugus ujung poliamida atau gugus hidroksil dari makromolekul cassava starch (Nakason, C. dkk., 2001; M. Slavons dkk., 1996).

Anhidrida Maleat

Anhidrida Maleat dikenal juga dengan: cis-butenadioat Anhidridaa, Anhidridaa toksilat dan dihidro-2,5-dioksofuran. Adalah senyawa organik dengan rumus molekul $C_4H_2O_3$. Anhidrida Maleat berupa padatan tidak berwarna atau berwarna putih dan memiliki bau yang tajam. Anhidrida Maleat merupakan bahan baku pada sintesa resin poliester, serta senyawa vinil tidak jenuh pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan aditif dan minyak pelumas, plastisizer dan kopolimer. Anhidrida Maleat memiliki sifat kimia khas yaitu terdapat susunan etilenik dengan gugus karbonil padanya, yang berguna saat reaksi adisi. Anhidrida Maleat dibuat secara komersial dengan reaksi oksidasi benzena atau senyawa aromatik lainnya. Anhidrida Maleat dapat dibuat seperti reaksi di bawah ini.



Gambar 7. Reaksi pembentukan Anhidrida Maleat

Anhidrida Maleat mempunyai sifat kimia khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, yang berfungsi dalam reaksi adisi. Anhidrida maleat dapat mengalami reaksi sebagai berikut:

- a. hidrolisis menghasilkan asam maleat, $\text{cis HO}_2\text{CCH} = \text{CHCO}_2\text{H}$.
- b. Dengan alkohol bereaksi menghasilkan ester, $\text{cis-HO}_2\text{CCH} = \text{CHCO}_2\text{CH}_3$.
- c. Anhidrida Maleat merupakan dienofil dalam reaksi Diels-Alder.
- d. Anhidrida Maleat merupakan dieno Anhidrida Maleat (AM) dapat berfungsi sebagai ligan yang baik untuk kompleks logam bervalensi rendah, misalnya $\text{Pt}(\text{PPh}_3)_2(\text{MA})$ dan $\text{Fe}(\text{CO})_4(\text{MA})$.

Anhidrida Maleat dan senyawa isostruktur analognya secara luas digunakan pada reaksi pembentukan makromolekul dengan struktur linier, bercabang dan penataan ulang untuk menghasilkan material kinerja tinggi, bioteknik dan nano teknik. Dibawah ini merupakan sifat umum dari anhidrat maleat.

Tabel 3. Sifat-sifat Anhidrida Maleat

No	Sifat	Keterangan
1	Deskripsi	Tak berwarna atau padatan putih
2	Rumus Molekul	$\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$
3	Berat Molekul	98,06 g/mol
4	Titik Didih	202 °C
5	Titik Leleh	52,8 °C

Inisiator

Selain teknik pencangkakan dengan panas dan radiasi, semua reaksi pencangkakan pada proses pencangkakan dimana konsentrasi inisiator mempengaruhi laju reaksi pencangkakan. Ada berbagai ketergantungan hubungan secara empiris dari efisiensi pencangkakan terhadap konsentrasi inisiator. Jelas bahwa sekali konsentrasi tertentu inisiator terpenuhi, peningkatan jumlah inisiator tidak serta merta meningkatkan konversi dari monomer tercangkok (Krump, H., P. 2005).

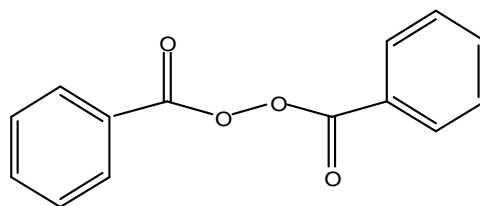
Homolisis ikatan peroksida yang lemah membentuk radikal yang sangat reaktif. Inisiator peroksida cukup sering digunakan dalam proses pencangkakan secara kimia. Berikut beberapa alasan menggunakan peroksida sebagai inisiator yaitu:

1. Kecepatan dekomposisi peroksida, proses awal dekomposisi untuk menghasilkan radikal bebas sangat bergantung pada kondisi reaksi dan variabel proses.
2. Reaktifitas radikal yang dihasilkan melalui pemindahan atom hidrogen dari polimer.
3. Inisiasi radikal terhadap monomer mengarah pada homopolimerisasi. Homopolimerisasi dari monomer reaktif meningkat bersamaan dengan meningkatnya reaktifitas inisiator untuk berpolimerisasi menghasilkan tingkatan rendah dari radikal bebas.

4. Waktu paruh ($t_{1/2}$) peroksida, hal ini menunjukkan laju dekomposisi peroksida dibawah kondisi reaksi yang khusus termasuk temperatur, sifat fisik dari polimer diantara faktor lainnya.
5. Sifat fisik peroksida, sifat fisik (cair, padat, terserap dalam pembawa padat) dapat menjadi penting untuk pengiriman dan pencampuran termasuk karakteristik fisik lainnya seperti volatilitas, kelarutan, bau dan toksisitasnya (Eddyanto, 2007).

Benzoil Peroksida

Kebanyakan pemicu yang digunakan secara luas adalah radikal bebas yang dihasilkan dari peruraian peroksida. Benzoil peroksida $C_{14}H_{10}O_4$ mempunyai berat molekul 242,23 g/mol, berbentuk kristal granul, tidak berwarna hingga berwarna keputihan, larut dalam benzene, eter, aseton, kloroform, titik leleh 104,5 °C (220,1 °F); titik dekomposisi 106-108 °C (223-226 °F); tekanan uap <1 mmHg pada 20°C; gravitasi spesifik (air=1) 1,3340 pada 25 °C; kelarutan dalam air <1%. Peroksida organik seperti benzoil peroksida merupakan sumber radikal bebas yang kuat. Digunakan sebagai inisiator polimerisasi, katalis dan agen vulkanisir (HSBD, 1995). berikut merupakan struktur benzoil peroksida.



Gambar 8. Struktur Benzoil Peroksida

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Pencangkakan dilakukan di Laboratorium Kimia Institut Teknologi Indonesia Serpong, Tangerang. Waktu dimulai bulan Juli 2018 – November 2018.

Bahan Penelitian

Karet alam siklis (*Cyclized Natural Rubber/CNR*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk komersial dengan nama dagang Resiprene 35 (R-35) yang diproduksi oleh Pabrik Resiprena, PT Industri Karet Nusantara, Sei Bamban, Tebing Tinggi, Sumatera Utara, Indonesia.

Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah Neraca Analitis, alat-alat gelas, oven, alat pemanas, internal mixer, brabender plastograp, spektrofotometer FTIR, thermographymetry analysis (tga), agrimsa pelletizer, scanning electron microscopy, viskometer ford 4 cup, lovibond orbecco-hellig dan thermometer.

Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor yaitu :

Faktor I : Penambahan Anhidrat Maleat (P) yang terdiri dari 4 taraf yaitu :

$$P_1 = 2 \text{ phr}$$

$$P_2 = 4 \text{ phr}$$

$$P_3 = 8 \text{ phr}$$

$$P_4 = 16 \text{ phr}$$

Faktor II : Penambahan BPO sebagai Inisiator (I) yang terdiri dari 4 taraf yaitu :

$$I_1 = 0,6 \text{ phr}$$

$$I_2 = 1,2 \text{ phr}$$

$$I_3 = 2,4 \text{ phr}$$

$$I_4 = 4,8 \text{ phr}$$

Kombinasi perlakuan (T_C) adalah $4 \times 4 = 16$, dengan jumlah ulangan (n)

adalah:

$$T_C (n - 1) \geq 15$$

$$16 (n - 1) \geq 15$$

$$16 n - 16 \geq 15$$

$$16 n \geq 31$$

$$n = 31/16$$

$$n = 1,94 \text{ dibulatkan menjadi } n = 2$$

Maka untuk ketelitian penelitian dilakukan ulangan sebanyak 2 (dua) kali.

Model Rancangan

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial

dengan model:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana:

Y_{ijk} = Hasil pengamatan dari faktor P pada taraf ke- i dan faktor I pada taraf ke- j dengan ulangan ke- k pada unit percobaan

μ = Efek nilai tengah

α_i = Pengaruh dari faktor P pada taraf ke- i

β_j = Pengaruh dari faktor I pada taraf ke- j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi dari faktor P pada taraf ke- i dan faktor I pada taraf ke- j

ε_{ijk} = Pengaruh efek sisa dari faktor P pada taraf ke-i dan faktor I pada taraf ke- j dengan ulangan ke-k

Pelaksanaan Penelitian

Prosedur Kerja

Persiapan Alat Pencampur Internal (*internal mixer*) Brabender Plasticorder (Zakir M.O. Rzayev, 2011)

Reaksi grafting Anhidrida Maleat (AM) pada karet alam siklis dilakukan di dalam pencampur internal Brabender Plasticorder, Duisberg, Germany, dengan dan tanpa inisiasitor benzoil peroksida serta dengan dan tanpa kehadiran komonomer styrena. Terlebih dahulu diprogram (*setting*) suhu operasional dan kecepatan putar rotor pencampur internal sesuai dengan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Setelah suhu *chamber* sesuai dengan yang diprogram, dapat dilihat pada layar monitor komputer, maka alat pencampur internal telah dapat digunakan untuk selanjutnya.

Reaksi pencangkakan karet alam siklis blanko (Siregar, 2012)

Sebanyak 30 gram karet alam siklis dimasukkan ke dalam *chamber* secara perlahan dan dibiarkan selama lebih kurang 4 menit hingga semua meleleh sempurna. Kemudian dibiarkan berlangsung selama 8 menit, proses dihentikan dengan menekan tombol STOP. Selanjutnya dalam keadaan panas dengan cepat produk reaksi dikeluarkan dari dalam *chamber*. Setelah dingin dijadikan dalam bentuk pellet/granul.

Reaksi pencangkakan dengan inisiasi panas, tanpa benzoil peroksida (Nakason, C. Dkk., 2001)

Sebanyak 30 gram karet alam siklis dimasukkan ke dalam *chamber* secara perlahan dan dibiarkan selama lebih kurang 4 menit hingga semua meleleh sempurna. Kemudian ditambahkan sejumlah tertentu Anhidrida maleat kedalam *chamber* sehingga tercampur dan mengalami reaksi reaksi pencangkakan. Setelah berlangsung selama 8 menit, proses dihentikan dengan menekan tombol STOP. Selanjutnya dalam keadaan panas dengan cepat produk reaksi pencangkakan dikeluarkan dari dalam *chamber*. Setelah dingin dibentuk dalam bentuk granul. Variasi konsentrasi Anhidrida maleat yang digunakan adalah masing-masing 2, 4, 8 dan 16 perseratus karet (*per hundred rubber/phr*).

Reaksi pencangkakan dengan inisiasi benzoil peroksida (Ediyanto, 2007)

Sebanyak 30 gram karet alam siklis dimasukkan ke dalam *chamber* dengan perlahan dan dibiarkan selama lebih kurang 4 menit hingga semua meleleh sempurna. Kemudian ditambahkan sejumlah tertentu Anhidrida maleat kedalam *chamber* bersama-sama dengan benzoil peroksida sehingga tercampur dan mengalami reaksi pencangkakan. Setelah berlangsung selama 8 menit, proses dihentikan dengan

menekan tombol STOP. Selanjutnya dalam keadaan panas dengan cepat produk reaksi pencangkakan dikeluarkan dari dalam *chamber*. Setelah dingin dijadikan dalam bentuk granul. Variasi konsentrasi Anhidrida maleat yang digunakan adalah masing-masing 2, 4, 8 dan 16 perseratus karet.

Pemurnian produk Reaksi pencangkakan (Siregar, 2012)

Sebanyak 1 gram produk Reaksi pencangkakan ditambahkan ke dalam 50 mL toluena. Campuran dipanaskan pada suhu 60°C sambil diaduk sampai semua produk larut sempurna. Padatan tak terlarut yang masih terdapat dipisahkan dengan penyaringan. Kemudian larutan produk ini ditambahkan secara perlahan ke dalam aseton (*excess acetone*) sehingga terbentuk endapan. Selanjutnya dipisahkan endapan dengan filtratnya. Endapan yang diperoleh dibilas dengan aseton sebanyak 3 kali kemudian dikeringkan dalam oven 120°C selama 24 jam.

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dilakukan berdasarkan analisa yang meliputi:

Penentuan Total Asam (Demin Jia, 2000)

Pada penelitian ini pemastian bilangan asam dilaksanakan pakai metode (Ford 4 Cup) In Xylene.

1. Dihaluskan resiprene 35 dengan menggunakan blender.
2. Diayak kemudian ditimbang sebanyak 2-3 gram.
3. Dimasukkan kedalam Erlenmeyer.

4. Ditambahkan 100 ml larutan xylene ke dalam erlenmeyer yang telah berisi resipene 35.
5. Dipanaskan diatas hotplate pada suhu 50°C sambil diaduk hingga larut.
6. Didinginkan hingga suhu mencapai suhu kamar.
7. Ditambahkan 3 tetes indicator PP.
8. Dimasukkan batu stirrer
9. Dititrasi dengan menggunakan larutan KOH 0,2 N sambil diaduk dengan stirrer sampai larutan berubah warna menjadi larutan merah lambayung.
10. Dicatat volume KOH 0,2 N yang terpakai.
11. Dihitung bilangan asam resiprene 35.

Rumus penentuan bilangan asam:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N KOH} \times 56,11}{\text{Berat (gr) sampel}}$$

Ket :

MI KOH = volume larutan standard yang terpakai pada saat titik akhir titrasi (ml)

N KOH = normalitas KOH

56,11 = massa molekul relatif KOH (gr/mol)

M Resin = massa resin (gram)

Bobot Jenis

Bobot jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh pada suhu 25°C dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Prosedur analisisnya yaitu piknometer dibersihkan dan dikeringkan, kemudian diisi dengan air suling yang telah

mendidih dan didinginkan pada suhu 20-23°C. piknometer diisi dengan sedemikian rupa sampai air dalam bobot meluap dan tidak terbentuk gelembung udara. Setelah ditutup dengan penutup yang dilengkapi dengan thermometer, piknometer direndam dalam bak air yang bersuhu 25°C dan dibiarkan pada suhu yang konstan selama 30 menit. Piknometer diangkat dari bak air, dan dikeringkan dengan kertas pengisap, kemudian piknometer berisi KAS yang sudah di hancurkan ditimbang. Bobot air adalah selisih bobot piknometer dengan isinya dikurangi bobot piknometer kosong (Ketaren, 2005).

Perhitungan bobot jenis dengan rumus:

$$\text{Bobot Jenis} = \frac{(\text{bobot piknometer dan bahan padat}) - (\text{bobot piknometer kosong})}{\text{Volume air pada suhu } 25^{\circ}\text{C}}$$

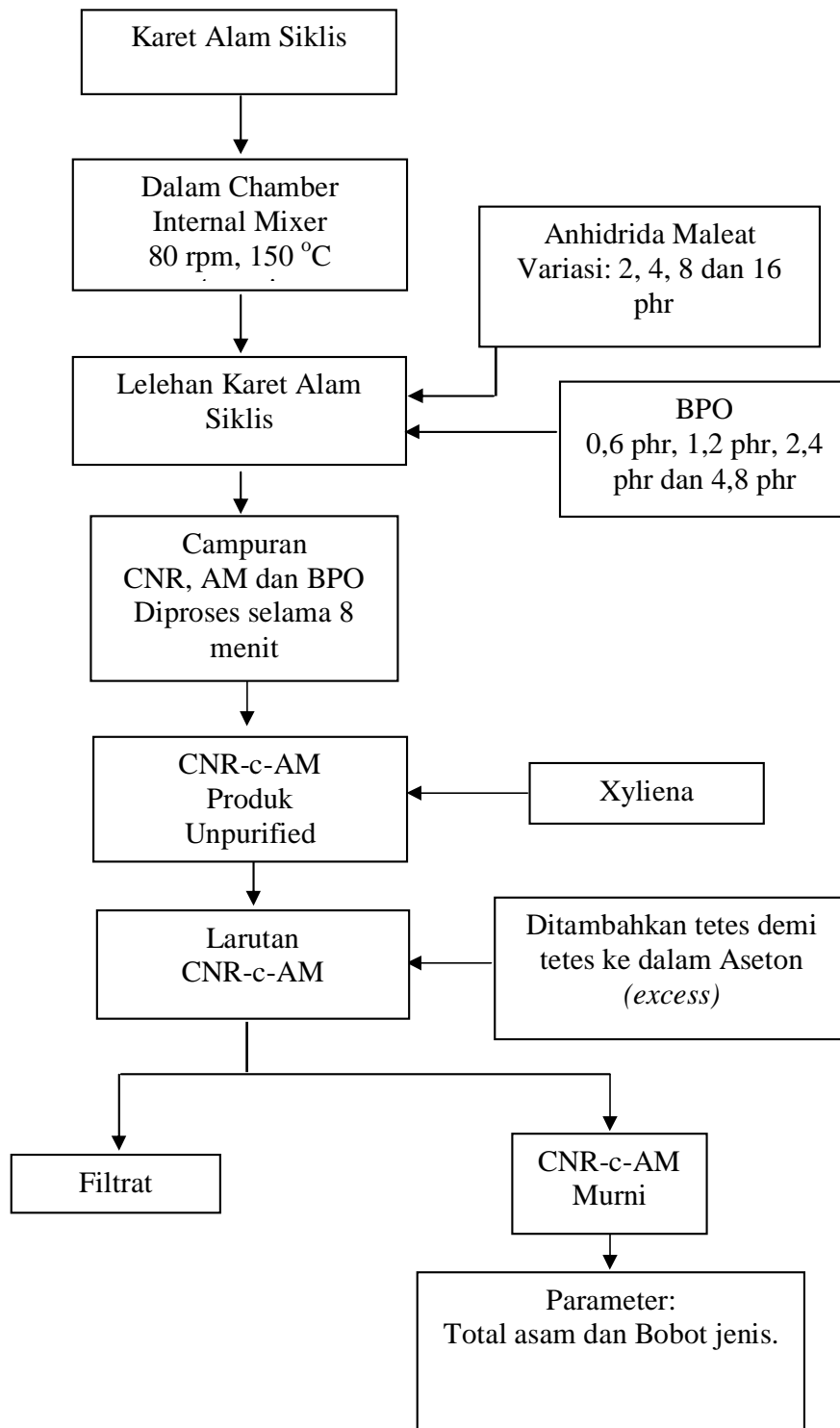
Jika bobot jenis pada suhu 25°C telah diketahui maka untuk menghitung bobot jenis pada suhu tertentu lainnya dapat digunakan dengan rumus :

$$G = G' + 0,0007 (T-25^{\circ}\text{C}) , \text{ dimana :}$$

$$G = \text{Bobot jenis pada } 25^{\circ}\text{C}$$

$$T = \text{Suhu Karet}$$

$$G' = \text{Bobot jenis pada } T^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$$



Gambar 9. Diagram alir Pencangkakan Anhidridat Maleat Pada Karet Alam dengan Benzoil Peroksida (BPO).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian dan uji statistik secara umum menunjukkan bahwa Anhidrida Maleat berpengaruh terhadap karet alam siklis yang diamati. Data rata-rata hasil pengamatan pengaruh Anhidrida Maleat dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 4. Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat Terhadap Parameter Karet Alam Siklis (CNR).

Penambahan AM	Bobot jenis g/ml	Total Asam mg KOH/g
2 phr	0,245	3,272
4 phr	0,276	6,145
8 phr	0,288	8,443
16 phr	0,304	10,280

Berdasarkan tabel 4, dapat dilihat bahwa pengaruh Penambahan anhidrat Maleat terhadap bobot jenis dan total asam mengalami kenaikan. Semakin banyak penambahan Anhidrat Maleat terhadap karet alam sejalan dengan kenaikan terhadap bobot jenis dan total asam.

Penambahan BPO setelah diuji secara statistik, memberi pengaruh yang berbeda terhadap parameter yang diamati. Data rata-rata hasil pengamatan disajikan pada tabel.

Tabel 5. Pengaruh Penambahan BPO Terhadap Parameter Karet Alam Siklis (CNR).

Penambahan BPO	Bobot jenis g/ml	Total Asam mg KOH/g
0.6 phr	0,273	6,026
1.2 phr	0,276	6,693
2.4 phr	0,280	7,414
4.8 phr	0,285	8,007

Berdasarkan tabel 5, dapat dilihat bahwa penambahan BPO terhadap bobot jenis dan total asam mengalami kenaikan. Semakin banyak penambahan BPO maka total asam dan bobot jenis juga mengalami kenaikan.

Bobot Jenis

Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat

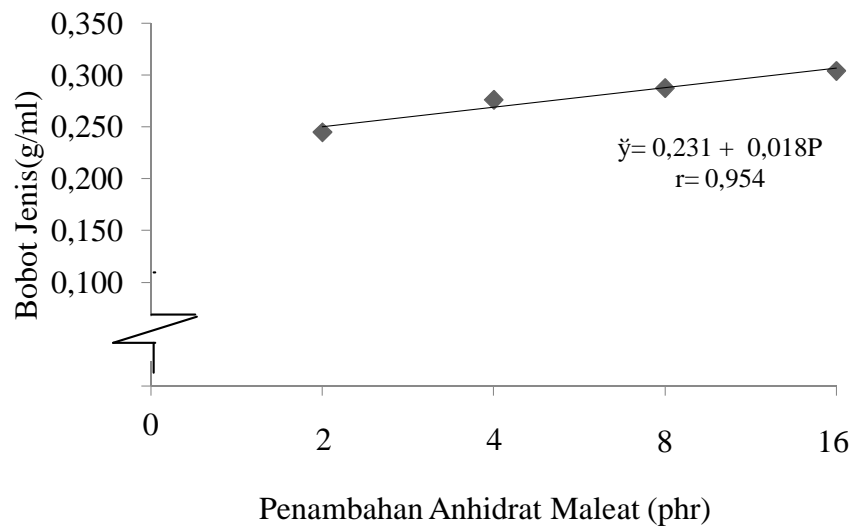
Dari daftar sidik ragam (Lampiran 1) dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan Anhidrat Maleat memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap Bobot Jenis. Tingkat perbedaan tersebut telah di uji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel .

Tabel 6. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat Karet Alam Terhadap Bobot Jenis.

Perlakuan P	LSR		Jarak	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01			0,05	0,01
P ₁ = 2 phr	-	-	-	0,245	d	D
P ₂ = 4 phr	0,005	0,007	2	0,276	c	C
P ₃ = 8 phr	0,005	0,007	3	0,288	b	B
P ₄ = 16 phr	0,005	0,007	4	0,304	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa P₁ berbeda sangat nyata dengan P₂, P₃, dan P₄. P₂ berbeda sangat nyata dengan P₃ dan P₄. P₃ berbeda sangat nyata dengan P₄. Nilai tertinggi dapat dilihat pada perlakuan P₄= 0,304 g/ml dan nilai terendah dapat dilihat pada perlakuan P₁= 0,245 g/ml untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar.



Gambar 10. Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat Karet Alam Terhadap Bobot Jenis

Berdasarkan gambar 10, menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan anhidrat maleat terhadap KAS menyebabkan peningkatan terhadap bobot jenis. Bobot jenis merupakan perbandingan massa suatu zat dengan massa air pada suhu dan volume yang sama. Bobot jenis menjelaskan banyaknya komponen yang terkandung dalam zat tersebut, besar kecilnya nilai bobot jenis sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen-komponen yang terkandung didalamnya (Nur Oktavia dkk, 2016). Karet alam di cangkok dengan anhidrat maleat dengan kadar MAH 2, 4, 8 dan 16 phr pada suhu pencampuran 150°C . Pada pencampuran tersebut dapat dilihat kenaikan pada bobot jenis, pada 2 phr nilainya 0.245 g/ml dan pada penambahan maksimal yakni 16 phr nilainya 0.304 g/ml.

Nakason dkk (2004) yang telah memodifikasi karet alam dengan kadar anhidrat maleat 4, 6, 8, 10 dan 12 phr pada suhu pencampuran 135°C dan Zhen Yao dkk (1998) yang memodifikasi karet alam dengan kadar anhidrat maleat 5, 10, 15 dan 20 phr pada suhu pencampuran 150°C . Hasil menunjukkan bahwa

semakin tinggi kadar anhidrat maleat yang dicangkok pada struktur karet alam maka semakin besar derajat pencangkakan karet alam tercangkok anhidrat maleat. Hal ini karena adanya perbedaan berat molekul dan sifat karet alam yang dimodifikasi sehingga mempengaruhi rantai cabang yang terbentuk.

Penambahan Benzoil Peroksida

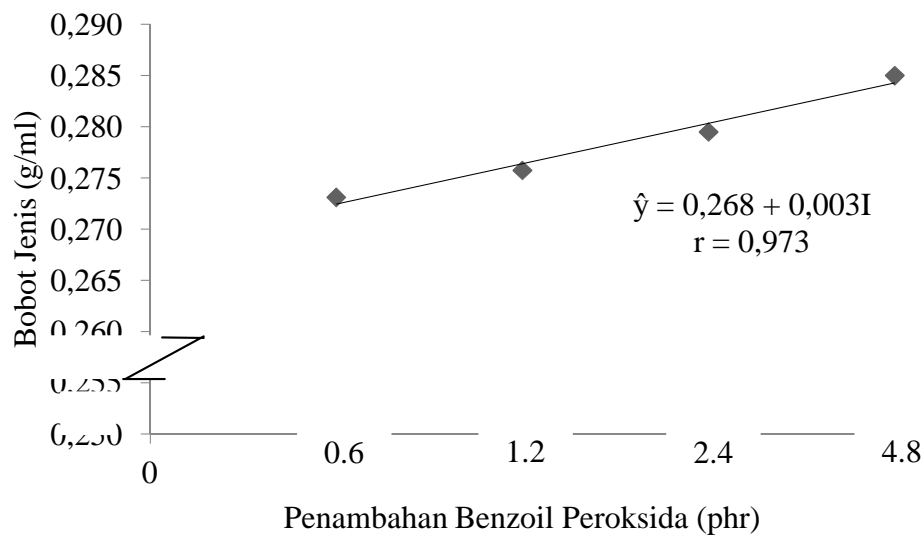
Dari daftar sidik ragam (Lampiran 1) dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan BPO memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap Bobot Jenis. Tingkat perbedaan tersebut telah di uji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel .

Tabel 7. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Penambahan BPO Karet Alam Terhadap Bobot Jenis.

Perlakuan I	LSR		Jarak	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01			0,05	0,01
I ₁ = 0,6 phr	-	-	-	0,273	cd	C
I ₂ = 1,2 phr	0,005	0,007	2	0,276	c	B
I ₃ = 2,4 phr	0,005	0,007	3	0,280	b	A
I ₄ = 4,8 phr	0,005	0,007	4	0,285	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 7, dapat diketahui bahwa I₁ berbeda sangat nyata dengan I₂, I₃ dan I₄. I₂ berbeda sangat nyata dengan I₃ dan I₄. I₃ berbeda tidak nyata dengan I₄. Nilai tertinggi dapat dilihat pada perlakuan I₄= 0,285 g/ml dan nilai terendah dapat dilihat pada perlakuan I₁= 0,273 g/ml untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar .



Gambar 11. Pengaruh Penambahan Benzoyl Peroksida Karet Alam Terhadap Bobot Jenis.

Berdasarkan gambar 11, diketahui bahwa penambahan benzoyl peroksida mengalami peningkatan terhadap bobot jenis. Benzoyl peroksida merupakan suatu inisiator yang berfungsi mempercepat reaksi menurut Krump, H.P (2005). Reaksi yang dipercepat tidak memberi pengaruh ke bobot jenis melainkan pada pencangkakan yang dilakukan karet alam dengan anhidrat maleat. Benzoyl peroksida digunakan pada saat proses pencangkakan dimana semakin banyak benzoyl peroksida yang digunakan maka pencangkakan karet alam dengan anhidrat maleat terjadi lebih cepat dan maksimal karena adanya benzoyl peroksida sebagai inisiator membantu kinerja dari anhidrat maleat dalam penangkapan isoprene dalam karet alam sehingga pengikatan dengan anhidrat maleat terjadi maksimal. Perubahan yang terjadi dengan kenaikan derajat pencangkakan inilah membuat peningkatan pada bobot jenis akibat adanya benzoyl peroksida. Karena perubahan wujud pada karet alam inilah mengakibatkan kenaikan pada bobot jenis.

Pengaruh Interaksi Antara Penambahan Anhidrat Maleat dan Penambahan Benzoil Peroksida Terhadap Bobot Jenis

Dari daftar analisis sidik ragam diketahui bahwa interaksi antara penambahan anhidrat maleat dan penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ($p < 0.05$) terhadap bobot jenis. Sehingga pengujian selanjutnya tidak dilakukan. Pengaruh parameter yang digunakan pada pengujian tersebut tidak memberikan dampak terhadap bobot jenis sehingga interaksi dari dua parameter tersebut tidak terjadi. Tidak terjadinya reaksi interaksi dikarenakan benzoil peroksida tidak berkontribusi terhadap perubahan yang terjadi pada bobot jenis karena benzoil peroksida hanya berfungsi sebagai katalisator untuk mempercepat pencangkakan antara anhidrat maleat dan karet alam siklis.

Total Asam

Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat

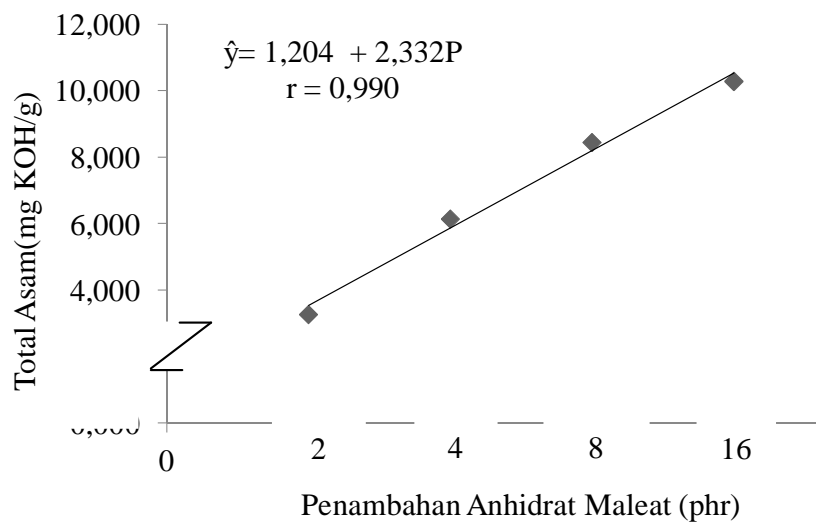
Dari daftar sidik ragam (Lampiran 2) dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan Anhidrat Maleat memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap Total Asam. Tingkat perbedaan tersebut telah di uji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel .

Tabel 8. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat Terhadap Total Asam.

perlakuan P	LSR		Jarak	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01			0,05	0,01
P ₁ = 2 phr	-	-	-	3,272	d	D
P ₂ = 4 phr	0,616	0,848	2	6,145	c	C
P ₃ = 8 phr	0,647	0,892	3	8,443	b	B
P ₄ = 16 phr	0,664	0,914	4	10,280	a	A

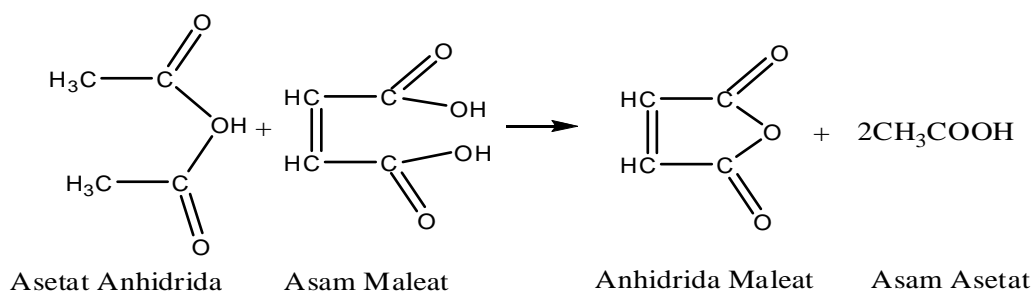
Keterangan: Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa P₁ berbeda sangat nyata dengan P₂, P₃, dan P₄. P₂ berbeda sangat nyata dengan P₃ dan P₄. P₃ berbeda nyata dengan P₄. Nilai tertinggi dapat dilihat pada perlakuan P₄= 10,280 mg KOH/g dan nilai terendah dapat dilihat pada perlakuan P₁= 3,272 mg KOH/g untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh Penambahan AM Karet Alam Terhadap Total Asam.

Berdasarkan gambar 12, diketahui bahwa penambahan anhidrat maleat mengalami peningkatan terhadap total asam. Analisis total asam tertitiasi merupakan jumlah asam yang terkandung dalam suatu larutan, dimana dalam uji mengacu dalam total asam yang terdapat pada bahan (Frazier dan Westhoff, 1978). Pengujian total asam tertitiasi dilakukan semata karena ingin diketahui seberapa banyak asam yang terdapat dalam pencangkakan anhidrat maleat yang dilakukan dengan karet alam. Asam yang terdapat pada pencangkakan anhidrat maleat dengan Karet alam terbentuk karena pereaksi anhidrat maleat yang digunakan mengandung asam. Anhidrida Maleat dibuat secara komersial dengan reaksi oksidasi benzena atau senyawa aromatik lainnya. Anhidrida Maleat dapat dibuat seperti reaksi di bawah ini.



Reaksi pembuatan dari anhidrat maleat yang dijelaskan pada gambar diatas, menghasilkan asam sehingga makin banyak penambahan anhidrat maleat maka pengujian total asam tertirasi naik.

Penambahan Benzoi Peroksida

Dari daftar sidik ragam (Lampiran 2) dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan BPO memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap Total Asam. Tingkat perbedaan tersebut telah di uji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada tabel.

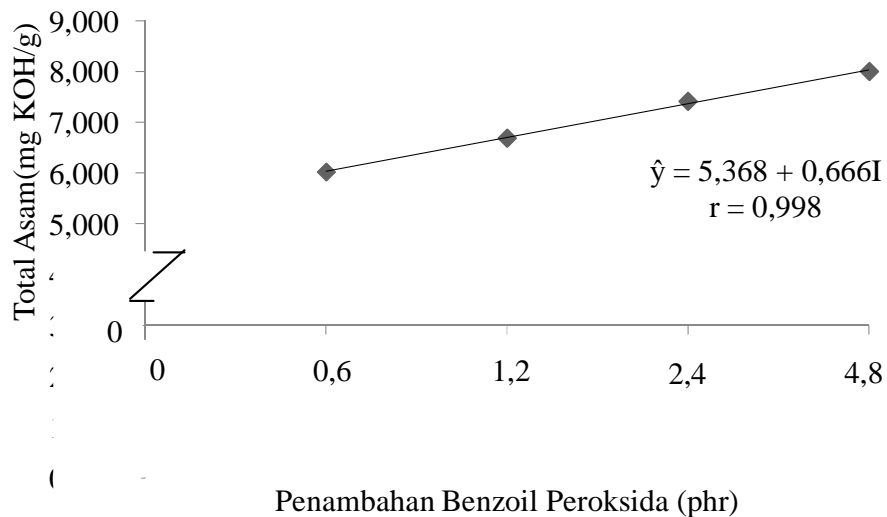
Tabel 9. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Penambahan Benzoi Peroksida Terhadap Total Asam.

Perlakuan	LSR		Jarak	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01			0,05	0,01
I ₁ = 0,6 phr	-	-	-	6,026	d	C
I ₂ = 1,2 phr	0,616	0,848	2	6,693	c	C
I ₃ = 2,4 phr	0,647	0,892	3	7,414	b	B
I ₄ = 4,8 phr	0,664	0,914	4	8,007	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan tabel 9, dapat diketahui bahwa I₁ berbeda tidak nyata dengan I₂, dan berbeda sangat nyata dengan I₃ dan I₄. I₂ berbeda sangat nyata dengan I₃ dan I₄. I₃

berbeda sangat nyata dengan I_4 . Nilai tertinggi dapat dilihat pada perlakuan $I_4 = 8.007$ dan nilai terendah dapat dilihat pada perlakuan $P_1 = 6.026$ untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar.



Gambar 13. Pengaruh Penambahan Benzoil Peroksida Karet Alam Terhadap Total Asam.

Berdasarkan gambar 13, diketahui bahwa penambahan benzoil peroksida mengalami peningkatan terhadap total asam. Benzoil peroksida merupakan suatu inisiator yang berfungsi sebagai pemercepat reaksi menurut (Krump, H.,P 2005) . Reaksi yang dipercepat tidak memberi pengaruh ke total asam melainkan pada pencangkakan yang dilakukan karet alam dengan anhidrat maleat. Benzoil peroksida digunakan pada saat proses pencangkakan dimana semakin banyak benzoil peroksida yang digunakan maka pencangkakan karet alam dengan anhidrat maleat terjadi lebih cepat. Kenaikan total asam yang diakibatkan penambahan anhidrat maleat yang dimana reaksi pemercepatannya dengan benzoil peroksida, dimana kedua reaksi

tersebut harus sejalan karena fungsi benzoil peroksida yang hanya sebagai inisiator yang membantu percepatan reaksi anhidrat maleat.

Pengaruh Interaksi Antara Penambahan Anhidrat Maleat dan Penambahan Benzoil Peroksida Terhadap Total Asam

Dari daftar analisis sidik ragam diketahui bahwa interaksi antara penambahan anhidrat maleat dan penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ($p < 0.05$) terhadap total asam. Sehingga pengujian selanjutnya tidak dilakukan. Pengaruh parameter yang digunakan pada pengujian tersebut tidak memberikan dampak terhadap total asam sehingga interaksi dari dua parameter tersebut tidak terjadi. Tidak terjadinya reaksi interaksi dikarenakan benzoil peroksida tidak berkontribusi terhadap perubahan yang terjadi pada total asam karena benzoil peroksida hanya berfungsi sebagai katalisator untuk mempercepat pencangkakan antara anhidrat maleat dan KAS.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai Pecangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis (Cyclized Natural Rubber/CNR) Dengan Inisiator Benzoil Peroksida dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh Penambahan Anhidrat Maleat memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$ terhadap bobot jenis dan total asam.
2. Pengaruh Penambahan Benzoil Peroksida memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$ terhadap bobot jenis dan total asam.
3. Interaksi antara penambahan anhidrat maleat dan penambahan benzoil peroksida memberikan pengaruh berbeda tidak nyata $p < 0.05$ pada parameter yang dilakukan.
4. Perlakuan Tercangkok karet alam siklis dengan anhidrat maleat yang paling tinggi didapat pada perlakuan P₄L₄.

Saran

1. Disarankan kepada peneliti selanjutnya agar melakukan penelitian lebih lanjut mengenai derajat pencangkakan dengan parameter warna, softening point dan viskositas Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan variasi atau jenis bahan lainnya untuk mengetahui perlakuan mana yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew Ciesielski, 1999. *An Introduction to Rubber Technology*, Rapra Technology Limited Shawbury, Shrewsbury, Shropshire SY4 4NR, United Kingdom.
- Bettini S. H. P., Agnelli J. A. M., 1999. Grafting of maleic anhydride onto polypropylene by reactive processing. II. Effect of rotor speed and reaction time, *J. Appl. Polym. Sci.* 74, 256-263.
- Bettini S. H. P., Agnelli J. A. M., 1999. Grafting of maleic anhydride onto polypropylene by reactive processing. I. Effect of maleic anhydride and peroxide concentrations on the reaction, *J. Appl. Polym. Sci.* 74, 247-255. 16.
- Bhattacharya, A. dan B.N. Misra, 2004. Grafting: a versatile means to modify polymers techniques, factors and applications, *Prog. Polym. Sci.* 29: 767–814.
- Billmeyer, F.W. 1984. *Textbook of Polymer Science*. Third Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Chantara They Ratnam dan Khairul Zaman, 1999. Modification of PVC/ENR blends by electron beam irradiation, *Die Angewandte Makromolekulare Chemie* 269 42–48 (Nr. 4671).
- Cha J., J. L. White, 2001 Maleic anhydride modification of polyolefin in an internal mixer and a twin-screw extruder: Experiment and kinetic model, *Polym. Eng. Sci.* 41, 1227-1237.
- Cimmino S., F. Coppola, L. D’Orazio, Greco R, G. Maglio, M. Malinconico, C. Mancarella, E. Martuscelli, G. Ragosta, 1986. Ternary nylon-6/rubber/modified rubber blends: Effect of the mixing procedure on morphology, mechanical and impact properties, *Polymer* 27, 1874-1884.
- Da-Wen Sun, 2009. *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*, Elsevier Inc, Oxford, UK.
- Demin Jia, Yuan Fang Luo, Yan Mei Li, Hui Lu, Wei Wen Fu, W. L. Cheung, 2000. Synthesis and Characterization of Solid-Phase Graft Copolymer of Polypropylene with Styrene and Maleic Anhydride, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 78, 2482–2487.
- Eddiyanto, M. Said Siregar dan Ichlas Rawo Syaputra, 2012. Grafting Maleat Anhidrat Pada Karet Alam Siklis (Cyclic Natural Rubber/CNR) Dengan Inisiator Dicumyl Peroksida, *Agrium* 17 : 128-133.

- Eddyanto, 2007. *Functionalitaton Of Polymers: Reactive Processing, Structure and Peformance Characteristics*, Thesis, Aston University.
- Fifield F.W dan D. Kealey, 2000. *Principles and Practice of Analytical Chemistry*, Edisi ke-5, Blackwell Science Ltd, Oxford, UK.
- Flint, C. F. dan B. J. Eaton, 1938. *The Chemistry and Technology of Rubber Latex*, D. Van Nostrand Company, Inc., New York.
- Frazier, W. C. Dan D. C. Westhoff. 1978. *Food micrbiology* 4th edition. New york: McGrowHill book. Publishing. Co. Ltd.
- Gaylord N. G., R. Metha, D. R. Mohan, V. Kumar, 1992. Maleaton of linear low-density polyethylene by reactive processing, *J. Appl. Polym. Sci* 44, 1941-1949.
- Gaylord dan Mishra, 1983. Trans -1.4-Isopene Rubber as Hot Melt Adhesive, in *Journal of Biological Sciences* 6(3).
- Gaylord N. G., R. Mehta, 1988. Peroxide-catalyzed grafting of maleic anhydride onto molten polyethylene in the presence of polar organic compounds, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.* 26, 1189-1198.
- Heinen W., M. van Duin, C. B. Wenzel, H. C. Rosenmoller, M. de Groot, L. Lugtenburg, 1998. ¹³C NMR study of the grafting of ¹³C labelled maleic anhydride onto PE, PP and EPM. *Macromol. Symp.* 129, 119-125.
- HSDB, 1995. *Hazardous Substances Data Bank*. National Library of Medicine, Bethesda, MD (TOMES-CD-ROM Version). Denver, CO: Micromedex, Inc. (Edition expires 7/31/95).
- Hussin Mohd Nor dan John R. Ebdon, 1998. Telechetic Liquid Natural Rubber: A Roviev, *Prog. Polym. Sci.*, Vol. 23, 143-177.
- Jaehyug Cha dan James L. White, 2001. Maleic Anhydride Modification of Polyolefin in an Internal Mixer and a Twin-Screw Extruder: Experiment and Kinetic Model, *Polymer Engineering And Science*, July 2001, Vol. 41, No. 7 pp. 1227-1237.
- Ketaren,S., 2005. *Minyak Dan Lemak Pangan*.Jakarta;Penerbit Universitas Indonesia. Halaman 284
- Krump, H., P. Alexy., A.S. Luyt., 2005. Preparation of a maleated Fischer- Tropsch paraffin wax and FTIR analysis of grafted maleic anhydride, *Polymer Testing* 24: 129135

- Lee, D. F. J. Scanlan and W. F. Watson, 1963. The Cyclization of Natural Rubber, Proc. R. Soc. Lond. A 1963 273, 345-359, Downloaded from rspa.royalsocietypublishing.org on December 30, 2009.
- Mirzatheri, M., 2000. The Cyclization of Natural Rubber, Iran J. Chem. & Chem. Eng., Vol. 19.
- Moad G., 1999. The synthesis of polyolefin graft copolymers by reactive extrusion, Prog. Polym. Sci. 24; 81-142.
- Nakason, C., A. Kaesaman. and P. Supasanthiikul., 2004. The grafting of maleic anhydride onto natural rubber, *Polymer testing* 23; 35-41
- Nakason, C. A., A. Kaesman dan S. Homsin, S. Kiatkamjornwong, 2001. Rheological and Curing Behavior of Reactive Blending. I. Maleated Natural Rubber–Cassava Starch, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 81, 2803–2813.
- Nur Oktavia Benedicta, Sudaryanto Zain, Sarifah Nurjanah, Asri Widyasanti dan Selly Harnesa Putri. 2016. Pengaruh Rasio Bunga Dengan Pelarut Terhadap Rendemen Dan Mutu Minyak Melati (*Jasminum Sambac*) Menggunakan Metode Ekstraksi Pelarut Menguap (Solvent Extraction). Jurnal Teknotan Vol 10 No 2.
- Riyajan, S., Sakdapipanich, J.T., 2006. Cationic Cyclization Of Deproteinized Natural Rubber Latex Using Sulfuric Acid, Mahidol University.
- Said Siregar Muhammad, Thamrin dan Eddiyanto, 2012. Modifikasi Kimia Karet Alam Siklis (Cyclic Natural Rubber/CNR) Dengan Teknik Grafting: Menggunakan Monomer Metil Metrakilat dan Inisiator Benzoil Peroksida, *Agrium* 17 No 3
- Sathe S. N., G. S. Srinivasa Rao, S. Devi, 1994. Grafting of maleic anhydride onto polypropylene: Synthesis and characterization, J. Appl. Polym. Sci. 53, 239-245.
- Sclavons M., V. Carlier, B. De Roover, P. Franquinet, J. Devaux, R. Legras, 1996. The anhydride content of some commercial PP-g-MA: FTIR and titration, J. Appl. Polym. Sci. 62, 1205-1210.
- Seng Neon Gan dan Z.A. Hamid, 1997. Partial conversion of Epoxide Groups to Diol in Epoxidized Natural Rubber, *Polymer* Vol. 38 No. 8 1953-1956.
- Simmons, W. E. Baker, 1989. Basic functionalization of polyethylene in the melt, *Polym. Eng. Sci.* 29, 1117-1123.

- Stevens, M. P., 2001. Kimia Polimer, Terjemahan Lis Sopyan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Takayuki Saito, Warunee Klinklai, Seiichi Kawahara, 2007. Characterization of epoxidized natural rubber by 2D NMR spectroscopy, *Polymer* 48, 750-757.
- Tanaka, Y., T. Sakai, Y. Hioki, M. Kojima, A. Kuga, 1996. Highly purified natural rubber, preparation of anionic latex and its physical properties. *Nihon Gomu Kyoukaishi* 69 (1) : 533-555.
- Thio Goan Loo, 1980. Tuntunan Praktis Mengelola Karet Alam, PT. Kinta, Jakarta.
- Tumorskii, A. V.V. Markov, L. P. Fomine, V.B. Belyanin dan B. A. Dogadkin, 1961. Cyclization of Diene Polymers_I: Cyclization of Natural Rubber in Phenol Solutions, Moscow Institute of Fine Chemical Technology, Moscow.
- White J. L., A. Sasaki, 2003. Free Radical Graft Polymerization, *Polym.-Plast. Technol. Eng.* 42, 711-735.
- William Klingensmit dan Brendan Rodgers, 2004. Rubber Compounding: Chemistry and Applications, Taylor dan Francis.
- Yong L., F. Zhang, T. Endo, T. Hirotsu, 2002. Structural characterization of maleic anhydride grafted polyethylene by ¹³C NMR spectroscopy, *Polymer* 43, 2591-2594.
- Zakir M. O. Rzayev, 2011. Graft Copolymers of Maleic Anhydride and Its Isostructural Analogues: High Performance Engineering Materials, *International Review of Chemical Engineering*, volume 3, No 2, March, 2011. 14.
- Zhen Yao, Bo-Geng Li, Kun Cao dan Zu-Ren Pan, 1998. Semicontinuous Thermal Bulk Copolymerization of Styrene and Maleic Anhydride: Experiments and Reactor Model, *J Appl Polym Sci* 67: