

**DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRIDA MALEAT PADA KARET  
ALAM SIKLIS *CYCLIC NATURAL RUBBER* DENGAN METODE  
TITRASI**

**SKRIPSI**

Oleh

**RENI PUJI ASTUTI  
1504310019  
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRAT MALEAT PADA KARET  
ALAM SIKLIS *CYCLIC NATURAL RUBBER* DENGAN METODE TITRASI

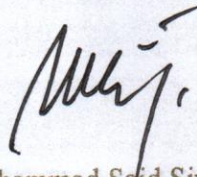
**SKRIPSI**

Oleh : ❖

RENI PUJI ASTUTI  
1504310019  
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Strata 1 (S1) pada Fakultas  
Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Komisi Pembimbing



Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si.

Ketua



Misril Fuadi, S.P., M.Sc.

Anggota

Disahkan Oleh :  
Dekan



Ir. Asritanarni Munar, M.P.

Tanggal Lulus: 07-10-2019

## PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : RENI PUJI ASTUTI  
NPM : 1504310019

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul **DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRIDA MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS *CYCLIC NATURAL RUBBER* DENGAN METODE TITRASI** adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

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

Medan, 07 Oktober 2019  
Yang menyatakan



RENI PUJI ASTUTI

**Derajat Pencangkokan Anhidrida Maleat Pada Karet Alam *SIKLIS CYCLIC NATURAL RUBBER* dengan Metode Titrasi**

The degree of maleic anhydride transplantation in cyclic natural rubber using the titration method

**Oleh:**  
**RENI PUJI ASTUTI**  
**1504310019**

**ABSTRACT**

Rubber plants come from Latin, namely *Havea brasiliensis* from Brazil. This plant is the main source of the world's natural rubber plants. In order for natural rubber to have a high economic value, natural rubber is modified. Cyclic natural rubber is one form of natural rubber modified by heating using an acid catalyst. Which aims to be able to change the characteristics or properties of natural rubber better. This research is a laboratory experiment to produce new material. Then determine the amount of Maleic Anhydride grafted on cyclic natural rubber. There is addition of Maleic Anhydride with various concentrations: 2, 4, 8, 16 phr. The degree of grafting is determined by the titration method using NaOH. In addition to increasing the degree of grafting, comonomer divinyl benzen is added with variations: 0.5, 1 and 2 mol ratios. From the results of this study, with the addition of Divinil Benzen the degree of transplantation had a higher increase compared to without using a comonomer.

**Keyword** : Rubber Plants, Cyclic Natural Rubber, Maleic Anhydride, Divinil Benzen, NaOH and Titration.

## ABSTRAK

Tanaman karet berasal dari bahasa latin yaitu *Havea brasiliensis* yang berasal dari Negara Brazil. Tanaman ini merupakan sumber utama tanaman karet alam dunia. Agar karet alam memiliki nilai ekonomi yang tinggi karet alam dilakukan modifikasi. Karet alam siklis merupakan salah satu bentuk karet alam yang dimodifikasi dengan cara pemanasan menggunakan katalis asam. Yang bertujuan agar dapat mengubah karakteristik atau sifat karet alam yang lebih baik lagi. Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrida Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis. Adapun penambahan Anhidrida Maleat dengan variasi konsentrasi : 2, 4, 8, 16 phr. Derajat pencangkokan ditentukan dengan metode titrasi menggunakan NaOH. Selain itu untuk meningkatkan derajat pencangkokan ditambahkan komonomer Divinil Benzen dengan variasi : 0,5, 1 dan 2 mol rasio. Dari hasil penelitian ini, dengan penambahan Divinil Benzen derajat pencangkokan mengalami kenaikan yang lebih tinggi di bandingkan tanpa menggunakan komonomer.

**Kata Kunci :** *Tanaman Karet, Karet Alam Siklis, Anhidrida Maleat, Divinil Benzen, NaOH dan Titrasi.*

## RINGKASAN

Penelitian ini berjudul "Derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis Cyclic Natural Rubber dengan Metode Titrasi". Penelitian ini dibimbing oleh bapak Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si selaku ketua komisi pembimbing dan Bapak Misril Fuadi, S.P.,M.Sc selaku anggota komisi pembimbing.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Anhidrida Maleat terhadap derajat pencangkakan Anhidrida Maleat dengan metode titrasi dan untuk mengetahui pengaruh Divinil Benzen terhadap derajat pencangkakan Anhidrida Maleat dengan metode titrasi.

Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrida Maleat yang tercangkok (derajat pencangkakan) pada Karet Alam Siklis. Penambahan Anhidrida Maleat dengan variasi konsentrasi : 2, 4, 8, 16 phr. Derajat pencangkakan ditentukan dengan metode titrasi dengan menggunakan NaOH. Untuk meningkatkan derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis dilakukan dengan penambahan komonomer Divinil Benzen dengan variasi : 0,5, 1, 2 (mol rasio).

Hasil dari penelitian dan analisa dapat disimpulkan sebagai berikut, Semakin tinggi konsentrasi AM maka semakin banyak AM yang tercangkok. Dengan konsentrasi AM yang sama ditemukan kecendrungan yang sama antara reaksi pencangkakan AM tanpa kehadiran DVB dan dengan kehadiran DVB. Diperoleh derajat pencangkakan yang lebih tinggi pada reaksi pencangkakan

dengan kehadiran inisiator DVB. Konsentrasi DVB memberikan pengaruh terhadap jumlah AM yang bereaksi dengan KAS.

## RIWAYAT HIDUP

Reni Puji Astuti, dilahirkan di Medan pada tanggal 31 Mei 1997, anak kedua dari dua bersaudara dari Bapak Ishak Chaniago dan Ibu Fahrída. Bertempat tinggal di jalan B. Katamso Gg Kasih No.43 Kelurahan Kampung Baru Kecamatan Medan Maimun.

Adapun pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis adalah :

1. Tahun 2003, menempuh pendidikan di SD Negeri 060907 Medan dan lulus tahun 2009.
2. Tahun 2009, menempuh pendidikan di SMP Swasta YPK Medan dan lulus pada tahun 2012.
3. Tahun 2012, menempuh pendidikan di SMK Negeri 3 Medan.
4. Tahun 2014, melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PDAM Tirtanai Delitua.
5. Tahun 2015, lulus dari pendidikan di SMK Negeri 3 Medan.
6. Tahun 2015, menempuh pendidikan di Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Fakultas Pertanian, Jurusan Teknologi Hasi Pertanian.
7. Tahun 2018, melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina Sumatra Utara.
8. Dan terakhir tahun 2019 telah menyelesaikan skripsi dengan judul “Derajat Pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis *Cylic Natural Rubber* dengan Metode Titrasi.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Derajat Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis (*Cyclic Natural Rubber*): Dengan Metode Titrasi”**

Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi strata 1 (S1) di program studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyusunan proposal ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan Ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Ayahanda dan Ibunda yang mengasuh, membesarkan, mendidik, memberi semangat, memberi kasih sayang dan cinta yang tiada ternilai serta memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti baik moral maupun materil sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Bapak Dr. Agussani, M.AP 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 dan Bapak Misril Fuadi, S.P.,M. Sc selaku anggota pembimbing yang telah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Dosen-dosen Teknologi Hasil Pertanian yang senantiasa

memberikan ilmu dan nasehatnya selama di dalam maupun di luar perkuliahan. Sahabat terkasih Fatin Abdul Hakim, Fitri Sulisyawati, dan Juniatussunnisa Br Sitepu atas persahabatan indah yang dimulai dari awal semester 1 hingga sekarang, yang selalu berbagi suka duka, selalu menguatkan dan menasehati satu sama lain juga membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Teman satu tim karet alam (Dian arsita fitri, Enisa cita mentari, Widadita nurim pasta, abangda Nazarudin) yang telah membantu dan menguatkan satu sama lain. Teman-teman THP 2015 yang selalu memberikan motivasi semangat kepada saya untuk menyelesaikan studi strata 1 (S1). Seluruh staf biro dan pegawai Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Kakanda dan adinda stambuk 2014, 2015, 2016, 2017, 2018. Program studi Teknologi Hasil Pertanian yang telah banyak membantu selama ini.

Besar harapan saya agar proposal ini dapat bermanfaat bagi semua pihak serta masukkan berupa kritik dan saran untuk kesempurnaan proposal ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Medan, Oktober 2019

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
RINGKASAN .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
PENDAHULUAN	
Latar Belakang .....	1
Tujuan Penelitian .....	3
Hipotesa Penelitian.....	4
Kegunaan Penelitian.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	
Tanaman Karet .....	5
Sifat-sifat Karet Alam .....	7
Komposisi Karet Alam.....	8
Karet Alam Siklis.....	10
<i>Grafting</i> (Pencangkokan) .....	13
Pencangkokan dengan inisiasi panas .....	13
Pencangkokan dengan inisiasi enzimatik .....	14
Pencangkokan dengan bahan kimia .....	14
Pencangkokan monomer anhidrat maleat .....	14
Anhidrat Maleat .....	16
Inisiator .....	18
Divinil Benzen . .....	18
Titrasi .....	19
Indikator Ph.....	20
NaOH . .....	21

<b>METODE PENELITIAN</b>	
Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
Bahan Penelitian.....	23
Alat Penelitian.....	23
Metode Penelitian.....	23
Prosedur kerja.....	24
Metode Pengamatan	
Titrasi .....	26
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
Pengaruh penambahan AM .....	32
Pengaruh penambahan DVB pada derajat pencangkakan AM .....	34
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
Kesimpulan.....	37
Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	halaman
1.	Komposisi Karet Alam.....	9
2.	Standart Indonesia Rubber .....	10
3.	Sifat-sifat Anhidrat Maleat.....	18
4.	Pengaruh penambahan Anhidrida Maleat .....	32
5.	Pengaruh penambahan DVB pada derajat pencangkakan AM .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	halaman
1.	Pohon Karet Alam.....	5
2.	Rumus kimia cis-1,4-poliisoprena dan trans-1,4-poliisoprena .....	6
3.	Struktur siklik karet alam siklis.....	11
4.	Mekanisme reaksi siklisasi karet alam.....	12
5.	Reaksi siklisasi karet alam menghasilkan karet alam siklis.....	13
6.	Reaksi pembentukan Anhidrida Maleat .....	17
7.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Tanpa Divinil Benzen (DVB) .....	28
8.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Penambahan Divinil Benzen (DVB).....	29
9.	Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM.....	30
10.	Diagram Alir Penentuan Derajat Pencangkakan dengan Metode Titration Reaksi Pencangkakan .....	31
11.	Konsentrasi Anhidrida Maleat pada derajat grafting .....	33
12.	Konsentrasi Devinil Benzen pada derajat grafting AM.....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Tabel data volume NaOH yang terpakai pada Pencangkakan AM .....	42
2.	Tabel data volume NaOH yang terpakai pada Pencangkakan AM dengan penambahan DVB .....	44
3.	Proses .....	46

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Di Indonesia, tanaman karet memiliki luas areal terbesar di dunia dengan luas 3,4 juta hektar. Tanaman karet merupakan tanaman tahunan. Satu siklus tanam yang dihitung dari saat menanam dilapangan sampai dengan peremajaan yang memakan waktu lebih kurang 25 tahun. Karet alam merupakan salah satu hasil pertanian yang terkemuka sebab banyak menunjang bagi perekonomian Indonesia. Hasil devisa yang diperoleh dari karet cukup besar. Bahkan, Indonesia pernah menguasai produksi karet dunia dengan mengalahkan negara-negara lain dan negara asal tanaman karet sendiri di Daratan Amerika Selatan.

Sebagian besar areal perkebunan karet Indonesia terletak di Sumatera (70 %), Kalimantan (24 %) dan Jawa (4 %) dengan curah hujan 1500-4000 mm/tahun dengan rata-rata bulan kering 0-4 bulan pertahun dan terletak pada elevasi dibawah 500 m diatas permukaan laut. Perkembangan terakhir di Thailand, India dan China sedang meneliti pengembangan karet di daerah semiarid, elevasi tinggi dan daerah sub tropis (Vijayakumar *et al*, 2000).

Karet alam merupakan elastomer untuk penggunaan umum yang memiliki beberapa keunggulan. Karet alam memiliki struktur molekul poliisopren dengan orientasi 100% cis dengan bobot molekul tinggi yang mudah digiling dan memiliki sifat keliatan dan kelekatan yang tinggi (Blow dan Hepburn,1982).

Karet alam memiliki beberapa sifat unggul diantaranya : kepegasan, kuat tarik dan elastisitas yang tinggi, ketahanan kikis dan sobek serta daya lengket yang baik dan mudah untuk digiling. Namun beberapa kelemahan dari karet alam yaitu tidak tahan terhadap panas, oksidasi dan pelarut organik. Hal ini dipahami karena



karet alam umumnya mengandung ikatan tidak jenuh yang tinggi dan bersifat non polar. Untuk memperbaiki sifat-sifat karet alam, berbagai modifikasi fisik dan kimia terhadap molekul karet alam telah banyak dilakukan. Modifikasi karet alam secara fisik dapat dilakukan dengan cara mencampurkan (*blending*) karet alam dengan bahan polimer atau karet sintetis. Modifikasi secara kimia dilakukan melalui perubahan struktur molekul karet, diantaranya melalui proses kopolimerisasi, depolimerisasi dan siklisasi. Untuk meningkatkan kompatibilitas dan kereaktifan dalam proses pencampuran modifikasi kimia yang pernah dilakukan yaitu halogenisasi (Ellul dan Hazelton, 1994) atau maleanisasi (Ichado *et al.*, 2010, Zeng *et al.*, 2010, Nakason *et al.*, 2006). Maleanisasi karet alam dapat melalui proses grafting molekul Maleat Anhidrida (MA) ke dalam struktur karet alam. Proses pencangkakan (*grafting*) gugus telah banyak dilakukan untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Teknik grafting merupakan teknik yang relatif sederhana dan mudah dan secara luas telah banyak dilakukan (Siregar, 2015). Maleat Anhidrida (MA) telah menjadi monomer yang menarik untuk meningkatkan hidrofilitas NR. Penggunaan MA sebagai senyawa penghubung (*Coupling agent*) karena pencangkakan MA ke dalam struktur molekul karet alam akan meningkatkan sifat hidrofilik karet alam, selain itu MA yang digrafting ke molekul karet alam dapat meningkatkan sifat antar muka dan adhesi antara dua fase campuran yang berbeda (Machado, 2000).

Dalam industri, karet alam siklis banyak digunakan sebagai bahan resin dalam pembuatan cat, tinta dan sebagai bahan perekat. Karet alam siklis (*Cyclic Natural Rubber*, CNR) merupakan hasil modifikasi karet alam yang menjadi salah

satu produk unggulan industri hilir karet. Karet alam siklis memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai bahan baku perekat (*adhesive*) dan cat karena memiliki sifat fisik yang khas, yaitu ; ringan, kaku dan tahan terhadap abrasi (daya gesek) serta mempunyai daya rekat yang baik terhadap logam, kayu, karet, kulit, tekstil dan kertas (Departemen perindustrian, 2007).

Karet alam siklis memiliki ikatan rangkap pada rantai polimernya dan merupakan polimer yang bersifat nonpolar. Karet alam siklis memiliki energi permukaan yang rendah sehingga menyebabkan interaksi antar-muka dan sifat adhesifnya rendah terutama bila dicampurkan dengan polimer polar. Karet alam siklis tidak kompatibel dengan polimer polar. Untuk mengatasi permasalahan ini, modifikasi kimia struktur kimia karet alam siklis menjadi penting untuk dilakukan.

Berdasarkan keterangan diatas maka penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian tentang **“DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRIDA MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS *CYCLIC NATURAL RUBBER*: DENGAN METODE TITRASI”**

### **Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi Anhidrida Maleat terhadap derajat pencangkokan AM dengan metode titrasi.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi Devinil Benzen (DVB) terhadap derajat pencangkokan AM dengan metode titrasi.

### **Hipotesa Penelitian**

1. Ada pengaruh konsentrasi Anhidrida Maleat pada pencangkakan Karet Alam Siklis.
2. Ada pengaruh DVB pada pencangkakan AM pada Karet Alam Siklis.

### **Kegunaan Penelitian**

1. Memberikan informasi tentang pencangkakan Anhidrida Maleat pada rantai karet alam siklis.
2. Menjadi salah satu cara meningkatkan nilai tambah produk-produk karet alam dan turunannya.
3. Menjadi persyaratan untuk menyelesaikan tugas akhir pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis*)

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan tanaman perkebunan yang bernilai ekonomis tinggi. Tanaman tahunan ini pertama kali disadap getahnya pada umur tahun ke-5. Dari getah tanaman karet (lateks) tersebut bisa diolah menjadi lembaran karet (*sheet*), bongkahan (kotak) atau karet remah (*crumb rubber*) yang merupakan bahan baku industri karet. Kayu tanaman karet, bila kebun karetnya hendak diremajakan, juga dapat digunakan untuk bahan bangunan, misalnya untuk membuat rumah, furniture dan lain-lain (Purwanta *dkk.*, 2008).



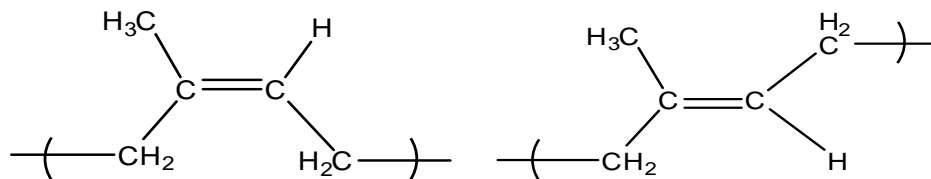
(a)

(b)

Gambar 2.1.(a). Pohon karet alam *Hevea brasiliensis*. (b). lateks karet alam

Karet merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Latin, khususnya Brasil. Sebelum dipopulerkan sebagai tanaman budidaya yang dikedirikan secara besar-besaran, penduduk asli Amerika Selatan, Afrika dan Asia sebenarnya telah memanfaatkan beberapa jenis tanaman penghasil getah. Karet masuk ke Indonesia pada tahun 1864, mula-mula karet ditanam di kebun Raya Bogor sebagai tanaman koleksi. Dari tanaman koleksi karet selanjutnya dikembangkan ke beberapa daerah sebagai tanaman perkebunan komersial (Setiawan dan Andoko, 2005).

Karet alam adalah polimer isopren ( $C_5H_8$ ) yang mempunyai bobot molekul yang besar. Susunannya adalah  $-CH-C(CH_3)=CH-CH_2-$ . Karet yang diperoleh dari pohon *Hevea brasiliensis* adalah bentuk ilmiah dari 1,4-poliisoprena. Karet jenis ini memiliki ikatan ganda lebih dari 98 % dalam konfigurasi cis nya yang penting bagi kelenturan atau elastisitas poliisoprena. Lebih dari 90 % cis - 1,4 poliisoprena digunakan dalam industri karet *Hevea* (Tarachiwin, 2005). Karet alam adalah suatu senyawa hidrokarbon (C dan H) yang merupakan makromolekul isoprena yang bergabung membentuk poliisoprena. Tanaman karet (*Hevea Brasiliensis*) yang asalnya dari Brazil, Amerika Selatan, tumbuh secara liar di lembah-lembah Amazon (Setyamijaja, 1993). Berikut ini struktur kimia karet alam (cis – 1,4 poliisoprena) dan trans -1,4- poliisoprena dalam karet:



Gambar 2.2. 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 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 Klingensmit dan Brendan Rodgers, 2004).

Klasifikasi lengkap tanaman karet adalah :

Devisio : *Spermatophyta*

Subdevisio : *Angiospermae*

Klas : *Dicotyledonae*

Ordo : *Euphorbiales*

Famili : *Euphorbiaceae*

Genus : *Havea*

Spesies : *Havea brasiliensis*

### **Sifat -Sifat Karet Alam**

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 Klingensmit dan Brendan Rodgers, 2004).

Karet alam warnanya agak kecoklatan, sifat mekaniknya tergantung pada derajat vulkanisasi, melunak pada suhu 130 °C dan terurai pada suhu 200 °C. Sifat kimia karet alam kurang baik terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Zat tersebut dapat larut dalam hidrokarbon, ester, asam asetat dan sebagainya. Karet yang kenyal seperti mudah didegradasi oleh sinar UV dan ozon. Sifat-sifat karet yang terpenting untuk menjamin mutunya :

1. Viskositasnya harus rendah.
2. Ketahanan oksidasinya harus tinggi.

3. Sifat-sifat pematangannya harus cepat matang.
4. Kadar zat tambahan dan kotoran harus serendah mungkin (Kartowardoyo, 1980).

Pada umumnya semakin tinggi BM hidrokarbon karet, semakin panjang rantai molekul dan semakin tinggi tahanan terhadap aliran, dengan kata lain karetnya lebih kental dan keras. Ikatan C-C di dalam rantai polimer karet dapat berubah sudut ikatannya karena pengaruh fisik dari luar. Molekul-molekul yang panjang di alam pada umumnya tidak lurus tetapi melingkar seperti spiral. Hal ini memberikan sifat fleksibel, dapat ditarik (pada batas-batas tertentu) atau ditekan dan sifat lentur (Mark, J.E. and Burak Erman. 2005).

### **Komposisi Karet Alam**

Lateks karet alam mengandung partikel hidrokarbon karet dan substansi non-karet yang terdispersi dalam fase cairan serum. Kandungan hidrokarbon karet dalam lateks diperkirakan antara 30-45 persen tergantung klon tanaman dan umur tanaman. Substansi non-karet terdiri atas protein, asam lemak, sterol, trigliserida, fosfolipid, glikolipid, karbohidrat dan garam-garam anorganik. Senyawa protein dan lemak ini menyelubungi lapisan permukaan dan sebagai pelindung partikel karet (Subramaniam, 1987).

Kandungan protein dalam lateks karet alam terdapat pada permukaan partikel karet, yang berinteraksi secara kimia dan fisis (Kawahara *et al* 2004). Protein lateks terdiri dari asam amino dan menunjukkan karakteristik asam basa. Asam amino memiliki gugus  $\alpha$ -karboksil asam dan gugus amino basa dengan rantai samping netral (Wei *et al* 2014). Kandungan protein-protein spesifik di dalam karet, khususnya yang terdapat di dalam partikel lutoid (*bottom fraction*)

lateks. Protein utama yang terdapat pada partikel lateks dan mempengaruhi kuantitas lateks yang dihasilkan oleh suatu pohon karet adalah hevein. Protein hevein memiliki aktivitas antifungal secara *in vitro* dan dapat menjaga stabilitas koloidal lateks. Selain itu terdapat protein lain yaitu pseudohevein, hevamin dan hev b1-hev b14 yang telah diakui International Union of Immunological Societies (IUIS) sebagai agen penyebab alergi lateks karet alam. Hev b1 dan hev b3 adalah dua protein alergenis utama. Namun, stabilitas atau kemampuan protein untuk menahan perubahan struktural, tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu, pH dan modifikasi kimia selama pembuatan produk karet (Wei *et al* 2014).

Tabel 2.1. Komposisi karet alam

No	Bahan	Kadar (%)
1	Karet	93,7
2	Protein	2,2
3	Karbohidrat	0,4
4	Lemak	2,4
5	Glikolipid + Fosfolipid	1,0
6	Garam anorganik	0,2
7	Lainnya	0,1

Sumber: Subramaniam (1987).

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).

Dalam memproduksi karet alam Indonesia memiliki peraturan terhadap standar mutu nasional karet yang biasanya disebut Standar Indonesia Ruber (SIR) dalam penetapan SIR mengacu kepada SNI 06-2047 (standar bahan olahan karet). Berikut ini merupakan ketentuan SIR.



Tabel 2.2 Standar 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

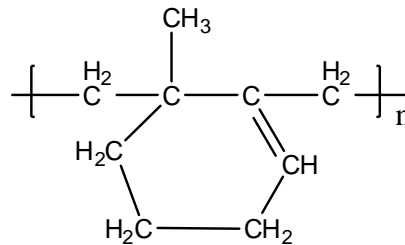
(Thio Goan Loo, 1980).

### **Karet Alam Siklis**

Karet alam siklik merupakan salah satu bentuk karet alam yang dimodifikasi dengan cara pemanasan menggunakan katalis asam. Sifat karet alam siklik berbeda dengan karet alam asalnya. Kelebihan karet alam siklik diantaranya adalah tahan terhadap daya gosok dan mempunyai daya rekat yang lebih baik. Penggunaan utama karet alam siklik adalah sebagai bahan baku pembuatan cat, pelapis dan perekat (Chusna, 2002).

Siklisasi karet alam merupakan reaksi pembentukan cincin enam karbon intramolekuler cis-1,4-poliisoprena menghasilkan karet alam siklis (*Cyclized Natural Rubber/CNR*), 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%. Beberapa peneliti sepakat dengan struktur karet alam siklis seperti gambar dibawah ini (Lee, 1963).

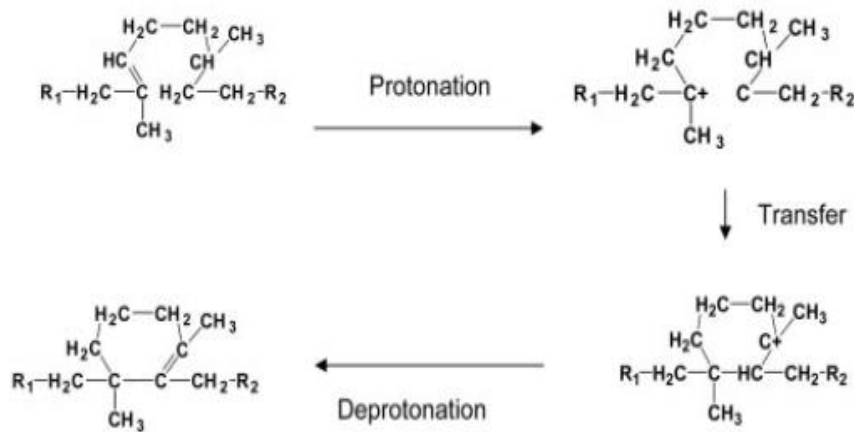


Gambar 2.3. Struktur siklik karet alam siklis

Beberapa peneliti telah berhasil membuat karet alam siklis melibatkan katalis yang berbeda seperti asam p-toluena sulfonat (Janssen, 1954),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Tumorsski, 1961),  $\text{SnCl}_4$  ( Lee, D.F., 1963 dan Mirzataheri, 2000) dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Riyajan, 2006) dan juga penggunaan bahan baku karet, metode serta yield yang berbeda. (Janssen, 1954) menggunakan karet padatan sebagai bahan baku, jenis RSS 1 dengan metode pencampuran leleh di dalam alat pencampuran internal/internal mixer, yield 85%. 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 nonprotein/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

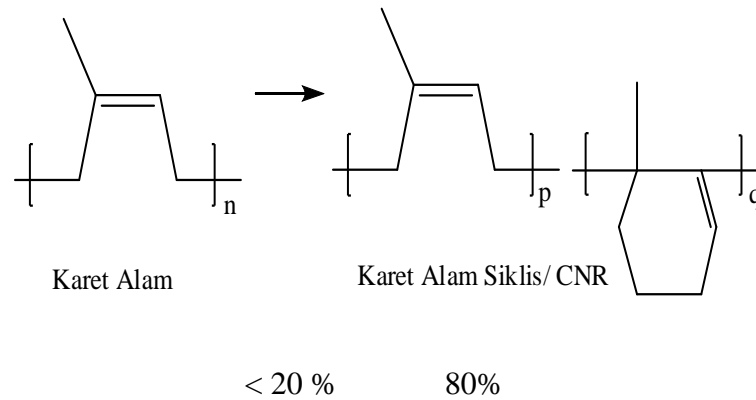
propagasi pembentukan struktur siklis dan diakhiri dengan deprotonasi (Lee, 1963). Telah diusulkan mekanisme reaksi molekul-molekul poliisoprena dalam pembentukan cincin enam karbon sebagai mekanisme ion karbonium. Reaksi ini dapat terjadi sepanjang rantai poliisopren pada karet untuk menghasilkan struktur polisiklik (Mirzataheri, 2000).



Gambar 2.4. 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 2.5. 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, 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, 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 enzimatik**

Metode ini merupakan metode yang cukup baru. Prinsipnya enzim menginisiasi reaksi grafting kimia/elektrokimia. Contohnya, tirosin dapat mengkonversi fenol menjadi o-kuinon yang reaktif. Kemudian mengalami reaksi non-enzimatik dengan kitosan (Bhattacharya, A. dan B. N. Misra, 2004).

### **Pencangkakan dengan bahan kimia**

Pencangkakan dengan inisiasi bahan kimia salah satunya dengan mekanisme radikal bebas. Mekanisme inisiasi radikal bebas sangat berpengaruh dalam proses pencangkakan sehingga diperlukan senyawa inisiator yang tepat. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inisiator antara lain senyawa peroksida, antara lain : peroksida benzoil, peroksida *tert-butyl* dan peroksida dicumil (Xianru 2013).

### **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 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 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) dan fase leleh (N. G. Gaylord, R. Mehta, 1988) 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 pencangkannya (J. Cha, J. L. White, 2001).

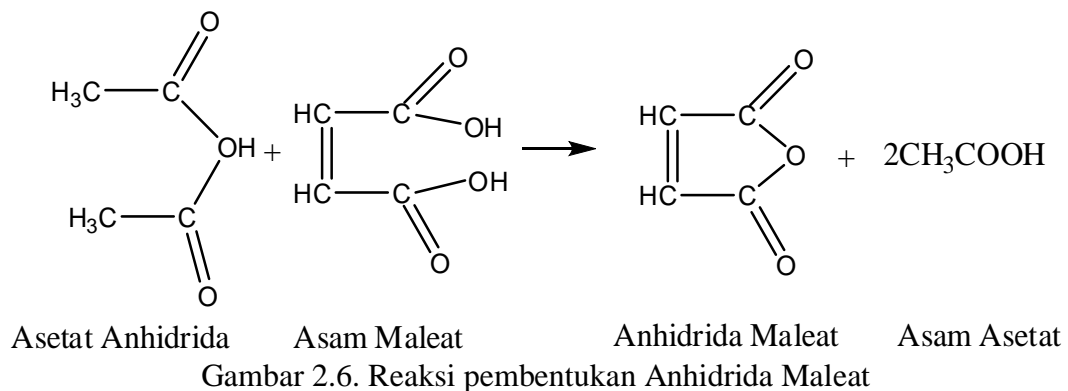
Pencangkakan Anhidrida maleat pada polimer menggunakan sistem ekstruder screw ganda (*twin-screw extruder*) sangat menguntungkan untuk memproduksi material baru secara komersial. *Twin-screw extruders* berfungsi sebagai reaktor aliran kontinu berperan penting dalam produksi material termoplastik berkinerja tinggi (S. N. Sathe *dkk.*, 1994; J. Cha, J. L. White, 2001).

Penelitian yang penting terkait pencangkakan Anhidrida Maleat pada pp adalah penggunaan berbagai jenis ekstruder dan pencampur. Kemudian, fungsionalisasi Anhidrida maleat pada pp dalam fase leleh telah diteliti dimana reaksinya berlangsung di dalam pencampur internal Brabender Plasticorder. Konsentrasi AM dan inisiator peroksida berpengaruh terhadap jumlah kopolimer cangkok. Penelitian pencangkakan AM pada pp menggunakan proses reaktif di dalam Hake torquerheometer 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).

### **Anhidrida Maleat**

Anhidrida Maleat juga dikenal dengan nama lain yaitu : cis-butenadioat Anhidrida, Anhidrida toksilat dan dihidro-2,5-dioksofuran. Merupakan senyawa organik yang memiliki rumus molekul  $C_4H_2O_3$ . Anhidrida Maleat merupakan padatan tidak berwarna atau berwarna putih dan memiliki bau yang tajam.

Anhidrida Maleat adalah senyawa vinil tidak jenuh, merupakan bahan baku pada sintesa resin poliester, pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan aditif dan minyak pelumas, plastisizer dan kopolimer. Anhidrida Maleat mempunyai sifat kimia khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, yang berfungsi dalam reaksi adisi. Anhidrida Maleat diproduksi secara komersial dengan reaksi oksidasi benzena atau senyawa aromatik lainnya. Anhidrida Maleat dapat dibuat seperti reaksi di bawah ini.



Anhidrida Maleat mempunyai sifat kimia khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, yang berfungsi dalam reaksi adisi. Anhidrat 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.

Tabel 2.3. Sifat-sifat Anhidrida Maleat

No	Sifat	Keterangan
1	Deskripsi	Tak berwarna atau padatan putih
2	Rumus Molekul	$C_4H_2O_3$
3	Berat Molekul	98,06 g/mol
4	Titik Didih	202 °C
5	Titik Leleh	52,8 °C
6	Kelarutan	Larut dalam air, eter, asetat, kloroform, dioksan, aseton, benzen, toluen dan o-xylen

(HSDB, 1995)

### **Inisiator**

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

### **Divinil Benzen**

Divinil benzen ( $C_{10}H_{10}$ ) adalah salah satu senyawa kimia yang mempunyai kegunaan yang sangat besar terutama dalam industri plastik sebagai zat antara untuk pembuatan senyawa kimia lainnya dan sebagai monomer yang digunakan untuk membuat karet sintesis. Divinil benzen diproduksi dengan cara dehydrogenasi ethybenzene (Othmer, 1983).

Divinil benzen mempunyai berat molekul 130,19 g/mol, titik didihnya 200°C, tidak larut dalam air tetapi larut dalam etanol dan eter, memiliki titik nyala 76°C. Divinil benzen merupakan senyawa benzen yang mengikat dua gugus vinil,

sehingga bisa digunakan sebagai agen penyambung silang (*crosslinker*) yang sangat reaktif pada kopolimerisasi gugus vinil. Divinil Benzen dapat membentuk ikatan primer dan sekunder pada gugus reaktifnya. Ikatan primer terbentuk pada gugus vinil dengan senyawa non polar lainnya sedangkan ikatan dengan atom hidrogen bermuatan parsial positif (H). Ikatan primer dan sekunder memperbesar jaringan polimer sehingga polimer lebih masif dan keras serta dapat menurunkan indeks alir leleh dan konsekuensinya meningkatkan sifat mekanisnya (Makhnunah, 2013).

### **Titration**

Titration merupakan suatu proses analisis dimana suatu volum larutan standar ditambahkan ke dalam larutan dengan tujuan mengetahui komponen yang tidak dikenal. Larutan standar adalah larutan yang konsentrasinya sudah diketahui secara pasti. Berdasarkan kemurniannya larutan standar dibedakan menjadi larutan standar primer dan larutan standar sekunder. Larutan standar primer adalah larutan standar yang dipersiapkan dengan menimbang dan melarutkan suatu zat tertentu dengan kemurnian tinggi (konsentrasi diketahui dari massa-volume larutan). Larutan standar sekunder adalah larutan standar yang dipersiapkan dengan menimbang dan melarutkan suatu zat tertentu dengan kemurnian relatif rendah sehingga konsentrasi diketahui dari hasil standardisasi (Day Underwood, 1999).

Kesalahan titration merupakan kesalahan yang terjadi bila titik akhir titration tidak tepat sama dengan titik ekivalen ( $\leq 0,1\%$ ), disebabkan ada kelebihan titran, indikator bereaksi dengan analit atau indikator bereaksi dengan titran, diatasi dengan titration larutan blanko. Larutan blanko larutan yg terdiri atas semua

pereaksi kecuali analit. Untuk mengetahui titik ekuivalen secara eksperimen biasanya dibuat kurva titrasi yaitu kurva yang menyatakan hubungan antara  $-\log [H^+]$  atau  $-\log [X^-]$  atau  $-\log [Ag^+]$  atau E (volt) terhadap volume (W. Haryadi, 1990).

### **Indikator pH atau indikator asam-basa**

Indikator pH merupakan zat yang dapat berubah warna apabila pH lingkungannya berubah. Indikator asam-basa dapat berubah warna bila lingkungan pH berubah karena indikator asam basa merupakan asam organik lemah atau basa organik lemah sehingga dalam larutan terionisasi dan bentuk molekul indikator mempunyai warna yang berbeda dengan warna indikatornya.

Indikator yang baik atau tepat apabila berubah warna tepat pada saat titran menjadi ekuivalen dengan titrat selain itu perubahan warna harus terjadi dengan mendadak agar tidak ada keragu-raguan kapan penambahan titran dihentikan sehingga diperoleh titik akhir titrasi yang jelas. Untuk mendapatkan indikator yang baik maka harus dipilih indikator yang mempunyai trayek pH yang mencakup pH larutan tepat pada atau sangat mendekati titik ekuivalen bahkan trayek pH indikator tersebut harus memotong bagian yang sangat curam dari kurva titrasi.

Contoh larutan indikator antara lain adalah fenolftalin (pp) yang memberikan warna pink dalam lingkungan basa dan tidak berwarna dalam lingkungan asam. Perubahan warna indikator ini terjadi dalam rentangan pH tertentu yang disebut trayek pH. Sebagai contoh, indikator pp memiliki trayek pH : 8,0-9,6,4 (Rubinson, Judith Fet al, 1998 : 229)

## **NaOH**

Natrium Hidroksida (NaOH) atau terkadang disebut soda api merupakan senyawa kimia dengan alkali tinggi. Sifat-sifat kimia membuatnya ideal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang berbeda. Natrium hidroksida adalah bahan dasar populer yang digunakan di industri. Sekitar 56% Natrium hidroksida yang dihasilkan digunakan oleh industri, 25% di antaranya digunakan di berbagai macam bidang industri. Kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. secara massal Natrium hidroksida paling sering ditangani sebagai larutan berair karena lebih murah dan mudah ditangani

NaOH berwarna putih, massa lebur, berbentuk pelet, serpihan atau batang atau bentuk lain. Sangat basa, keras, rapuh dan menunjukkan pecahan hablur. Bila dibiarkan di udara akan cepat menyerap karbondioksida dan melembab. NaOH membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air. Senyawa ini sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida (Rahayu, 2012).

Sifat-sifat fisika Natrium Hidroksida (NaOH) yaitu berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%, titik leleh 318 °C, sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, bersifat lembab cair, larutan jenuh 50%. Senyawa ini sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida. Densitas NaOH adalah 2,1 gr/ml, NaOH membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air, titik didih 1390 °C. Sifat kimia Natrium hidroksida (NaOH) yaitu zat berwarna putih dan rapuh dengan cepat dapat mengabsorpsi NaOH mudah larut dalam air, jika kontak dengan udara akan

mencair dan jika uap dari udara, kristal NaOH berserat membentuk anyaman, dibakar akan meleleh (Kirk & Othmer, 1981).

## **METODE PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2018 - Februari 2019.

### **Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Anhidrida Maleat, Divinil Benzen, Aseton, Xylen, NaOH, Indikator PP dan Metanol. Sedangkan Karet alam siklis (*Cyclized Natural Rubber/CNR*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk komersial dengan nama dagang Resiprena 35 (R-35) yang diproduksi oleh Pabrik Resiprena, PT Industri Karet Nusantara, Sei Baman, Tebing tinggi, Sumatera Utara, Indonesia.

### **Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Buret, erlenmeyer, statif dan klem, timbangan Analitik, beaker glass, batang pengaduk, spatula, hotplate, oven, kertas saring whattman, alat refluks 1 set dan stirer.

### **Metode Penelitian**

Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrida Maleat yang tercangkok (derajat pencangkokan) pada Karet Alam Siklis. Penambahan Anhidrida Maleat dengan variasi konsentrasi : 2, 4, 8, 16 phr. Derajat pencangkokan ditentukan dengan metode titrasi dengan menggunakan NaOH. Untuk meningkatkan derajat pencangkokan Anhidrida Maleat pada Karet Alam

Siklis dilakukan dengan penambahan komonomer Divinil Benzen dengan variasi : 0,5, 1, 2 (mol rasio).

Prosedur Kerja

**Persiapan Alat Pencampur Internal (*internal mixer*) Brabender Plasticorder (Siregar, 2014).**

Reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada karet alam siklis dilakukan di dalam pencampur internal Brabender plastograp, Duisberg, Germany, dengan dan tanpa Divinil Benzen 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.

**Pencangkakan karet alam siklis blanko (Siregar, 2014).**

Sebanyak 30 gram karet alam siklis dimasukkan ke dalam *chamber* secara perlahan-lahan dan dibiarkan selama lebih kurang 4 menit sampai 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.

**Pencangkakan dengan inisiasi panas, tanpa Divinil Benzena (Nakason, C. Dkk.,2001).**

Sebanyak 50 gram karet alam siklis dimasukkan ke dalam *chamber* secara perlahan-lahan dan dibiarkan selama lebih kurang 4 menit sampai 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 dijadikan dalam bentuk granul. Variasi konsentrasi Anhidrida Maleat yang digunakan adalah masing-masing 2, 4, 8 dan 16 perseratus karet (*per hundred rubber/phr*).

**Pencangkakan dengan inisiasi Divinil Benzen (Xianru *et al.*,2014).**

Sebanyak 50 gram karet alam siklis dimasukkan ke dalam *chamber* secara perlahan-lahan dan dibiarkan selama lebih kurang 4 menit sampai semua meleleh sempurna. Kemudian ditambahkan sejumlah tertentu Anhidrida maleat kedalam *chamber* bersama-sama dengan divinil benzena 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 (*per hundred rubber/phr*).



### **Pemurnian produk Reaksi pencangkakan (Siregar, 2014).**

Sebanyak 1 gram produk Reaksi pencangkakan ditambahkan ke dalam 50 ml xylene. 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.

### **Penentuan Derajat Pencangkakan dengan Metode Titrasi (Siregar, 2014).**

Pada penelitian ini, digunakan metode titrasi untuk menentukan derajat pencangkakan Maleat Anhidrida pada rantai CNR.

Prosedur penentuan derajat pencangkakan

1. Produk Polimer CNR, digiling sebanyak 2 gr terlebih dahulu sampai halus.
2. Ditambahkan metanol untuk membentuk endapan. Kemudian disaring dengan kertas saring.
3. Dicuci berulang ulang dengan metanol.
4. Endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C.
5. Ditimbang 1 gram endapan yang sudah kering kemudian di refluks kembali dengan 100 ml xylene dan dipanaskan hingga larut.
6. Ditambahkan 1 tetes air dan di refluks 15 menit.
7. Ditambahkan indikator fenolftalein 1 %
8. Lalu dititrasi dengan 0,05 N NaOH dalam keadaan panas
9. Titrasi dihentikan bila terjadi perubahan warna dari putih menjadi merah jingga.

10. Dicatat volume titran NaOH yang terpakai dan dihitung derajat graftingnya (MA %)

$$\text{MA (\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times \text{Mr MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

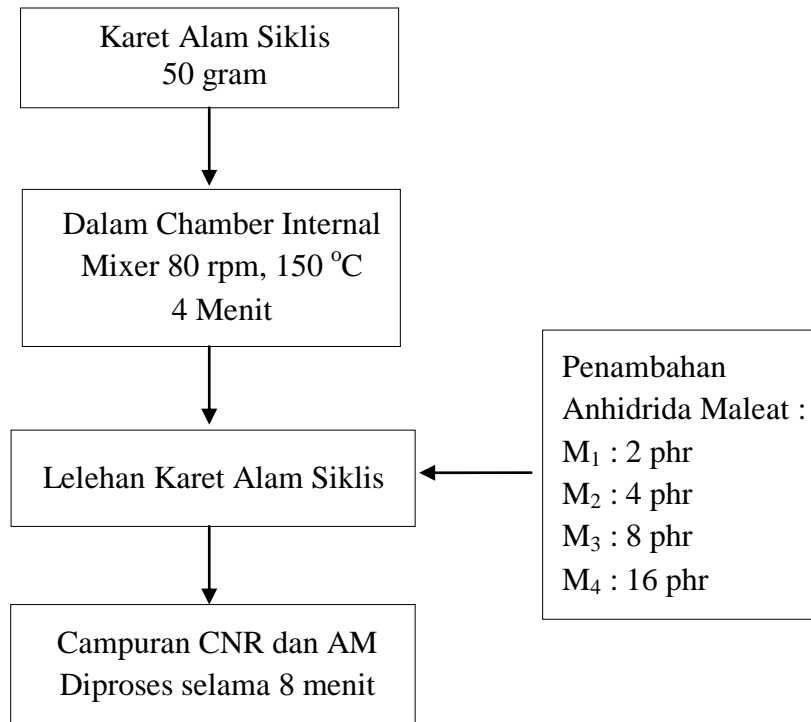
Keterangan :

$V_0$  = NaOH yang terpakai pada blanko

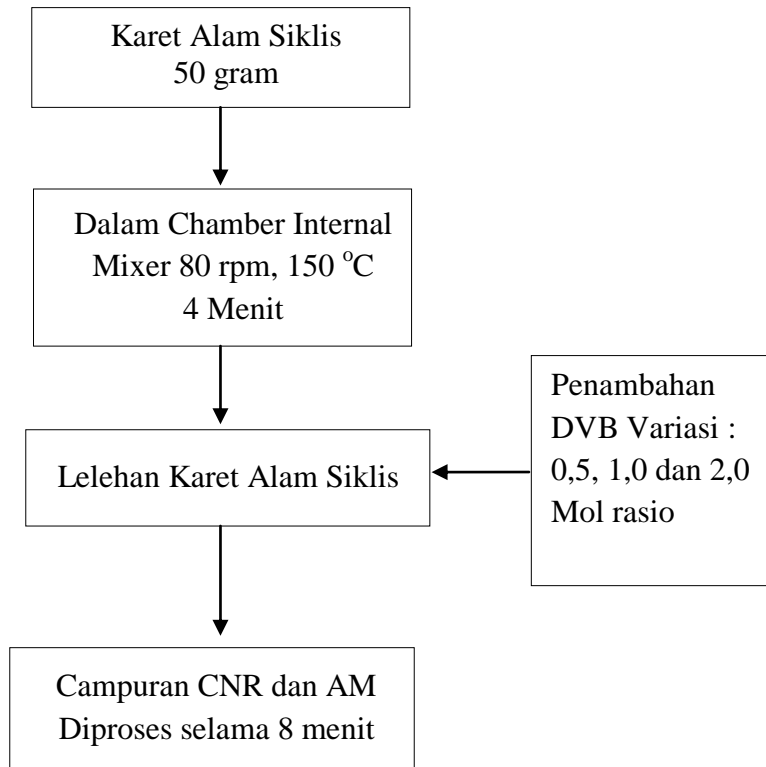
$V_1$  = NaOH yang terpakai pada sampel

$W_s$  = Berat sampel

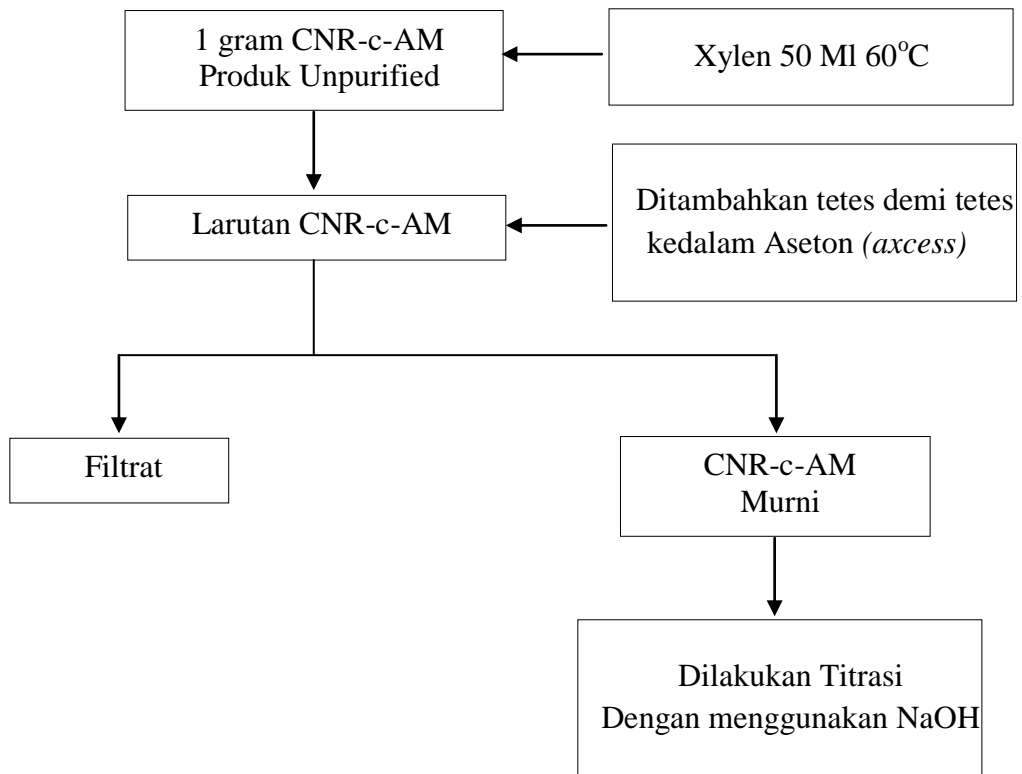
1000 = faktor konversi dua gugus karboksilat dari satu molekul Maleat Anhidrida (MA)



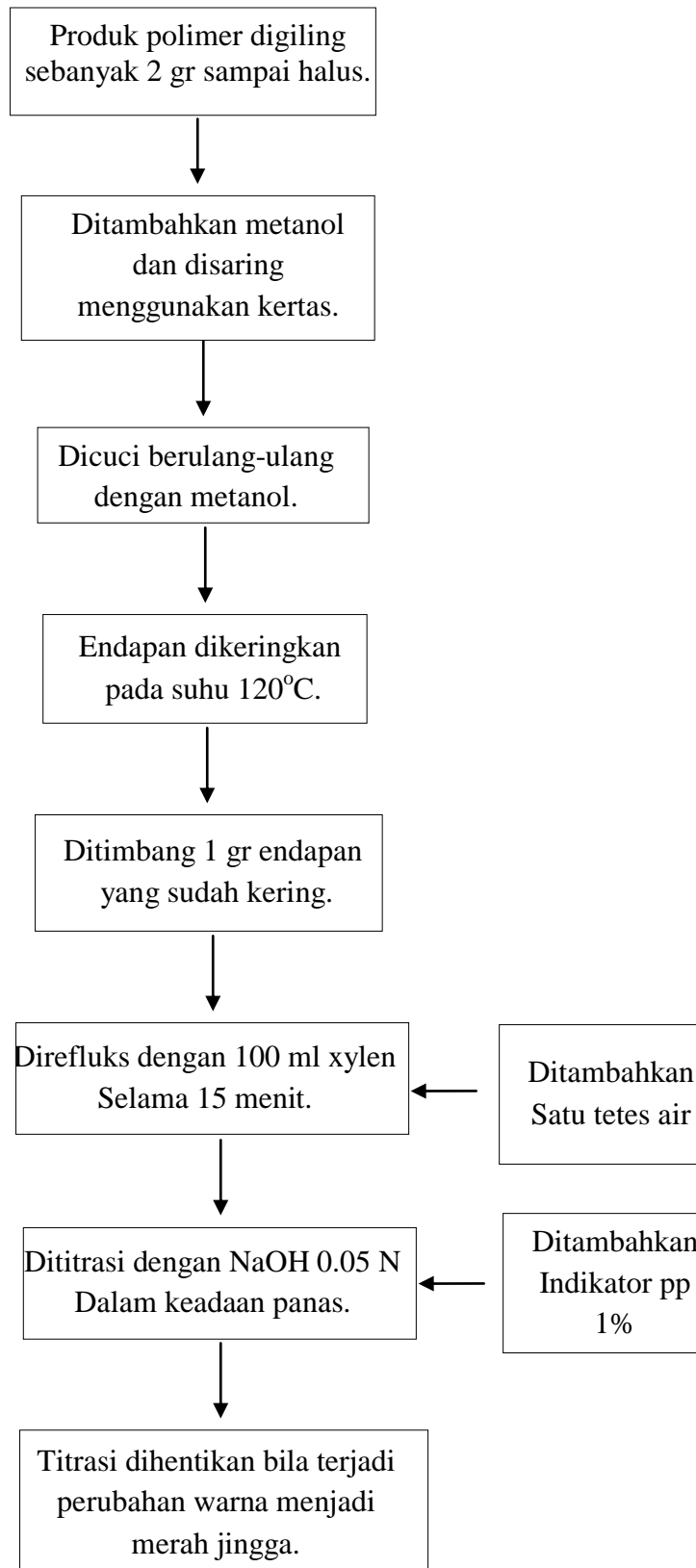
Gambar 9. Diagram Alir Pencangkokan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Tanpa Divini Benzena (DVB).



Gambar 10. Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Penambahan Divini Benzena (DVB).



Gambar 11. Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM



Gambar 12. Diagram Alir Penentuan Derajat Pencangkokan dengan Metode Titrasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian, secara umum menunjukkan bahwa konsentrasi Anhidrida Maleat (AM) berpengaruh terhadap derajat pencangkakan AM pada Karet Alam Siklis yang diamati. Data rata-rata derajat pencangkakan hasil titrasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh penambahan Anhidrida Maleat terhadap derajat pencangkakan

Konsentrasi AM (phr)	Volume NaOH				Derajat Pencangkakan (%)
	I	II	III	Rata-rata	
2	3,80	3,85	3,80	3,81	0,93
4	6,65	6,60	6,60	6,61	1,62
8	9,81	9,80	9,81	9,80	2,40
16	13,40	13,40	13,40	13,40	3,28

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi Anhidrida Maleat yang direaksikan maka semakin banyak Anhidrida Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis.

Tabel 5. Pengaruh penambahan Divinil Benzen pada derajat pencangkakan Anhidrida Maleat.

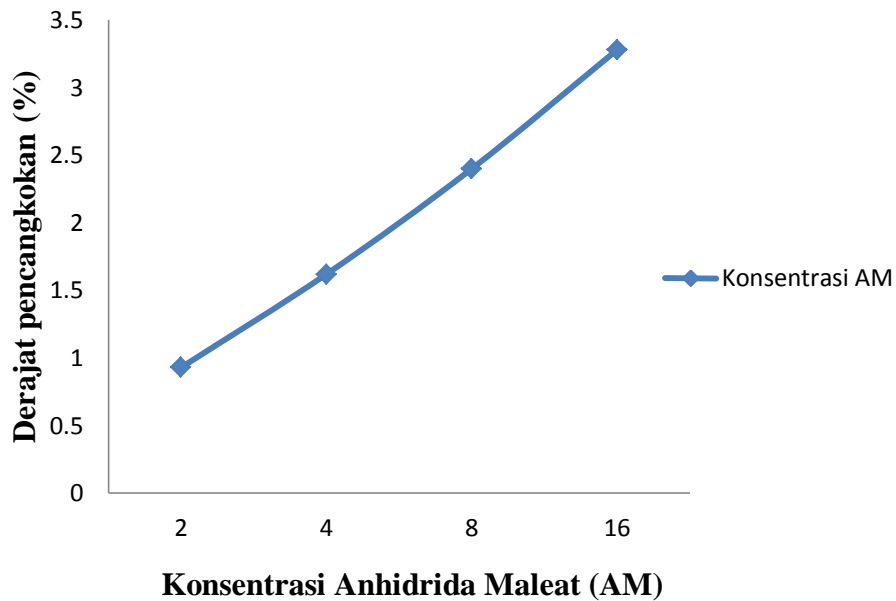
Konsentrasi DVB (mol rasio)	Volume NaOH				Derajat Pencangkakan (%)
	I	II	III	Rata-rata	
0,5	16,00	16,05	16,05	16,03	3,92
1,0	19,80	19,80	19,85	19,81	4,85
2,0	24,00	24,00	24,00	24,00	5,88

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi Divinil Benzen ditambahkan maka semakin banyak Anhidrida Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis. Pembahasan selanjutnya akan dibahas.

### Pengaruh penambahan Anhidrida Maleat

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan Anhidrida Maleat meningkat pada pencangkakan Karet Alam Siklis. Semakin banyak Anhidrida Maleat di tambahkan pada karet alam siklis maka semakin tinggi derajat

penjangkakan pada karet Alam Siklis. Konsentrasi tertinggi terdapat pada penambahan Anhidrida Maleat sebanyak 16 phr sebesar 3,55 % derajat pecangkakan pada Karet Alam Silklis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Konsentrasi Anhidrida Maleat pada derajat grafting.

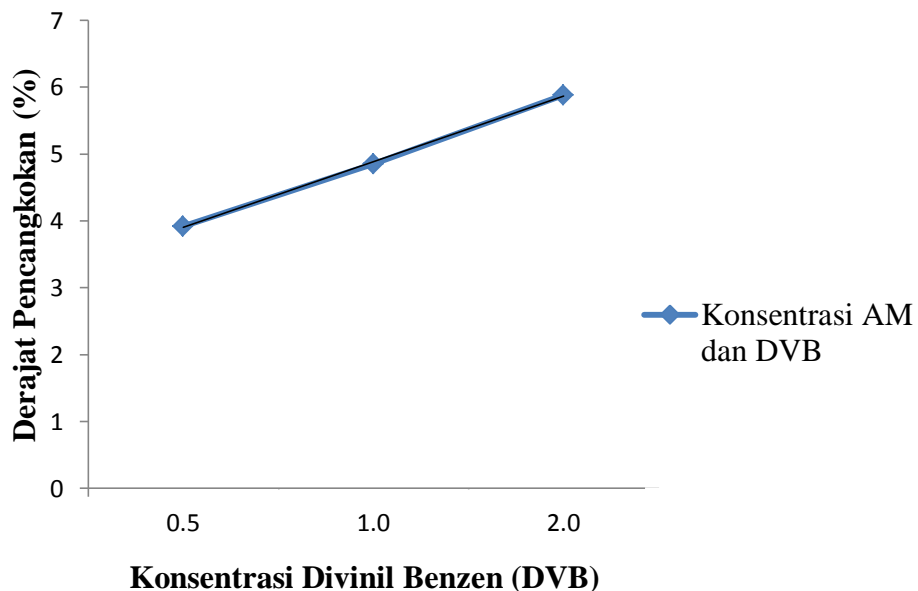
Pengaruh konsentrasi Anhidrat Maleat terhadap derajat grafting tertera pada gambar 13. Pada penelitian ini, dilakukan percobaan dengan variasi konsentrasi Anhidrida Maleat yaitu ; 2, 4, 8 dan 16 phr. Percobaan ini dilakukan tanpa menggunakan komonomer. Penentuan derajat pencangkakan dilakukan dengan metode titrasi. Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi Anhidrida Maleat yang direaksikan maka semakin banyak Anhidrida Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis. Hal ini sesuai dalam literatur Nakason *dkk* (2006) bahwa semakin tinggi kadar Anhidrida Maleat yang di cangkok pada struktur NR maka semakin besar derajat pencangkakan NR-g-AM.



Hal ini karena adanya perbedaan berat molekul dan sifat karet alam yang dimodifikasi sehingga mempengaruhi rantai cabang yang terbentuk.

### **Pengaruh penambahan Inisiator Divinil Benzen pada derajat pencangkakan AM.**

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan penambahan komonomer Divinil Benzen terhadap pecangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis dapat mempengaruhi peningkatan derajat pecangkakan pada Karet Alam Siklis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Konsentrasi Divinil Benzen pada derajat grafting AM.

Pengaruh konsentrasi Divinil Benzen terhadap derajat pencangkakan Anhidrida Maleat tertera pada gambar 14. Pada penelitian ini, pencangkakan Anhidria Maleat dilakukan dengan penambahan komonomer Divinil Benzen. Variasi konsentrasi Divinil Benzen yaitu ; 0,5, 1 dan 2 phr. Sehingga dapat dilihat pada gambar diatas, semakin banyak penambahan Divinil Benzen maka semakin

tinggi derajat pencangkakan Anhidrida Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis.

Dengan penambahan komonomer Divinil Benzen memberikan pengaruh terhadap pecangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis. Derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis mengalami kenaikan secara signifikan. Hal ini disebabkan karena Divinil Benzen berperan sebagai komonomer sehingga semakin banyak komonomer Divinil Benzen yang ditambahkan maka semakin tinggi derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada karet alam siklis. Eddiyanto (2007), menunjukkan bahwa peranan komonomer Divinil Benzen pada pencangkakan Anhidrida Maleat pada karet alam sangat nyata meningkatkan derajat pencangkakan yang diperoleh pada perbandingan mol Anhidrida Maleat dan Divinil Benzen 1:1. Divinil benzen sebagai komonomer elektron donor, dapat berinteraksi dengan Anhidrida Maleat melalui kompleks bermuatan membentuk kopolimer Divinil Benzena-AM yang selanjutnya dapat bereaksi menghasilkan kopolimer cangkok AM-c-KAS.

Semakin tinggi konsentrasi Anhidrida Maleat maka semakin banyak Anhidrida Maleat yang tercangkok. Dengan konsentrasi Anhidrida Maleat yang sama ditemukan kecendrungan yang sama antara reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat tanpa kehadiran Divinil Benzen dan dengan kehadiran Divinil Benzen. Diperoleh derajat pencangkakan yang lebih tinggi pada reaksi pencangkakan dengan kehadiran komonomer Divinil Benzen. Konsentrasi Divinil Benzen memberikan pengaruh terhadap jumlah Anhidrida Maleat yang bereaksi dengan Karet Alam Siklis. Pada kondisi ini makin tinggi konsentrasi Divinil Benzen dalam sistem reaksi makin banyak terbentuk radikal utama, konsekuensinya

makin banyak terbentuk makroradikal untuk selanjutnya bereaksi dengan Anhidrida Maleat, sehingga makin tinggi derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada makroradikal Karet Alam Siklis. Dengan kehadiran Divinil Benzen maka semakin mudah terbentuk makroradikal utama yang selanjutnya bereaksi dengan Anhidrida Maleat membentuk produk cangkok pada Karet Alam Siklis (Stevens, 2001).

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada karet alam siklis dapat disimpulkan :

1. Derajat pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada Karet Alam Siklis tanpa menggunakan komonomer meningkat.
2. Derajat pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada Karet Alam Siklis dengan penambahan komonomer Divinil Benzen (DVB) diperoleh derajat pencangkakan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan komonomer Divinil Benzen (DVB).

### **Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis (KAS).
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan variasi ataupun jenis bahan lainnya untuk mengetahui perlakuan yang terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharya, A. and B.N. Misra. 2004. *Grafting: a versatile means to modify polymers techniques, factors, and applications*. Progress in Polymer Science, 29: 767-814.
- Bettini, V. J. A. M., Agnelli. 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
- Blow, M dan C. Hepburn. 1982. *Rubber Technology and Manufacture*. Second Edition. Butterworth, London.
- Chusna SF, 2002. *Kajian Pembuatan Karet Siklo Berbobot Molekul Rendah*. Tesis S-2 Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Day, R.A. & Underwood, A.L. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi 6*. Erlangga. Jakarta.
- Departemen Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Karet*. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Eddyanto. 2007. *Functionalisation Of Polymers : Reactive Processing. Structure and performance characteristics, thesis*. Aston University.
- Ellul, M. D. dan D. R. Hazelton,. 1994. *Chemical Surface Treatments of Natural Rubber and EPDM Thermoplastic Elastomers: Effect on Friction and Adhesion Rubber Chem. Technol* 67, hal. 582-601.
- Haryadi, W. 1990. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Gramedia, Jakarta.
- Ichazo, M.N., C. Albano, J. Gonzales, and J. Pena. 2010. *Characterization of Natural Rubber/ Cassava Starch/Maleic Natural Rubber Formulation*. Revista Latino americana de Metalurgia y, Material es, 31(1), 71-84.
- J. Cha, 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.
- Kartowardoyo, S. 1980. *Penggunaan Wallace-Plastimeter Untuk Penentuan Karakteristik-Karakteristik Pematangan Karet Alam*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Kawahara S, Klinklai W, Kuroda H, Isono Y. 2004. *Removal of proteins from natural rubber with urea*. Polymers For Advanced Technologies. 15:1810184.

- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1981. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Krump, H.,P.2005. *Preparation of a maleated Fischer- Tropsch paraffin wax and FTIR analysis of grafted maleic anhydride*. *Polymer Testing* 24: 129-135
- Lee,D.F. 1963. *The Cyclization Of Natural Rubber*. Welwyn Garden City. London.
- Machado, A. V., Van Duin, M., & Covas, J. A. 2000. *Monitoring polyolefin modification along the axis of a twin-screw extruder. II. Maleic anhydride grafting*. *Journal of Polymer Science part A: Polymer Chemistry*, 38(21), 3919-3932.
- Makhnunah Ninis. 2013. *Sintesis dan karakteristik poli (butilen itakonat) dengan penambahan divinil benzen sebagai agen penyambung silang*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mark, J.E. and Burak Erman. 2005. *Science and Technology of Rubber*. USAElseiver Academic Press, Inc.
- Mirzataheri, M.2000. *The Cyclization of Natural Rubber*. *Iran J. Chem. & Chem.Eng.*,19: 455.
- Nakason, C., A., A. Kaesaman, S. Homsin, S. Kiatkamjornwong. 2001. *Rheological and curing behavior of reactive blending. I. Maleated Natural Rubber-Casaa Strach, journal of applied polymer science*, vol. 81, 2803-2813.
- Nakason, C., S. Saiwari dan A. Kaesaman. 2006. *Rheological, Thermal and Morphological Properties of Maleated Natural Rubber and Its Reactive Blending with Poly (MethylMethacrylate)*. *Polimer Testing*, 25,hal. 656-667.
- N. G. Gaylord, 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.* 1189-1198.
- Othmer, krik. 1983. *Encyclopedia of chemical technology*. vol 7
- Purwanto, J.H, Kiswanto, Slameto. 2008. *Teknologi budidaya karet*. Balai pengkajian teknologi pertanian.Lampung.
- Rahayu, Marliana Atmi. 2012. *Pemanfaatan Lemak Abdomen Sapi (Tallow) dalam Pembuatan Sabun Melalui Proses Saponifikasi NaOH*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

- Riyajan, S. 2006. *Cationic Cyclization of Deproteinized Natural Rubber Latex using Sulfuric Acid*. *Elastomer and Plastic*, 104-109.
- Rubinson, Judith dan Kenneth A. 1998. *Contemporary in Analytical Chemistry*. Toronto: John Wiley & Sons.
- S. N. Sathe, G. S. Srinivasa Rao, S. Devi. 1994. *Grafting of maleic anhydride onto polypropylene: Synthesis and characterization*. *J. Appl. Polym. Sci.* 53 239-245.
- Setiawan, D. H dan A. Andoko. 2005. *Petunjuk Lengkap Budi Daya Karet*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Setyamidjaja. 1993. *Karet budidaya dan Pengolahan*. Kanisius. Jakarta.
- Siregar, M. S. 2012. *Grafting maleat anhidrat pada karet alam siklis (CYCLIC NATURAL RUBBER/ CNR) dengan inisiator dicumyl peroksida*. *Jurnal pertanian "Agrium"* 17(2).
- \_\_\_\_\_. 2014. *Modifikasi dan Karakterisasi Karet Alam Siklis (Resiprena 35) dengan Anhidrida Maleat Sebagai Substituen Bahan Pengikat Cat Sintetis*. Thesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- \_\_\_\_\_. 2015. *Grafting Product Of Maleic Anhydride Onto Cyclized Natural Rubber In An Internal Mixer: Physical Properties And Compatiblity With Polyamide*. *Jurnal Ilmu Pertanian " Agrium "*, 19(2).
- Stevens, M.P. 2001. *Kimia polimer, terjemahan Lis Sopyan , Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Subramaniam, A. 1987. *Standar Nasional Indonesia*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Tarachiwin. 2005. *Structural Characterization of  $\alpha$ -Terminal Group of Natural Rubber 2: Decomposition of Branch-Points by Phospholipase and Chemical Treatments*. *Biomacro-Molecules*, 6, 1858-1863.
- Thio Goan Loo. 1980. *Tuntutan Praktis Mengelola Karet Alam*. Cetakan 2. Jakarta. PT. Kinta.
- Tumorskii, A. V.V. Markov, L. P. Fomine, V.B. Belyanin dan B. A. Dogadkin. 1961. *Cyclization of Diene Polymer I: Cyclization of Natural Rubber in Phenol Solution*. Moscow Institute of Fine Chemical Technology. Moscow.
- Vijayakumar K R, Chandrashekar T R, Philip V. 2000. *Agroclimate*. In : George P J and Jacob C K (eds). *Natural Rubber : Agromanagement and Crop Processing*. Rubber Research Institute of India. Kottayam, Kerala, India.

- Wei, Z., Zhang, X., Wei, Y., Wen, X., Shi, J., Wu, J., and Xi, B. 2014. *Fractions and biodegradability of dissolved organic matter derived from different composts*. *Bioresource Technology*, 161: 179-185.
- William Klingensmit dan Brendan Rodgers. 2004. *Rubber Compounding: Chemistry and Applications*. Taylor dan Francis.
- Xianru H, S. Zheng, G. Huang dan Y. Rong. 2013. *Solution Grafting of Maleic Anhydride on LDPE : Effect on Crystallization Behavior*. *Journal of Macromolecular Science Part B : Physics* 52 (9) : 1265- 1282.
- 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.
- Zeng, Z., Ren, W., Xu, C., Lu, W., Zhang, Y., & Zhang, Y. 2010. *Maleated natural rubber prepared through mechanochemistry and its coupling effects on natural rubber/cotton fiber composites*. *Journal of polymer research*, 17(2), 213-219.
- Zhen Yao, Bo-Geng Li, Kun Cao dan Zu-Ren Pan. 1998. *Semicontinuous The Bulk Copolymerization of Styrene and Maleic Anhydride: Experiments And Reactor Model*. *J appl polym Sci* 67: 1905-1912.



Lampiran 1. Tabel data volume NaOH yang terpakai pada metode titrasi pada derajat pencangkakan Anhidrida Maleat.

Konsentrasi AM	Volume NaOH				Derajat Pencangkakan (%)
	I	II	III	Rata-rata	
2	3,80	3,85	3,80	3,81	0,93
4	6,65	6,60	6,60	6,61	1,62
8	9,81	9,80	9,81	9,80	2,40
16	13,40	13,40	13,40	13,40	3,28

Perhitungan derajat pencangkakan ( MA %) :

Konsentrasi AM 2 phr :

$$MA (\%) = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times Mr \text{ MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$MA (\%) = \frac{3,81 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$MA (\%) = \frac{1868,04}{2000}$$

$$MA (\%) = 0,93 \%$$

Konsentrasi AM 4 phr :

$$MA (\%) = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times Mr \text{ MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$MA (\%) = \frac{6,61 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$MA (\%) = \frac{3240,88}{2000}$$

$$MA (\%) = 1,62 \%$$

Konsentrasi AM 8 phr :

$$\text{MA (\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times \text{Mr MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$\text{MA (\%)} = \frac{9,80 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$\text{MA (\%)} = \frac{4804,94}{2000}$$

$$\text{MA (\%)} = 2,40 \%$$

Konsentrasi AM 16 phr :

$$\text{MA (\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times \text{Mr MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$\text{MA (\%)} = \frac{13,40 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$\text{MA (\%)} = \frac{6570,02}{2000}$$

$$\text{MA (\%)} = 3,28 \%$$

Lampiran 2. Tabel data volume NaOH yang terpakai pada metode titrasi pada derajat pencangkakan Anhidrida Maleat dengan penambahan DVB.

Konsentrasi DVB	Volume NaOH				Derajat Pencangkakan (%)
	I	II	III	Rata-rata	
0,5	16,00	16,05	16,05	16,03	3,92
1,0	19,80	19,80	19,85	19,81	4,85
2,0	24,00	24,00	24,00	24,00	5,88

Perhitungan derajat pencangkakan ( MA %) :

Konsentrasi DVB 0,5 :

$$MA (\%) = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times Mr \text{ MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$MA (\%) = \frac{16,03 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$MA (\%) = \frac{7859,50}{2000}$$

$$MA (\%) = 3,92 \%$$

Konsentrasi DVB 1,0 :

$$MA (\%) = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times Mr \text{ MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$MA (\%) = \frac{19,81 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$MA (\%) = \frac{9712,84}{2000}$$

$$MA (\%) = 4,85 \%$$

Konsentrasi DVB 2,0 :

$$\text{MA (\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \text{ NaOH} \times \text{Mr MA} \times 100\%}{2 W_s \times 1000}$$

$$\text{MA (\%)} = \frac{24,00 \times 0,05 \times 98,06 \times 100\%}{2000}$$

$$\text{MA (\%)} = \frac{11767,2}{2000}$$

$$\text{MA (\%)} = 5,88 \%$$



Gambar 15. Karet alam siklis



Gambar 16. Karet alam siklis di haluskan



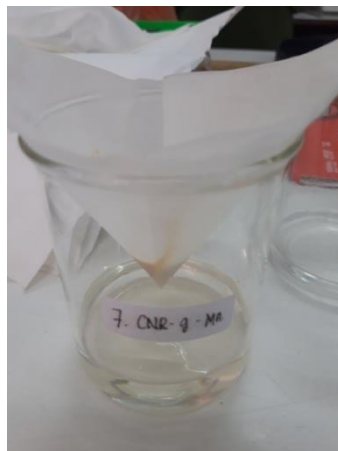
Gambar 17. Di timbang sebanyak 2 gr



Gambar 18. Ditambahkan methanol



Gambar 19. Disaring dengan kertas saring



Gambar 20. larutan dan endapan terpisah



Gambar 21. Endapan yang diambil



Gambar 22. Endapan di masukan ke dalam oven dengan suhu  $120^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 23. Ditambah kan larutan xylene.



Gambar 24. Direfluks dengan 100 ml xilen.



Gambar 25. Dititrasi dengan larutan NaOH 0,05 N



Gambar 26. Di catat volume larutan yang terpakai.