

**DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRAT MALEAT PADA
KARET ALAM SIKLIS DENGAN METODE
SPEKTROFOTOMETER IR**

SKRIPSI

Oleh

**WIDITIYA NURIM PASTA
NPM : 1504310025
PROGRAM STUDI :TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

**DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRAT MALEAT PADA
KARET ALAM SIKLIS DENGAN METODE
SPEKTROFOTOMETER IR**

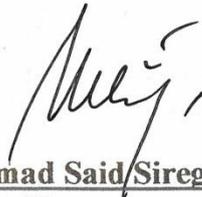
SKRIPSI

Oleh

**WIDITIYA NURIM PASTA
NPM : 1504310025
PROGRAM STUDI :TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

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

Komisi Pembimbing



Dr. Muhammad Said/Siregar, S.Si, M.Si
Ketua



Misril Fuadi, S.P, M.Sc
Anggota

**Disahkan Oleh :
Dekan**



Assoc. Prof. Dr. Dafni Mawar Tarigan S.P., M.si

Tanggal Lulus : 23 Juli 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya:

Nama : Widitiya Nurim Pasta

NPM : 1504310025

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul “Derajat Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam siklis dengan Metode Spektrofotometer IR” adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber asli.

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

Medan, 02 Desember 2022

Yang Menyatakan



Widitiya Nurim Pasta

**Derajat Pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis dengan
Metode Spektrofotometer IR**

The Degree of Grafting of Maleic Anhydrous on Cyclic Natural Rubber using the
IR Spectrophotometer Method.

Oleh:
WIDITIYA NURIM PASTA
1504310025

ABSTRACT

Natural rubber is an elastomer originally derived from the latex found in plant sap. One of the ways to improve the properties of natural rubber is by modifying (Grafting) natural rubber by changing the molecular structure of rubber by adding new groups to the molecule, the modified natural rubber will be called Cyclical Natural Rubber. This research is a laboratory experiment to produce new materials. Then the determination of the amount of maleic anhydride grafted with cyclic natural rubber with various concentrations: 2, 4, 8, 16 phr. And to increase the degree of grafting, Divinylbenzene was added with various concentrates: 0,5, 1, and 2 mole ratios. The degree of grafting was determined by the IR Spectrophotometer method. The conclusion from the results of this study, with the addition of divinylbenzene, the degree of divinylbenzene grafting experienced a higher increase than without using a comonomer.

Keywords : Natural Rubber, Cyclic Natural Rubber, IR Spectrophotometer, Anhydrous Maleate and Divinylbenzene.

ABSTRAK

Karet alam merupakan elastomer yang pada awalnya berasal dari lateks yang ditemukan dalam getah tanaman. Untuk memperbaiki sifat karet alam salah satunya dengan cara Modifikasi (Grafting) karet alam dilakukan melalui perubahan struktur molekul karet dengan penambahan gugus baru pada molekul, karet alam yang telah dimodifikasi akan disebut Karet Alam Siklis. Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrat Maleat yang tercangkok dengan karet alam siklis dengan variasi konsentrasi : 2, 4, 8, 16 phr. Dan untuk meningkatkan derajat pencangkokannya ditambahkan Divinilbenzen dengan variasi konsentrasi : 0,5, 1, dan 2 mol rasio. Derajat pencangkokan ditentukan dengan metode Spektrofotometer IR. Kesimpulan dari hasil penelitian ini, dengan adanya penambahan divinilbenzen derajat pencangkokan divinilbenzen mengalami kenaikan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan komonomer.

Kata Kunci : *Karet Alam, Karet Alam Siklis, Spektrofotometer IR, Anhidrat Maleat dan Divinilbenzen.*

RINGKASAN

Penelitian ini berjudul “Derajat Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis dengan Metode Spektrofotometer IR”. Penelitian ini dibimbing oleh Bapak Dr. Muhammad Said Siregar, S.Si., 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 Anhidrat Maleat terhadap derajat pencangkakan Anhidrat Maleat dengan menggunakan metode Spektrofotometer IR dan mengetahui pengaruh Divinil Benzen terhadap derajat pencangkakan Anhidrat Maleat dengan metode Spektrofotometer IR.

Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrat Maleat yang tercangkok (Derajat Pencangkakan) pada karet alam siklis. Penambahan Anhidrat Maleat (M) dengan Variasi $M_0 = 0$ phr, $M_1 = 2$ phr, $M_2 = 4$ phr, $M_3 = 8$ phr, $M_4 = 16$ phr dan penambahan Divinil Benzen dengan variasi $P_1 = 0,5$ gr, $P_2 = 1$ gr, $P_3 = 2$ gr.

Karet alam siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan konsentrasi Anhidrat Maleat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap derajat pencangkakan tersebut. Karena semakin tinggi Anhidrat Maleat yang direaksikan maka akan semakin tinggi pula derajat pencangkakan Anhidrat Maleat pada karet alam siklis yang ditandai dengan semakin tingginya intensitas serapan

RIWAYAT HIDUP

Widitiya Nurim Pasta, dilahirkan di Kota Madya Sibolga, Sumatera Utara pada tanggal 05 November 1997. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Ayahanda Suminuri Yantoyo dan Ibunda Rimba Wati, dan sekarang bertempat tinggal di Jalan P. Sidempuan Kecamatan Sarudik, Kabupaten Tapanuli Tengah.

Adapun pendidikan yang pernah ditempuh penulis adalah:

1. TK Al-Ihsan Kampung Aek Manis, Kecamatan Sibolga Selatan, Kota Sibolga, Sumatera Utara (Tahun 2001-2002).
2. SDN No. 087695 Kampung Aek Manis, Kecamatan Sibolga Selatan, Kota Sibolga, Sumatera Utara (Tahun 2003-2009).
3. SMPN 5 Sibolga Aek Parombunan, Kecamatan Sibolga Selatan, Kota Sibolga, Sumatera Utara (Tahun 2009-2012).
4. SMAN 3 Sibolga Pancuran Gerebak, Kecamatan Sibolga Kota, Kota Sibolga, Sumatera Utara (Tahun 2012-2015).
5. Diterima sebagai Mahasiswa Fakultas Pertanian Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada tahun 2015.
6. Melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PTP Nusantara III Membang Muda, Aek Kanopan, Kabupaten Labuhan Batu Utara, Sumatera Utara.
7. Dan terakhir tahun 2022 telah menyelesaikan skripsi yang berjudul “Derajat Pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis dengan Metode Spektrofotometer IR”.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Derajat Pencangkoka Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis dengan Metode Spektrofotometer Ir.**

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

Dalam penyusunan skripsi 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).

1. Ibu Assoc. Prof. Dafni Mawar Tarigan, S.P. M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Assoc. Prof. Dr. Ir. Wan. Arfiani Barus, M.P selaku Wakil Dekan I Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Akbar Habib S.P. M.P selaku Wakil Dekan III Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Misril Fuadi, S.P. M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian dan selaku anggota komisi pembimbing yang telah

membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).

6. Bapak Dr. Muhammad Said Siregar, S.Si. M.Si selaku ketua pembimbing dan Bapak Misril Fuadi, S.P. M.Sc yang telah membantu dan membimbing penulis 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.
7. 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 penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
8. Abang Rinaldi Irshan S. ST dan Apt Ainil Fitri Pulungan S.Farm, M.Si serta adik Salsabila Azzahra Sutoyo yang selalu memberikan semangat juga do'anya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).
9. Sahabat terkasih dan tersayang Nur Asfina Zahara, Nauli Fitriyani Izwar, Zelmy Juzandra karena sudah ada dimasa senang dan duka dan selalu ada disaat penulis membutuhkan mereka dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Dan yang selalu berbagi suka duka, selalu memberikan dukungan serta masukan dalam membantu penulis menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Teman terbaik THP 2015 yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis 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 dan 2018.
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah banyak membantu selama ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Medan, 29 November 2022

Widitiya Nurim Pasta

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTAK.....	i
RINGKASAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	4
Hipotesa Penelitian.....	4
Kegunaan Penelitian.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	
Tanaman Karet	6
Karet Alam Siklik (Cyclic Natural Rubber).....	10
Grafting	12
Pencangkakan dengan Inisiasi Panas.....	13
Pencangkakan dengan Bahan Kimia	13
Pencangkakan dengan Inisiasi Enzimatik.....	13
Pencangkakan monomer Anhidrida Maleat.....	14
Anhidrat Maleat	15

Spektrofotometer IR.....	17
Divinil Benzen	18
BAHAN DAN METODE	
Tempat dan Waktu Penelitian	20
Bahan Penelitian.....	20
Alat Penelitian.....	20
Metode Penelitian.....	20
Prosedur kerja.....	20
Parameter Pengamatan	22
Metode pelet KBr.....	22
Daftar Pustaka	43

DAFTAR TABEL

Nomor	teks	halaman
1.	Komposisi Lateks Karet Alam	8
2.	Standar Indonesian Rubber (SIR)	9
3.	Sifat-Sifat Anhidra Maleat	17
4.	Spesifikasi Resiprena 35 dan KAS Standar	28
5.	Spesifikasi Resiprena 35 dan Produk KAS Tercangkok AM.....	28

DAFTAR GAMBAR

Nomor	teks	halaman
1.	Tanaman Karet	6
2.	Rumus Kimia cis-1,4-poliisoprena (a) dan trans 1,4-poliisoprena (b)....	9
3.	Struktur Siklik Karet Alam Siklis	11
4.	Mekanisme Reaksi Siklisasi Karet Alam.....	12
5.	Mekanisme yang terjadi pada Reaksi Grafting MAH pada NR.....	16
6.	Spektrofotometer IR.....	18
7.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam tanpa Divinilbenzen	23
8.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam dengan Penambahan Divinilbenzen	24
9.	Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM ..	25
10.	Diagram Alir Penentuan Derajat Pencangkakan dengan Metode FT-IR.....	26
11.	Spektrum FT-IR Karet Alam Segar	30
12.	Spektrum FT-IR Karet alam Segar yang sudah diproses didalam Pencampur Internal.....	31
13.	Spektra FT-IR Gabungan (overlay) KAS segar (1) dan yang sudah diproses didalam Pencampur Internal (2)	31
14.	Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat sebanyak 2 phr.....	33
15.	Spektrum FT-IRKaret Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat sebanyak 4 phr	34

16. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat sebanyak 8 phr	34
17. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang diberi Maleat Anhidrat	36
18. Spektrum FT-IR gabungan KAS tanpa Penambahan AM (1), Penambahan AM sebanyak 2 phr (2), 4 phr (3), 8 phr (4) dan 16 Phr (5)	36
19. Spektrum FT-IR Karet Alam ditambah Insiator Divinilbenzen 0,5	37
20. Spektrum FT-IR Karet Alam ditambah Insiator Divinilbenzen 1	38
21. Spektrum FT-IR Karet Alam ditambah Insiator Divinilbenzen 2	38
22. Spektrum FT-IR Karet Alam Siklis Tercangkok Anhidrat Maleat dengan Kehadiran Divinilbenzen yaitu: Tanpa Penambahan DVB, 16 phr (1), 0,5 gr (2), 1,5 gr (3), dan 2 gr (4)	39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	teks	halaman
1.	Rancangan Penelitian Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis, dengan Penambahan Divinil Benzen (DVB)	44

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Karet alam merupakan elastomer yang pada awalnya berasal dari lateks yang berpenampilan seperti susu yang ditemukan dalam getah tanaman. Karet alam merupakan contoh polimer alami dengan berbagai karakteristik yang dapat dimodifikasi sehingga diperoleh sifat baru yang diinginkan (Arayaprane *dkk.*, 2003).

Karet merupakan komoditas perkebunan yang sangat penting peranannya di Indonesia. Selain sebagai sumber lapangan kerja bagi sekitar 1,4 kepala keluarga (KK). Perkebunan karet di Indonesia telah diakui menjadi sumber keragaman hayati yang bermanfaat dalam pelestarian lingkungan, sumber penyerapan CO₂ dan penghasil O₂ serta memberi fungsi orologis bagi wilayah disekitarnya. Tanaman karet merupakan penghasil devisa negara, karet memberikan kontribusi yang sangat berarti. Sampai dengan tahun 1998 komoditas karet masih merupakan penghasil devisa terbesar dari subsektor perkebunan dengan nilai US\$ 1,1 miliar, namun pada tahun 2003 turun menjadi nomor dua setelah kelapa sawit dengan US\$ 1,4 miliar (Deptan, 2007).

Karet alam adalah bahan polimer alam yang diperoleh dari *Hevea brasiliensis* atau *Guayule*. Karet alam atau *natural rubber* (NR) merupakan cis-poli isoprena hasil adisi 1,4 dari monomer isoprena memiliki bobot molekul 1-2 juta dan terdapat 15000-20000 ikatan tidak jenuh pada rantai molekulnya karet alam yang berwujud cair disebut lateks. Karet alam atau NR merupakan hidrokarbon yang mengandung senyawa atom karbon (C) dan atom hidrogen (H). Umumnya karet alam yang memiliki rantai tidak jenuh dan bersifat non polar,

memiliki sifat tidak tahan terhadap ozon, minyak, suhu tinggi dan fasa karet alam tidak mudah terdistribusi untuk campuran yang kompatibel (Tahid *dkk.*, 1995).

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).

Lateks atau getah karet terdapat di dalam pembuluh-pembuluh lateks yang letaknya menyebar melingkar di bagian luar lapisan cambium. Lateks diperoleh dengan membuka atau menyayat lapisan korteks. Penyayatan lapisan korteks tanaman karet dikenal sebagai proses penyadapan, yaitu suatu tindakan membuka pembuluh lateks agar lateks yang terdapat di dalam tanaman dapat keluar. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi lateks adalah penyadapan, arah dan sudut kemiringan irisan sadap, panjang irisan sadap, letak bidang sadap, kedalaman irisan sadap, frekuensi penyadapan dan waktu penyadapan (Junaidi, 1996).

Cyclic Natural Rubber (CNR) atau yang dikenal dengan nama karet siklo merupakan material turunan dari karet alam yang menjadi produk unggulan industri hilir karet. Karet siklo merupakan salah satu hasil modifikasi karet alam secara kimia. Karet siklo memiliki potensial yang cukup besar untuk digunakan sebagai bahan baku perekat dan cat karena memiliki sifat fisik yang khas, yaitu ringan, kaku serta tahan terhadap abrasi (daya gesek) serta mempunyai daya rekat yang baik terhadap logam, kayu, karet, kulit, tekstil dan kertas (Departemen Perindustrian, 2009).

Modifikasi kimia dengan pencangkokan (*grafting*) gugus telah banyak dilakukan untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang di harapkan. Teknik grafting merupakan teknik yang relatif sederhana dan mudah dan secara luas telah banyak dilakukan. Berbagai zat telah digunakan sebagai monomer cangkok pada berbagai jenis rantai polimer menggunakan teknik grafting (Siregar, 2012).

Untuk memperbaiki sifat-sifat karet alam salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memodifikasi molekul karet alam. Modifikasi karet alam dilakukan melalui perubahan struktur molekul karet dengan penambahan gugus baru pada molekul atau dikenal dengan proses *grafting* kimia (Pascual, 2005).

Salah satu modifikasi menggunakan proses ini yaitu proses *grafting* maleat anhidrat (MA) ke struktur karet alam menjadi *Maleated Natural Rubber* (MNR). Karet alam yang telah dimodifikasi dengan proses *grafting* maleat anhidrat ke struktur karet alam disebut dengan *Maleated Natural Rubber* (Nakason dkk, 2006).

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

Berdasarkan keterangan di atas maka penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian tentang **“DERAJAT PENCANGKOKAN ANHIDRAT MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETER IR”**

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi anhidrat maleat terhadap derajat pencangkakan dengan metode FT-IR
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi divinil benzen terhadap derajat pencangkakan dengan metode FT-IR.

Hipotesa Penelitian

1. Ada pengaruh konsentrasi anhidrat maleat pada karet alam siklis terhadap derajat pencangkakan.
2. Ada pengaruh penambahan divinil benzen pada pencangkakan anhidrat maleat pada karet alam siklis terhadap derajat pencangkakan.

Kegunaan Penelitian

1. Memberikan informasi tentang pencangkakan anhidrat 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 jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

TINJAUAN PUSTAKA

Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*)

Tanaman karet (*Hevea Brasiliensis*) merupakan tanaman perkebunan yang penting baik dalam konteks ekonomi masyarakat maupun sumber penghasil devisa non migass bagi negara. Tanaman karet berasal dari daerah tropika lembah Amazon Brazilia dengan curah hujan 2000-3000 mm/tahun dan hari hujan antara 120-170 hari/tahun (Sutardi, 1981).

Tanaman tahunan ini dapat disadap getah karetnya pertama kali 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 dikedun karetnya hendak diremajakan, juga dapat digunakan untuk bahan bangunan, misalnya untuk membuat rumah, furniture dan lain-lain (Purwanta dkk, 2008).



Gambar 1. Tanaman Karet

Tanaman karet termasuk dalam famili Euphorbiaceae, disebut dengan nama lain rambung, getah, gota, kejai ataupun havea.

Klasifikasi tanaman karet adalah sebagai berikut:

Devisio : Spermatophyta
Subdevisio : Angiospermae
Klas : Dicotyledonae
Ordo : Euphorbiales
Famili : Euphorbiaceae
Genus : *Havea*
Spesies : *Havea brasiliensis*

Indonesia mempunyai potensi untuk menjadi produsen utama karet dunia walaupun saat ini masih kedua setelah Thailand, apabila berbagai permasalahan utama yang dihadapi perkebunan karet dapat diatasi dan agribisnisnya dikembangkan serta dikelola secara baik. Indonesia masih memiliki lahan potensial yang cukup besar untuk pengembangan karet terutama di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur dan Papua (Thomas *dkk*, 2007).

Karet alam merupakan produk terbarukan (*renewable*) yang terdapat dalam jumlah melimpah di Indonesia. Karet alam dapat dimodifikasi secara kimia melalui reaksi siklisasi menghasilkan karet alam siklis, *Cyclic Natural Rubber*. Karet alam siklis pada saat ini banyak digunakan sebagai pengikat (binder) pada campuran cat dan tinta cetak (printing ink) karena memiliki sifat yang khas, yaitu ringan, kaku, tahan terhadap abrasi (daya gesek) serta mempunyai daya rekat yang

baik terhadap berbagai material seperti logam, kayu, kaca, plastik, kulit, tekstil dan kertas (Siregar, 2012).

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, 1980).

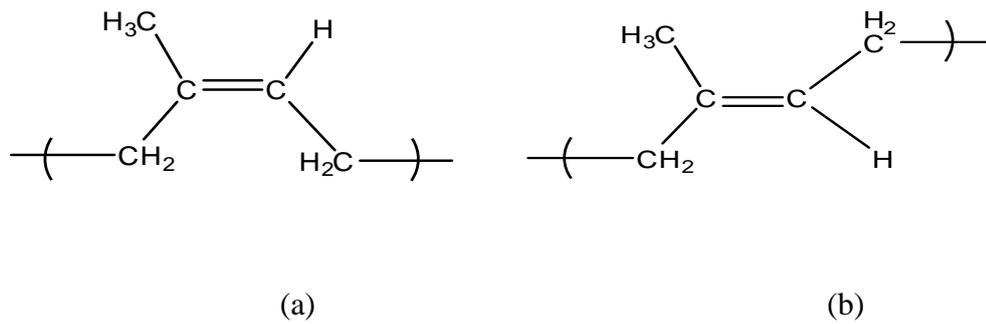
Berikut ini merupakan komponen utama yang terdapat didalam lateks hasil penyadapan pohon *Havea braisiliensis*.

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 : Subramaniam, 1987).

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, C. F., 1938).



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

Tabel 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

Sumber : Thio, 1980).

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).

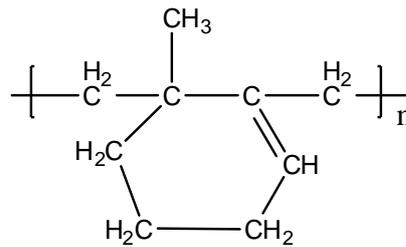
Karet Alam Siklik (*Cyclic Natural Rubber*)

Karet alam yang dicampur dengan katalis asam dan dipanaskan, maka struktur molekulnya akan berubah menjadi struktur bahan seperti resin. Perubahan tersebut terjadi karena karet alam mengalami modifikasi kimia. Perubahan struktur molekul karet alam tersebut dinamai siklisasi, karena struktur molekulnya telah mengalami perubahan dari keadaan rantai lurus menjadi rantai siklik. Perubahan ini diikuti dengan peningkatan titik leleh, densitas dan indeks refrasinya, hasilnya dinamai karet alam siklik atau karet siklo.

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

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

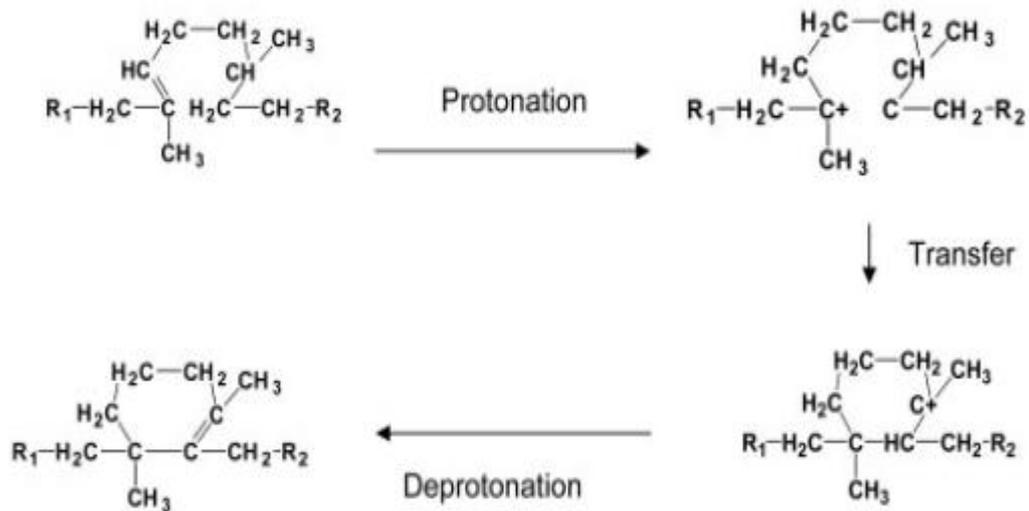
pelarut karet yang menunjukkan tidak terjadi ikat silang (*cross link*). Karet kehilangan sifat elastisitasnya dan berubah menjadi material yang keras dan rapuh. Pengurangan jumlah ikatan rangkap yang terjadi dalam reaksi siklisasi bervariasi sekitar 40-90%. Beberapa peneliti sepakat dengan struktur karet alam siklis seperti gambar 2.4 (Lee *dkk*, 1963).



Gambar 3. Struktur Siklik Karet Alam Siklis

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 *dkk*, 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 4. Mekanisme Reaksi Siklisasi Karet Alam

Grafting

Grafting merupakan metode yang relatif sederhana dan mudah dilakukan untuk memodifikasi polimer. Secara luas teknik grafting telah banyak dilakukan karena efektif untuk meningkatkan kompatibilitas dalam campuran reaktif. Secara garis besar proses grafting diawali dengan inisiasi radikal, propagasi dan terminasi pertumbuhan polimer. Berbagai zat telah digunakan sebagai monomer cangkok pada berbagai jenis rantai polimer menggunakan metode *grafting*. Grafting adalah salah satu teknik kebanyakan vegetatif menyambungkan batang bawah dan batang atas dari tanaman yang berbeda sedemikian rupa sehingga tercapai persenyawaan, kombinasi ini akan terus tumbuh membentuk tanaman baru (Wudianto, 2002).

Untuk mendapatkan derajat *grafting* yang tinggi maka perlu dilakukan pengembangan dalam modifikasi NR menjadi MNR. Penelitian ini bertujuan

untuk menentukan pengaruh waktu dan suhu serta mempelajari kinetika reaksi grafting pada proses pembuatan *Maleated Natural Rubber*.

Pada reaksi pencangkakan terbentuk ikatan kovalen antar monomer dengan rantai polimer. Teknik pencangkakan telah dilakukan dengan menggunakan inisiator panas (Yao *dkk*, 1998). Bahan kimia, radiasi, fotokimia, induksi plasma dan enzimatik (Bhattacharya dan 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% (Yao *dkk*, 1998).

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 *dkk*, 2013).

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 Monomer Anhidrida Maleat

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 divinilbenzen sebagai inisiator dan plastograph Brabender menghasilkan kopolimer cangkok yang kemudian digunakan dalam campuran poliamida dan polipropilen (pp) sebagai pencampuran reaktif (Zakir, 2011).

Penggunaan Anhidrida Maleat telah berhasil memperbaiki sifat-sifat kopolimer cangkok (*graft copolymerization*) polimer thermoplastik seperti poliolefin, polistiren, poliamida dan juga biopolimer dapat terdegradasi (*biodegradable polymers*), polisakarida dan karet alam dan sintesis (Zakir, 2011).

Maleated Natural Rubber dapat digunakan sebagai senyawa penghubung (*coupling agent*) pada pembuatan produk berbasis karet alam seperti *Thermoset Rubber* yang berfungsi untuk mencapai suatu morfologi seimbang yang akan memberikan tegangan halus pada karet dan digunakan untuk menahan gangguan (kerusakan) tegangan yang lebih besar (Zhong, *dkk*, 1998).

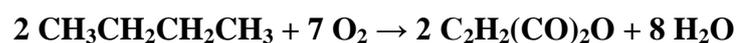
Beberapa tahun terakhir, penggunaan MNR sebagai senyawa penghubung (*Coupling Agent*) terus dikembangkan karena pencangkakan MAH ke struktur NR akan meningkatkan adsorpsi air pada karet alam dikarenakan sifatnya yang menjadi hidrofilik. Karena itu, karet alam hasil modifikasi dengan senyawa penghubung maleat anhidrat dapat memiliki kompatibilitas yang baik

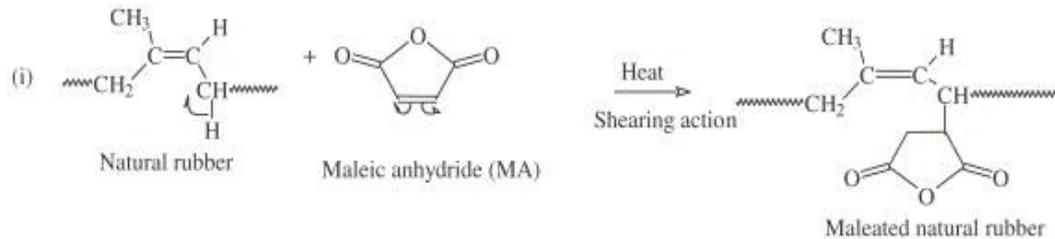
dan pengolahan *Maleated Natural Rubber* dapat dilakukan pada suhu yang tinggi (Keener *dkk*, 2004).

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 oleh Gaylord dan Mishra, 1983 dan Ho *dkk.*, 1993 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 Haake torque rheometer diperoleh kesimpulan bahwa meningkatnya konsentrasi monomer Anhidrida maleat, inisiator, kecepatan rotor dan waktu reaksi mengakibatkan naiknya drajat grafting AM pada pp (Bettini dan Agnelli, 1999).

Anhidrida Maleat

Anhidrida Maleat banyak digunakan dalam peneliiian polimer karena dapat mengaktivasi permukaan. Aktivasi permukaan merupakan modifikasi suatu material guna meningkatkan daya rekat permukaan suatu material dengan material lainnya, seperti antara permukaan parutan karet dengan aspal atau dengan polipropilena. Metode yang digunakan adalah metode *grafting* atau penempelan gugus fungsional yang berfungsi sebagai gugus pemikat (Sitepu, 2009).





Gambar 5. Mekanisme yang Terjadi pada Reaksi *grafting* MAH pada NR

Maleat Anhidrat adalah senyawa vinil tidak jenuh merupakan bahan mentah dalam sintesa resin poliester, pelapis permukaan karet, detergen, bahan adiktif dan minyak pelumas, plastisizer dan kopolimer. Maleat anhidrat mempunyai sifat kimia khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil didalamnya, ikatan ini berperan dalam reaksi adisi (Halomoan, 2009).

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 (Zakir, 2011).

Tabel 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

Sumber: HSDB, 1995.

Spektrofotometer IR

Spektrofotometri infra merah/Infra Red (IR) adalah teknik yang umum digunakan untuk memperoleh informasi struktur molekul suatu senyawa. Daerah serapan inframerah terletak antara daerah tampak dan panjang gelombang mikro, pada kisaran panjang gelombang 0,5-200 μm . Daerah 0,8-2,5 μm disebut inframerah dekat dan daerah 15-200 μm disebut inframerah jauh. Molekul-molekul suatu senyawa mempunyai frekuensi vibrasi yang khas. Gugus fungsional ini mengabsorpsi radiasi infra merah dan menjadi energi vibrasi molekular.

Spektrofotometri inframerah berkaitan dengan interaksi molekul dengan energi radiasi inframerah. Apabila sinar infra merah dilewatkan melalui suatu cuplikan senyawa, maka sejumlah frekuensi diserap sedangkan yang lain akan diteruskan. Molekul-molekul tertentu dalam suatu senyawa akan menyerap sinar infra merah pada frekuensi yang tertentu pula, jika dalam molekul tersebut ada transisi energi. Transisi yang terjadi dalam serapan berkaitan erat dengan perubahan-perubahan vibrasinya. Setiap ikatan dalam molekul mengalami

gerakan vibrasi ke depan dan ke belakang yang konstan, rotasi atom dan sedikit gerakan bengkokan. Ketika molekul mengabsorpsi sinar infra merah, gerakan molekul ini menaikkan intensitas. Oleh karena masing-masing frekuensi radiasi berkaitan dengan gerakan spesifik, maka jenis gerakan molekul yang dimiliki oleh sampel dapat dilihat dengan mengukur spektrum infra merahnya. Gugus fungsional yang ada dalam molekul dapat ditentukan dengan menginterpretasikan spektrum inframerah (Fifield dan Kealey, 2000).

Penerapan spektroskopi infra merah dalam penelitian ini lebih menekankan aspek kualitatif berupa penentuan struktur dengan cara mengamati frekuensi-frekuensi yang khas dari gugus fungsi spektra FTIR yang didapat dengan cara membandingkan spektra karet alam siklis murni dengan spektra karet alam siklis yang telah digrafting dengan Anhidrat Maleat (Mirzatheri, 2000).



Gambar 6. Spektrofotometri Infra Merah

Divinilbenzen

Divinilbenzen atau yang sering disebut Styrene ($C_6H_2H_5$) 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. Stryen diproduksi dengan cara dehidrogenasi ethylbenzene (Othmer, 1983).

Divinilbenzen merupakan salah satu turunan benzen dan merupakan senyawa yang stabil, tetapi kemungkinan polimernya dapat menimbulkan cahaya. Biasanya ditaruh atau pengirimnya menggunakan inhibitor yang tidak melarutkan. Substansi ini bereaksi cepat dengan asam kuat, tembaga dan garam logam. Merupakan zat yang sangat berbahaya dan beracun, karsinogen, mutagenik, korosif dan menyebabkan terbakar (Rizka., *dkk*, 2013).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil 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, Divinilbenzen, Aseton dan Xylen. 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 Bamban, Tebingtinggi, Sumatera Utara, Indonesia.

Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah alat-alat gelas, seperangkat alat refluks, neraca digital, pemanas listrik, thermometer, oven dan spektrofotometer inframerah.

Prosedur Kerja

Persiapan Alat Pencampur Internal (*internal mixer*) Brabender Plasticorder (Zakir *dkk*, 2011).

Reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada karet alam siklis dilakukan di dalam pencampur internal Brabenderplastograp, Duisberg, Germany, dengan dan tanpa inisiasitor divinil 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 dengan inisiasi panas, tanpa divinilbenzen (Nakason. *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*).

Reaksi pencangkakan dengan inisiasi divinilbenzen (Xianru *dkk*, 2010).

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 divinilbenzen 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 16 perseratus karet (*per hundred rubber/phr*).

Pemurnian produk Reaksi Pencangkakan (Siregar, 2012).

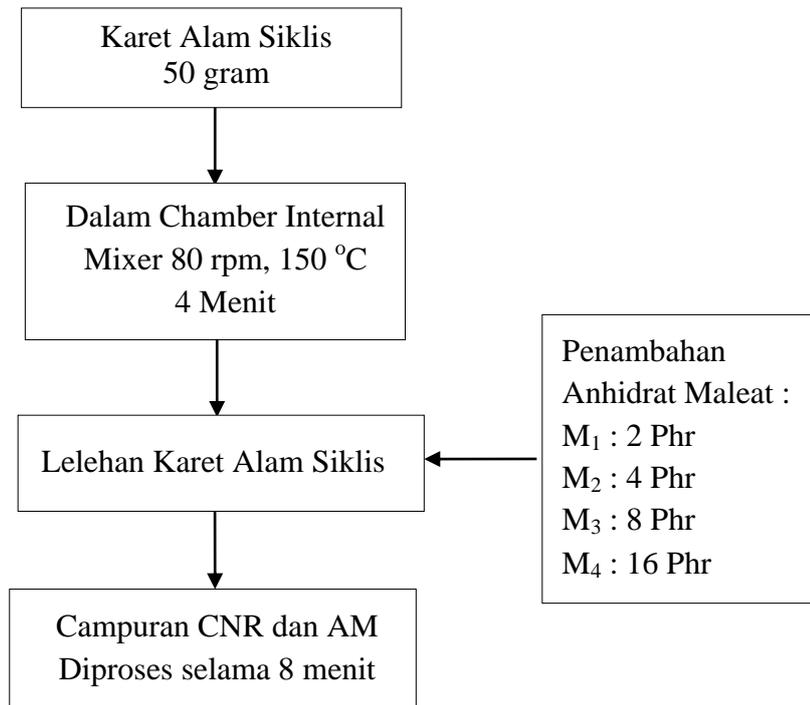
Sebanyak 1 gram produk reaksi pencangkakan ditambahkan ke dalam 50 mL xylen. Campuran dipanaskan pada suhu 60°C sambil diaduk sampai semua produk larut sempurna. Padatan tak terlarut yang masih terdapat dipisahkan dengan penyaringan. Kemudian larutan produk ini ditambahkan secara perlahan ke dalam aseton (*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 FTIR

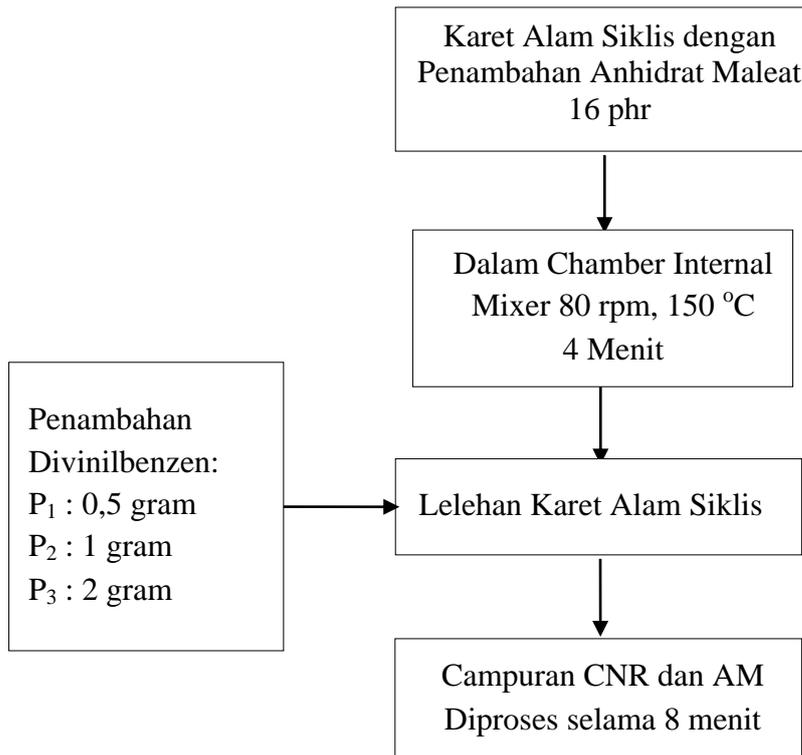
Pada penelitian ini, digunakan metode FTIR untuk menentukan derajat pencangkakan Maleat Anhidrida pada rantai CNR. Sebelum menentukan derajat pencangkakan dengan FTIR dilakukan dahulu metode pellet KBr.

Metode Pellet KBr

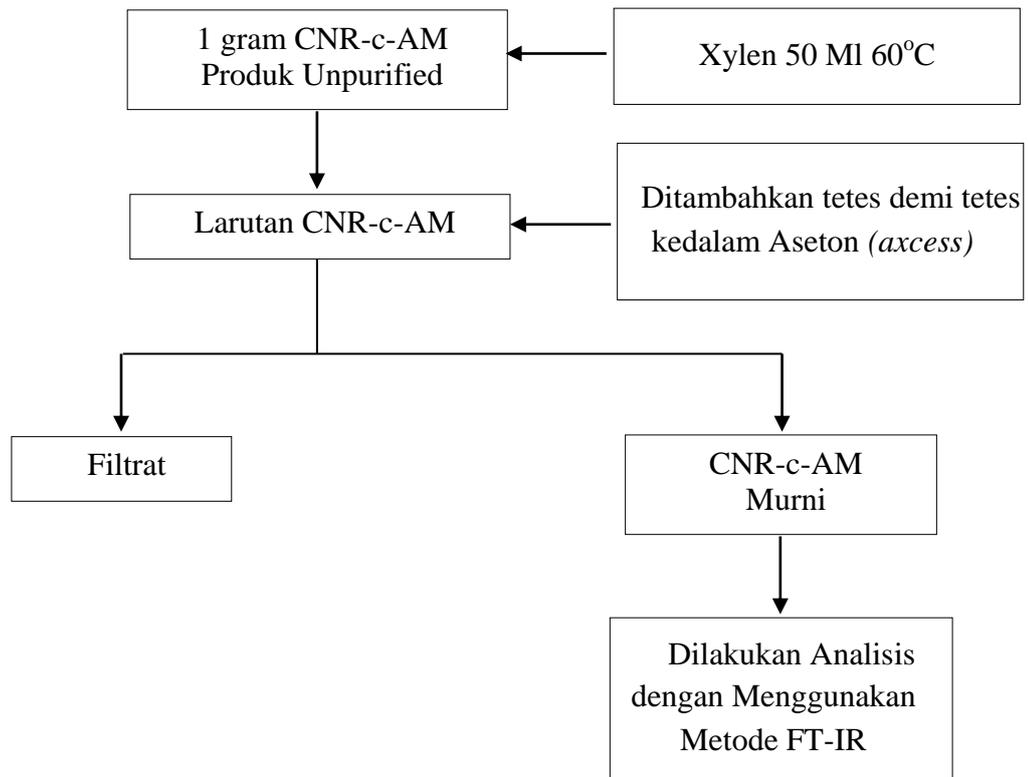
1. Padatan sampel digerus dalam mortal (kira-kira 1-2 mg).
2. Kemudian ditambahkan bubuk KBr murni dan diaduk hingga rata.
3. Campuran ini kemudian ditempatkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan alat tekanan mekanik.
4. Lalu sampel yang terbentuk menjadi pellet tadi dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan pinset agar terhindarnya kontaminasi.
5. Selanjutnya pellet KBr dianalisis menggunakan spektrofotometer IR.



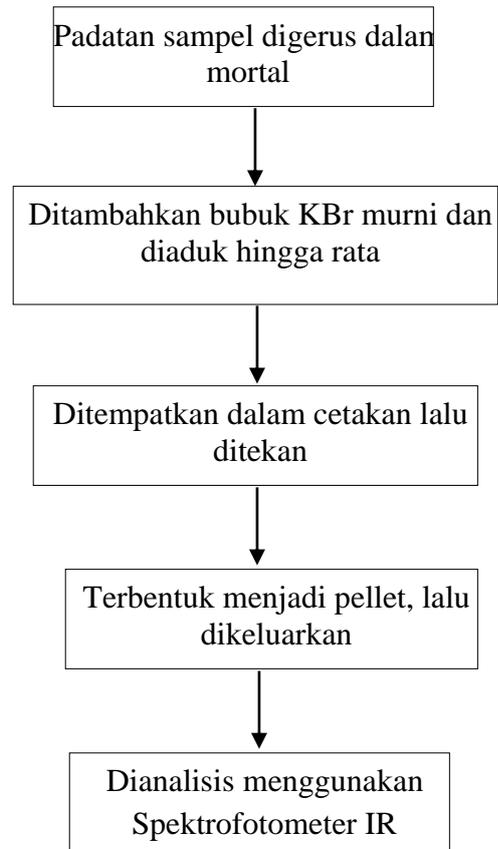
Gambar 7. Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam tanpa Divinilbenzen.



Gambar 8. Diagram Alir Pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet Alam dengan Penambahan Divinilbenzen.



Gambar 9. Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM



Gambar 10. Diagram Alir Penentuan Derajat Pencangkakan dengan Metode FTIR

PEMBAHASAN

Proses pencangkakan

Reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada Karet Alam Siklis (KAS) dilakukan di dalam pencampur internal (*Internal Mixer*) dengan kondisi tertentu sesuai rancangan percobaan, seperti tertera pada Lampiran 1. Pada tahap awal dilakukan proses di dalam pencampur internal menggunakan sampel KAS segar (*fresh*) tanpa penambahan monomer AM dan zat/pereaksi lain. Selanjutnya sampel ini yang dijadikan standar atau blanko sebagai pembanding terhadap sampel-sampel yang diperlakukan sesuai dengan rancangan percobaan.

Selanjutnya sampel standar dan semua sampel produk pencangkakan AM pada KAS (KAS-c-AM) dipelajari sifat-sifat fisika-kimianya dan dikarakterisasi dengan Fourir Transformed-Infra Red (FT-IR).

KAS Standar

Sifat-sifat Fisika dan Kimia

Sifat-sifat Fisika dan Kimia KAS segar (*fresh*)/Resiprena 35 dan yang diproses di dalam pencampur internal tanpa penambahan monomer AM dan zat / pereaksi lain (standar) diperlihatkan seperti pada Tabel 4.

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa KAS yang telah diproses di dalam pencampur internal mengalami perubahan suhu transisi gelas (T_g), sedangkan warna dan massa jenis tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Spesifikasi Resiprena 35 dan KAS standar

Jenis parameter	R-35	Standar
Softening point (<i>Capillary Method</i>)	125-145	130
Bilangan Asam (<i>Acid Value</i>)	<5	1,3
Warna (<i>Gadner Scale 1963, in 60% TL</i>)	Max 13	13
Viskositas (<i>Ford 4CCup In Toluene</i>)	18-24	20
Massa Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	< 0.98	0,91
Suhu Transisi Glass (<i>Tg</i>)	95	69

Sumber : (Siregar, 2012).

KAS Tercangkok Anhidrida Maleat

Sifat Fisika dan Kimia

Spesifikasi Resiprena 35 dibandingkan dengan KAS yang sudah diproses dalam pencampur internal diperlihatkan seperti tertera dalam Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi Resiprena 35 dan Produk KAS Tercangkok AM

Jenis parameter	R-35	Standar	Tanpa DVB	Dengan DVB
Softening point (Capillary Method)	125-145	130	131	131
Bilangan Asam (Acid Value)	<5	1,3	1,3	1,3
Warna (Gadner Scale 1963, in 60% TL)	Max 13	13	13	13
Viskositas (Ford 4CCup) In Toluene	18-24	20	23	24
Massa Jenis (Specific Gravity)	< 0.98	0,91	0,91	0,91
Suhu Transisi Glass (Tg) (°C)	95	69	73	81

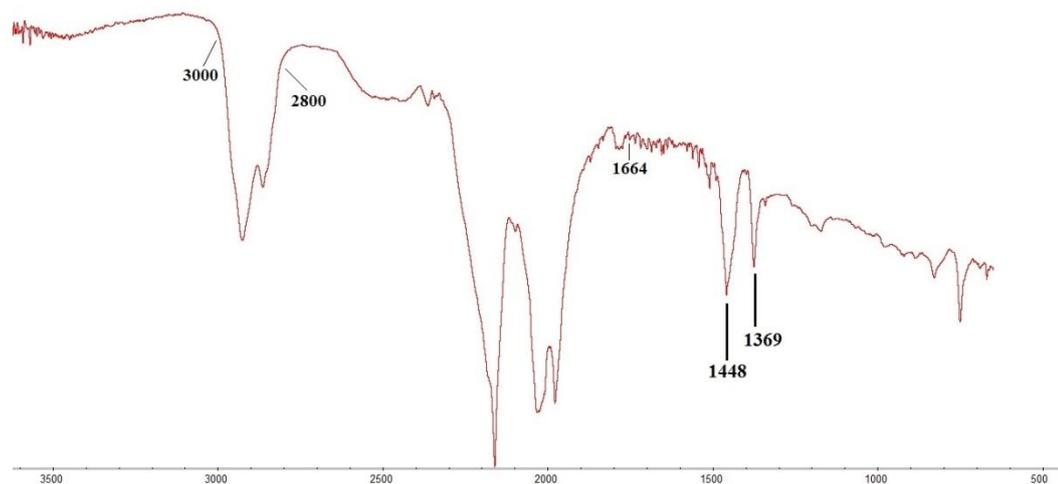
Sumber: Fifield dan Kealey, 2002).

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa sifat fisika dan kimia KAS tercangkok AM (KAS-c-AM) ada yang berubah, yaitu suhu transisi gelas (T_g), sedangkan softening point, bilangan asam, warna, dan massa jenis tidak berbeda nyata. Sedangkan viskositas terjadi sedikit peningkatan dengan adanya pencangkokan AM. Begitu juga dengan penambahan komonomer divinil benzen terjadi peningkatan viskositas produk. Peningkatan viskositas ini dipahami sebagai akibat berubahnya struktur molekul yang lebih *bulky* atau lebih *rigid*, polar dan meningkatnya massa molekulnya. Pada produk pencangkokan AM pada polimer sintesis juga ditemukan (Fifield dan Kealey, 2002 dan Stevens, 2001).

Fourier Transformed-Infra Red (FT-IR)

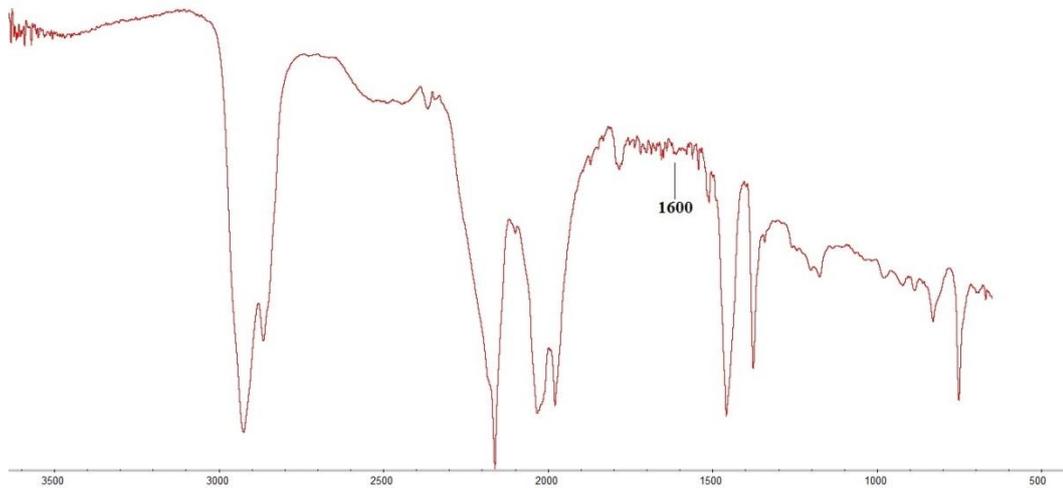
Karakterisasi dengan Spektroskopi FT-IR menghasilkan spektrum yang selanjutnya diolah menggunakan software pengolah data Microsoft EXCEL dan OMNIC. OMNIC Software merupakan software khusus yang dapat digunakan untuk mengolah dan menganalisis data spektrum FT-IR. Spektrum FT-IR KAS Resiprena 35 yang segar (*fresh*) dan yang sudah diproses di dalam pencampur internal. Selanjutnya spektrum diolah dengan menggunakan software pengolah data Microsoft EXCEL sehingga diperoleh gabungan (*overlay*) kedua spektrum diperlihatkan. Penerapan Spektrofotometer IR dalam penelitian ini lebih menekankan aspek kualitatif berupa penentuan struktur dengan cara mengamati frekuensi-frekuensi yang khas dari gugus fungsi spektra FT-IR yang didapat dengan cara membandingkan spektra karet alam siklis dengan yang telah dicangkok anhidrat maleat.

Dalam analisa struktur molekul karet alam menggunakan spektrometri FTIR terdapat empat puncak spektra yang khas pada daerah bilangan gelombang sekitar 164, 1448, 1369 dan 836 cm^{-1} . Puncak spektra dengan bilangan gelombang 1664 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan rangkap dua karbon (C=C). Puncak spektra di daerah bilangan gelombang 1448 dan 1369 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus alkil yang diperkuat dengan terlihatnya puncak kuat di daerah bilangan gelombang 3000-2800 cm^{-1} . Daerah puncak serapan pada bilangan gelombang 1449 dan 1376 cm^{-1} menunjukkan gugus metilena dan metil (-CH₃), sedangkan puncak spektra pada bilangan gelombang 836 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ikatan C-H dari alkena.



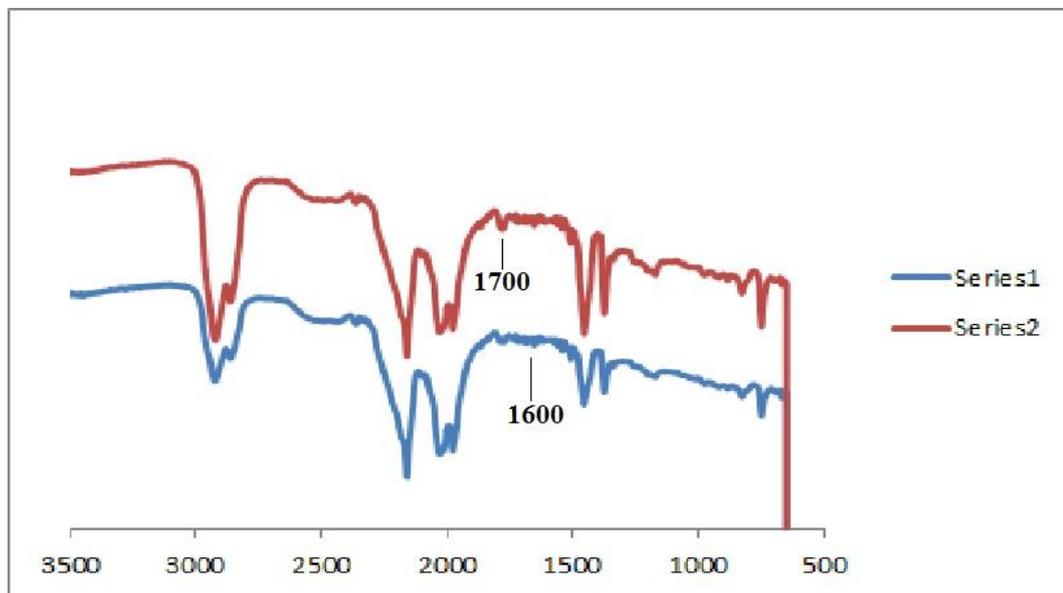
Gambar 11. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar

Spektrum pada gambar 11. merupakan spektrum karet alam segar yang belum dilakukan pencampuran internal. Pada spektrum karet alam segar tampak pita serapan yang tajam pada bilangan gelombang sebesar 1600 cm^{-1} yang terdapat pada struktur rantai molekul protein.



Gambar 12. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang Sudah diproses didalam Pencampur Internal.

Spektrum pada gambar 12. merupakan karet alam siklis yang sudah diproses oleh pencampur internal tanpa penambahan monomer Anhidrat Maleat dan bahan lain.

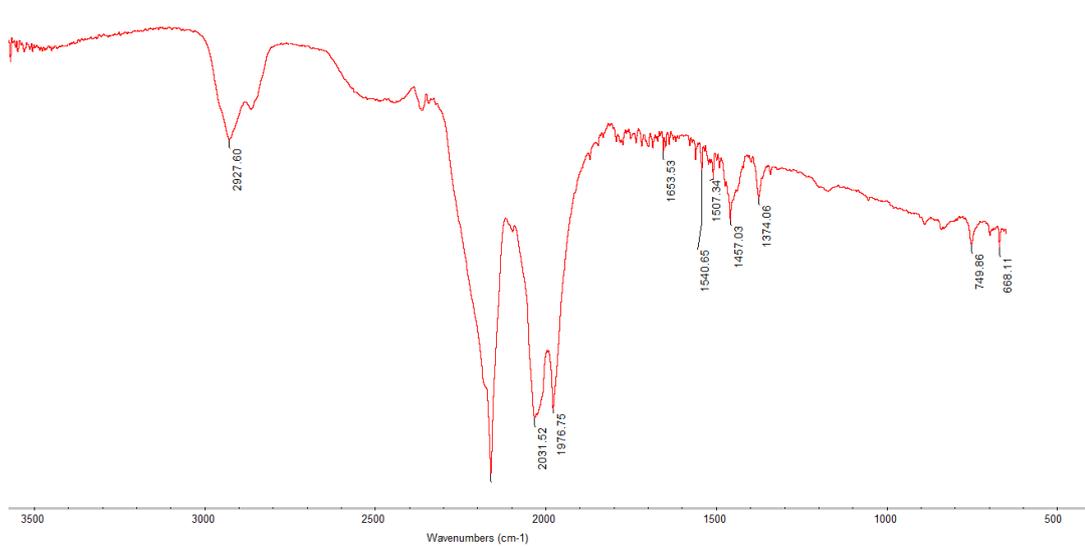


Gambar 13. Spektra FT-IR Gabungan (*overlay*) KAS Segar (1) dan yang sudah diproses di dalam pencampur internal (2)

Pada Gambar 13. dapat dilihat bahwa secara umum tidak terdapat perbedaan nyata diantara kedua spektrum FT-IR. Spektrum keduanya menunjukkan adanya serapan pada daerah 1600 cm^{-1} yang merupakan serapan khas ikatan rangkap dua karbon-karbon ($\text{C}=\text{C}$). Kemudian pada spektrum KAS yang sudah diproses dalam pencampur internal (2) dapat dilihat serapan pada daerah bilangan gelombang yang sama dengan karet alam siklis yang belum diolah (segar). Hal ini menunjukkan bahwa proses yang terjadi pada internal mixer tidak mempengaruhi struktur dan gugus fungsi karet alam siklis

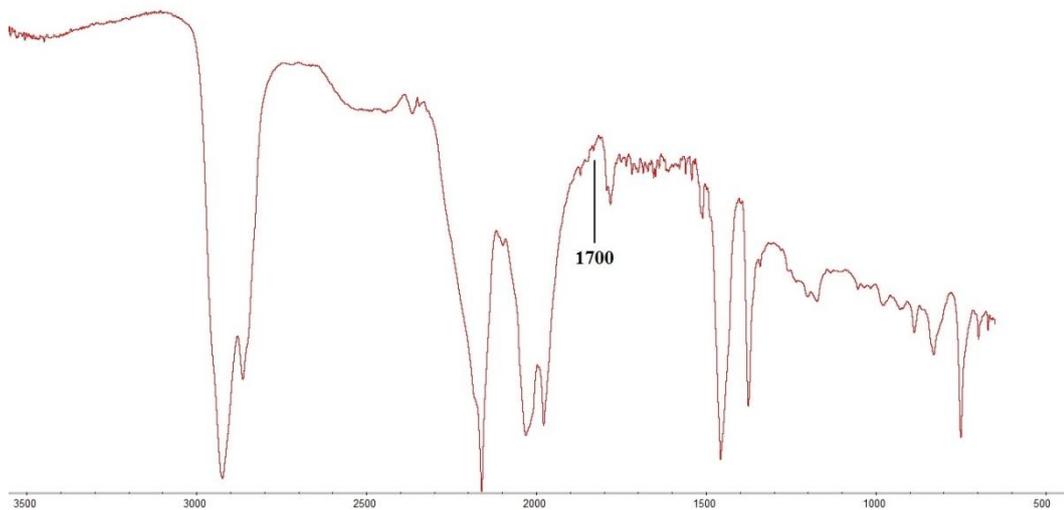
Keberadaan serapan pada daerah 1600 cm^{-1} memberikan informasi bahwa KAS memiliki ikatan rangkap dua pada struktur rantai karbonnya. Pada reaksi siklisasi karet alam terjadi pengurangan jumlah ikatan rangkap poliisoprena yang diikuti dengan pembentukan struktur siklis dimana tidak terjadi perubahan rumus empiris karet. Pengurangan jumlah ikatan rangkap yang terjadi dalam reaksi siklisasi bervariasi sekitar 40-80% (Lee *dkk.*, 1963).

Sedangkan terlihatnya serapan di daerah 1700 cm^{-1} pada spektrum FT-IR KAS yang telah diproses di dalam pencampur internal diduga bahwa telah terjadi reaksi antara KAS dengan udara di dalam pencampur internal. KAS mengalami oksidasi karena berinteraksi dengan udara selama proses di dalam pencampur internal yang berada dalam keadaan tidak tertutup.



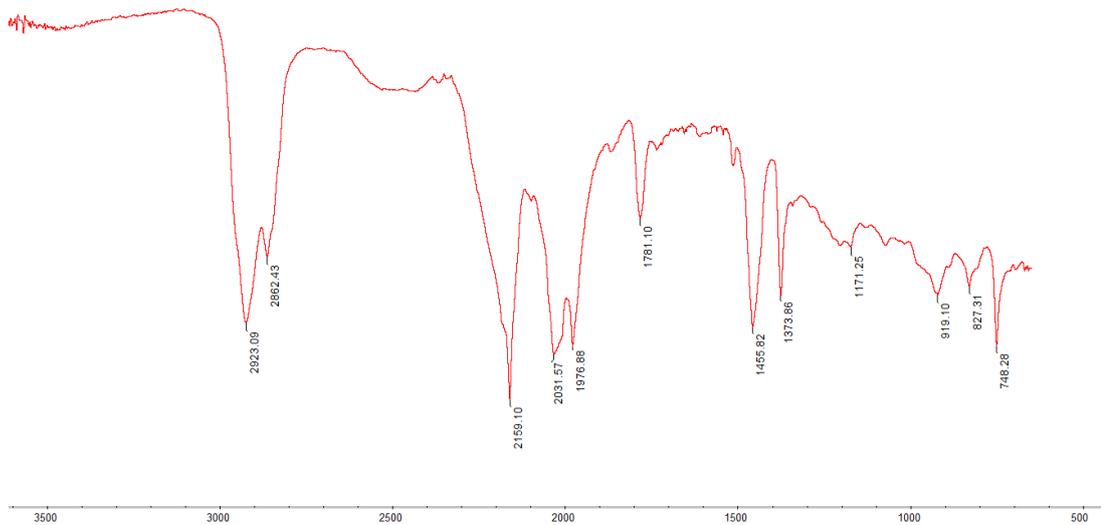
Gambar 14. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat sebanyak 2 phr

Spektrum pada gambar 14. merupakan karet alam yang telah ditambahkan dengan anhidrat maleat sebanyak 2 phr. Terdapat perbedaan dibandingkan dengan gambar 13 yaitu bisa dilihat dari pita serapan yang berada gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) yang terlepas pada struktur anhidrat maleat munculnya serapan pada 1700 cm^{-1} ini menandakan bahwa pencangkakan anhidrat maleat yang melalui gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) telah berhasil.



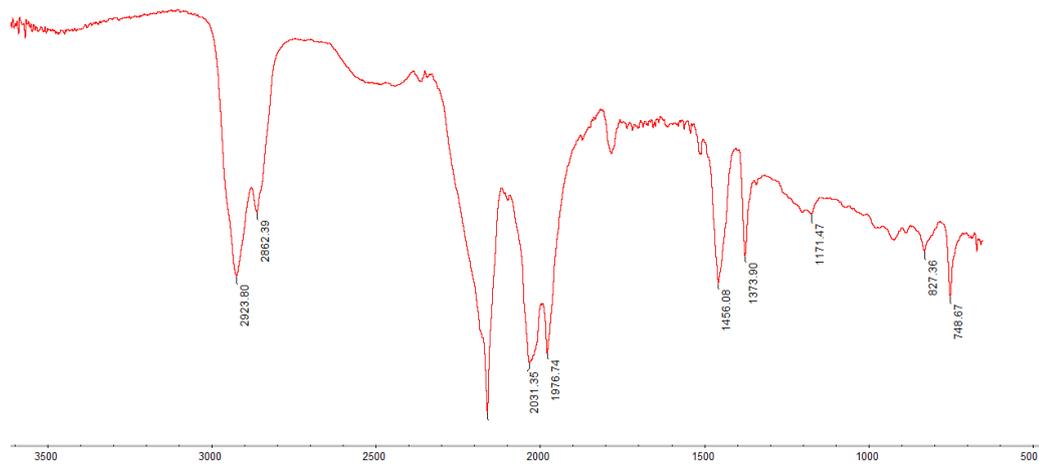
Gambar 15. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat sebanyak 4 phr

Pada gambar 15 merupakan Spektrum karet alam yang telah dicangkok dengan anhidrat maleat sebanyak 4 phr. Terdapat perbedaan pita serapan yang berlekuk-lekuk dan terlihat serapan baru pada gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari anhidrat maleat. Serapan ini menandakan bahwa telah terjadi pencangkokan pada ikatan rangkat karet alam siklis. Dibandingkan dengan gambar 14 maka terdapat serapan yang lebih tajam pada gambar 15. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin tinggi konsentrasi anhidrat maleat maka semakin tinggi derajat pencangkokan semakin tajam serapan pada 1700 cm^{-1} .



Gambar 16. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat sebanyak 8 phr

Pada gambar 16. merupakan karet alam yang telah ditambahkan dengan anhidrat maleat sebanyak 8 phr. Terdapat perbedaan pita serapan yang berlekuk-lekuk dan terlihat serapan baru pada gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil (C=O) dari anhidrat maleat. Serapan ini menandakan bahwa telah terjadi pencangkakan pada ikatan rangkap karet alam siklis. Dibandingkan dengan gambar 15. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin tinggi konsentrasi anhidrat maleat maka semakin tinggi derajat pencangkakan semakin tajam serapan pada 1700 cm^{-1} .



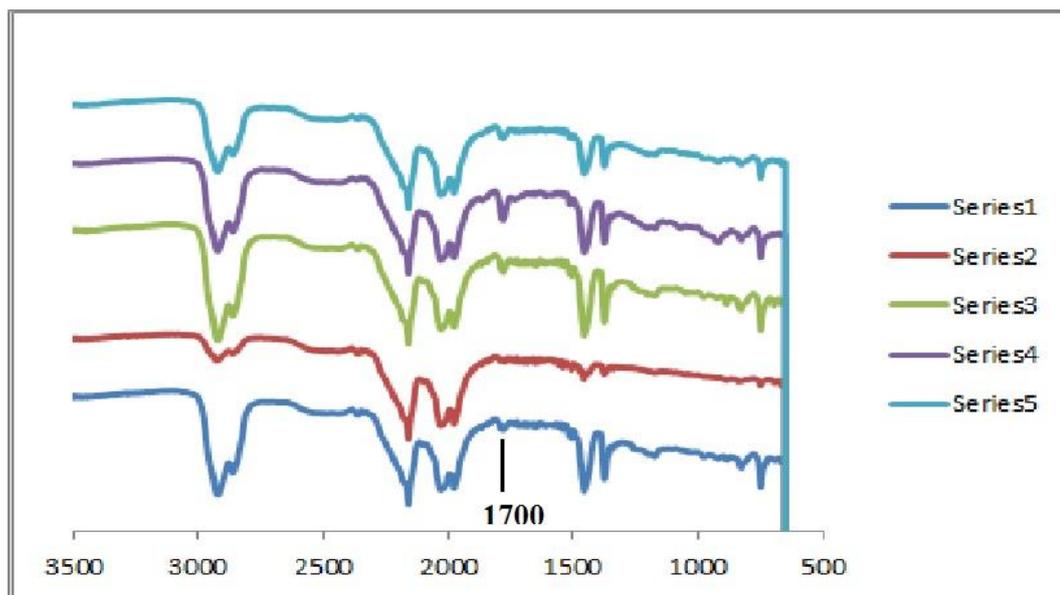
Gambar 17. Spektrum FT-IR Karet Alam Segar yang telah diberi Maleat Anhidrat Sebanyak 16 phr

Spektrum pada gambar 17. merupakan karet alam yang telah ditambahkan dengan anhidrat maleat sebanyak 16 phr. Terdapat perbedaan pita serapan dan terlihat serapan baru pada gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari anhidrat maleat. Serapan ini menandakan bahwa telah terjadi pencangkakan pada ikatan rangkap karet alam siklis. Dibandingkan dengan gambar 16. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin tinggi konsentrasi anhidrat maleat maka semakin tinggi derajat pencangkakan semakin tajam serapan pada 1700 cm^{-1} .

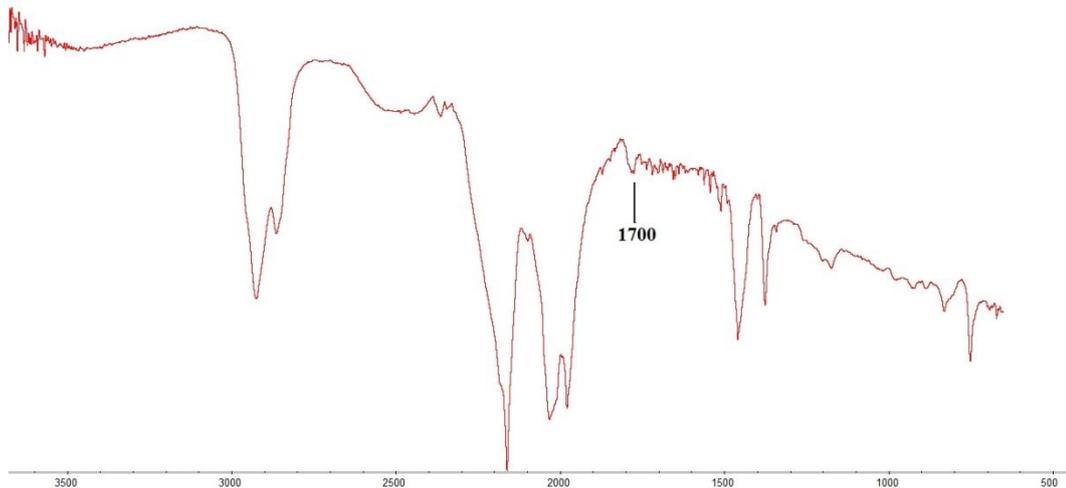
Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi AM, pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan variasi konsentrasi AM yaitu: 2 phr, 4 phr, 8 phr dan 16 phr. Percobaan ini dilakukan tanpa dan dengan inisiator peroksida divinil benzen (DVB). Spektrum FT-IR masing-masing sampel dengan variasi konsentrasi AM tanpa inisiator divinil benzen.

Dengan pengolahan data menggunakan Software Pengolah Data Microsoft EXCEL maka spektra FT-IR produk reaksi pencangkakan KAS dengan berbagai konsentrasi AM diperlihatkan pada Gambar 18 dengan pembanding KAS standar.

Pada Gambar 18 dapat dilihat bahwa reaksi pencangkakan AM pada KAS berhasil dilakukan dan menghasilkan produk KAS tercangkok AM (KAS-c-AM). Hal ini berdasarkan munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil (C=O) molekul AM (S.H.P. Bettini dan Agnelli, 1999; Demin dkk., 2000; Nakason dkk., 2004; Qi dkk., 2005 dan Eddiyanto, 2007).

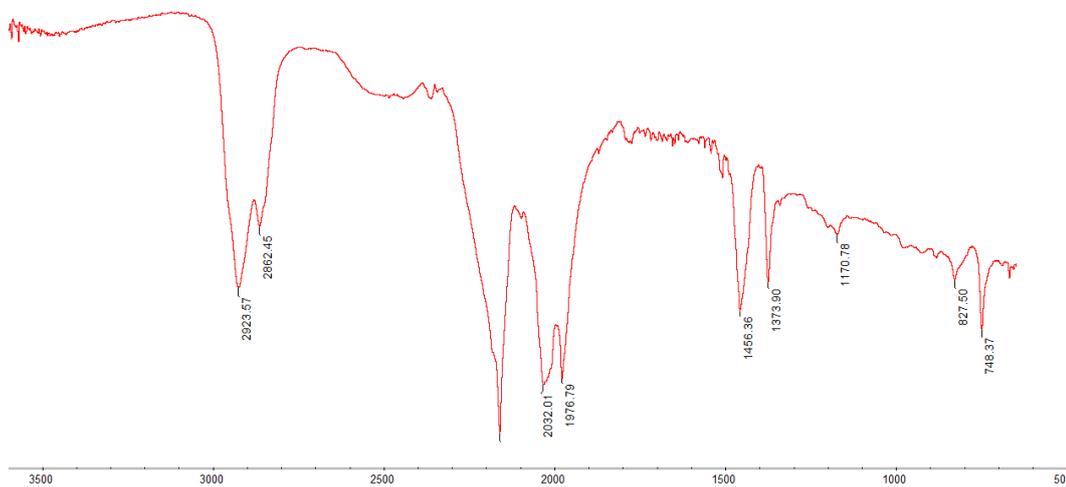


Gambar 18. Spektrum FT-IR gabungan (*overlay*) KAS tanpa penambahan AM (1), penambahan AM sebanyak 2 phr (2), 4 phr (3), 8 phr (4) dan 16 phr (5).



Gambar 19. Spektrum FT-IR Karet Alam ditambah inisiator divinil benzen 0,5

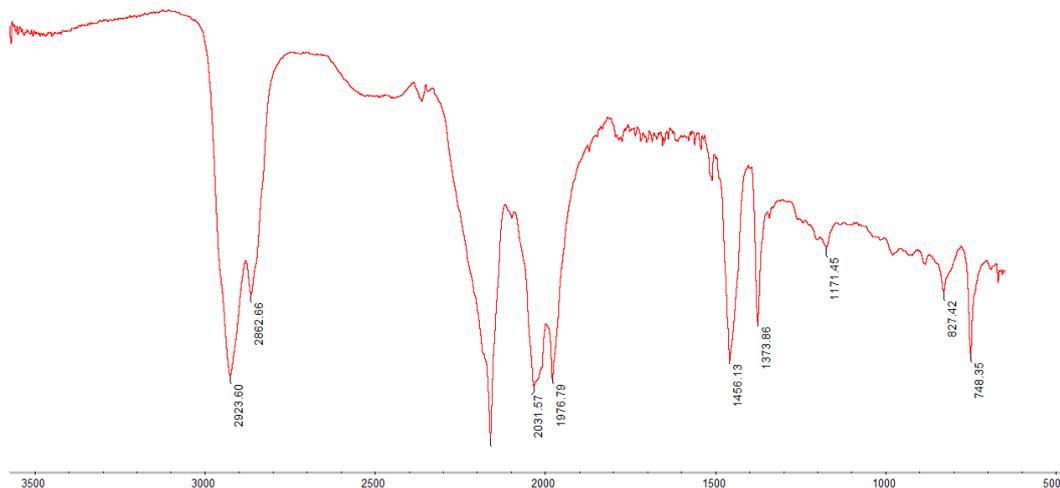
Spektrum pada gambar 19 merupakan karet alam yang telah ditambahkan anhidrat maleat dan penambahan inisiator divinil benzen sebanyak 0,5. Terlihat pita serapan pada gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil (C=O) dari molekul Anhidrat maleat.



Gambar 20. Spektrum FT-IR Karet alam ditambah inisiator divinil benzen 1

Spektrum pada gambar 20 merupakan karet alam yang telah ditambahkan anhidrat maleat dan penambahan inisiator divinil benzen sebanyak 1. Terlihat pita

serapan juga pada 1700-an cm^{-1} yang lebih tajam dibandingkan dengan gambar 19 (dengan penambahan divinil benzen 0,5 gram).



Gambar 21. Spektrum FT-IR Karet Alam ditambah inisiator divinil benzen 2

Spektrum pada gambar 21 merupakan karet alam yang telah ditambahkan anhidrat maleat dan penambahan inisiator divinil benzen sebanyak 2. Terlihat pita serapan pada gelombang 1700-an cm^{-1} . Pita serapan pada gambar 21 memiliki serapan yang lebih tajam dibandingkan dengan gambar 20 dan 19. Hal ini dapat dipahami bahwa semakin tajam serapan pada 1700-an cm^{-1} berarti semakin banyak anhidrat maleat yang tercangkok pada karet alam siklis. Makin tajam pita serapan pada 1700-an cm^{-1} maka makin tinggi derajat pencangkokan anhidrat maleat pada karet alam siklis.

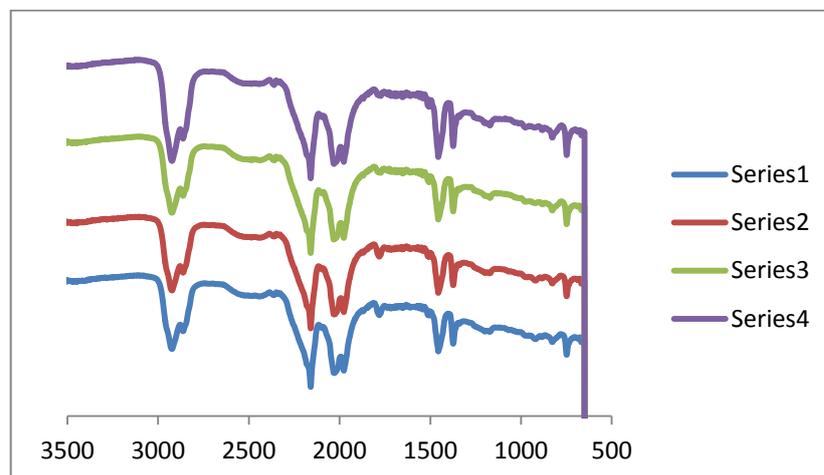
Pengaruh kehadiran Inisiator Divinil Benzen

Untuk mengetahui pengaruh kehadiran inisiator divinil benzen (DVB) terhadap derajat pencangkokan anhidrat maleat pada karet alam siklis dilakukan percobaan dengan variasi konsentrasi anhidrat maleat yaitu masing-masing 2, 4, 8 dan 16 phr. Spektrum FT-IR masing-masing sampel dengan variasi konsentrasi

AM diperlihatkan pada Lampiran 12 sampai 17. Gabungan spektrum-spektrum FT-IR produk reaksi pencangkakan anhidrat maleat pada karet alam siklis dengan kehadiran divinil benzen seperti terlihat pada Gambar 22.

Dari Gambar 22 dapat dilihat bahwa pencangkakan anhidrat maleat pada karet alam siklis dengan kehadiran divinil benzen juga berhasil dilakukan dan diperoleh produk karet alam siklis tercangkok anhidrat maleat (KAS-c-AM) yang dapat dikonfirmasi dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang 1700 cm^{-1} yang merupakan serapan khas gugus karbonil (C=O) dari molekul Anhidrat maleat (S.H.P. Bettini dan Agnelli, 1999; Demin dkk., 2000; C. Nakason dkk., 2004; Qi dkk., 2005 dan Eddiyanto, 2007).

Semakin banyak Anhidrat maleat yang direaksikan maka derajat pencangkakan anhidrat maleat pada karet alam siklis meningkat. Hal ini dapat diketahui dengan meningkatnya intensitas serapan pada $1720\text{-}1780\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 22. Spektrum FT-IR Karet alam siklis tercangkok Anhidrat maleat dengan kehadiran divinil benzen yaitu: Tanpa penambahan DVB, 16 phr (1), 0,5 gr (2), 1,5 gr (3), dan 2 gr (4)

Berdasarkan indeks karbonil dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi Anhidrat maleat maka semakin banyak Anhidrat maleat yang tercangkok. Dengan konsentrasi Anhidrat maleat yang sama ditemukan kecenderungan yang sama antara reaksi pencangkakan Anhidrat maleat tanpa kehadiran divinil benzen dan dengan kehadiran divinil benzen. Diperoleh derajat pencangkakan yang lebih tinggi pada reaksi pencangkakan dengan kehadiran inisiator divinil benzen. Konsentrasi divinil benzen memberikan pengaruh terhadap jumlah anhidrat 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 anhidrat maleat, sehingga makin tinggi derajat pencangkakan anhidrat maleat pada makroradikal karet alam siklis. Indeks karbonil produk reaksi pencangkakan AM pada KAS tanpa dan dengan BPO (Stevens, M.R., 20001)

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan Derajat Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis Dengan Metode Spektrofotometer Ir dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Semakin tinggi konsentrasi anhidrat maleat yang direaksikan semakin tinggi derajat pencangkakan anhidrat maleat pada karet alam siklis yang ditandai dengan semakin tinggi nya intensitas serapan.
2. Konsentrasi divinil benzen memberikan pengaruh terhadap jumlah anhidrat 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 anhidrat maleat, sehingga makin tinggi derajat pencangkakan anhidrat maleat pada makroradikal karet alam siklis.

Saran

Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar mengembangkan lagi mengenai modifikasi karet alam siklis, sehingga masih tetap terus berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arayaprane, W., P. Prasassarakich, dan G. L. Rempel. 2003. *Process variables and their effects on grafting reactions of styrene and methyl methacrylate onto natural rubber*. Journal of Applied Polymer Science 89: 63– 74.
- Bettini dan J. A. M Agnelli. 1999. *Grafting of Maleic Anhydridat Into Polypropylene by Reactiv Processing II. Effect of Rotor Speed and Reaction Time*, J. Appl. Polym, Sci. 74. 256-253.
- Bhattachaharya., A dan B. N. Misra, 2004. *Grafting : a versatile means to modify polymers, techniques, factor and applications*, prog. Polym. Sci. 29:767814.
- Bose., S. dan K. Thomas. 2007. *Applying the Balanced Scorecard for Better Perfmrance of Intellectual Capital*. Online Journal. www.emeraldinsight.com.
- Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia, Departemen Perindustrian. 2009. *ROADMAP Industri Pengolahan Karet dan Barang*. 2009. Jakarta.
- Jia, D., Y. Luo, Y. Li, H. Lu, W. Fu dan W. L. Cheung. 2000. *Synthesis and Characterization of Solid-Phase Graft Copolymer of Polypropylene with Styrene and Maleic nhydride*. Journal of Applied Polymer Science 78: 2482-2487.
- Eddiyanto. 2007. *Functional of Polymers: Reactive Processing, Structure and Peformance Characteristics*. Thesis. Aston University.
- Ellul, M. D., dan D. R. Hazelton,. 1994,. *Chemical Surface Treatments of NaturalRubber and EPDM Thermoplastic Elastomers: Effect on Friction and Adhesion*, Rubber Chem. Technol., 67, hal. 582-601.
- Fifield, F. W., dan D. Kealey. 2002. *Principles and Practice of Analytical Chemistry*. London: University of Kingdom.
- Flint, C. F. dan B. J. Eaton, 1938. *The Chemistry and Tecnology of Rubber Latex*. D. Van Nostrand Company, Inc., New York.
- Goan, L. T. 1980. *Tuntunan Praktis Mengelola Karet Alam*. PT. Kinta. Jakarta.
- Harahap, Halomoan., 2009. *Pengaruh Waktu Terhadap Derajat Grafting Maleat Anhidrat Dalam High Density Polyethylen (HDPE) Dengan Inisiator Benzoil Peroksida*, Skripsi, FMIPA, USU, Medan.
- 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).
- Junaidi, U. 1996. *Penyadapan Tanaman Karet Dalam Sapta Usaha Bina Tani*. Anwar Chairil (ed). Balai Penelitian Sumbawa.

- Keener, T.J., R. K. Stuart, dan T. K. Brown. 2004. *Maleated Coupling Agents For Natural Fibre Composites*.
- Lee, D. F. J. Scanlan dan W. F. Watson. 1963. *The Cyclization of Natural Rubber*. 1963. *The Cyclization of Natural Rubber*. Proceedings of the Royal Society of London. The Royal Society. London.
- Litbang, Deptan. 2007. *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Karet*. <http://litbang.deptan.go.id>.
- Machado, A. V., M. V. Duin, dan J. A. Covas. 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.
- Mirzataheri, M. 2000. *The Cyclization of Natural Rubber*. *Iran J. Chem. & Chem. Eng.*, 19: 455.
- Nakason, C., S. Saiwari dan A. Kaesaman., 2006. *Rheological, Thermal and Natural Rubber and Its Reactive Blending with Poly (Methyl Methacrylate)*, *Polimer Testing*, 25, hal. 656-667.
- Othmer, Krik. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. vol 17
- Palupi NP, I. Sailah, Y. Syamsu, dan C. Pandji. 2008. *Karakterisasi Perekat Siklo Karet Alam*. *Jurnal Teknologi Pertanian* 4(1) : 19-24.
- Pascual, S., D. Derouet, dan P. Phinyocheep. 2005. *Polymer Grafted Natural Rubber by Radical Controlled Grafting, Tgai-French Seminar, Rubber: from Trees to End-Products*. Bangkok, 20-21 June 2005.
- Purwanta, J. H., Kiswanto dan Slameto. 2008. *Teknologi Budidaya Karet*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Bogor.
- Qi JZ., 2005. *Experimental Research on Road Materials of Red Mud*. University of Huazhong Science and Technology: Wuhan, China.
- Rzayev, Z.M.O. 2011. *Graft Copolymers of Maleic Anhydride and Its Isostructural Analogues : High Performance Engineering Materials*. *International Review of Chemical Engineering* 3 (2) : 153-215.
- Said M. Siregar, 2012. *Modifikasi Kimia Karet Alam Siklis (Cyclic Natural Rubber/CNR) dengan Teknik Grafting: Menggunakan Monomer Metil Metakrilat dan Inisiator Benzoil Peroksida*. *Agrium*. 17. : 128-133.
- Sitepu, I. P. 2009. *Pengaruh Konsentrasi Benzoil Peroksida pada Degradasi Thermal Polipropilena*. Skripsi Sarjana. Universitas Sumatera Utara.
- Steven, M. R., 2001. *Kimia Polimer*. Terjemahan Lis Sopyan. PradnyA Paramita. Jakarta.

- Subramanian. 1987. *Tentang Komposisi Lateks Karet Alam (Ceylon Rubber Latex)*. Hal 10.
- Sutardi, 1981. *Sapi Perah dan Pemberian Pakannya*. Bogor. Deartemen Ilmu Makanan Ternak. IPB
- Wiliam., K dan B. Rodgers. 2004. *Rubber Compounding: Chemistry and Applications*. Taylor dan Francis
- Wudianto, R. 2002. *Membuat Setek, Cangkok dan Okulasi*, P.T. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Xianru H, S., G. Zheng, Huang dan Y. Rong. 2013. *Solution Grafting of Maleic Anhydride on LDPE : Effect on Crystallization Behavior*. *Journal of MacromolecularScience Part B : Physics* 52 (9) : 1265- 1282.
- 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.
- Zhong, Z. S., K. Zheng. Yang, dan Q. Guo. (1998). *Miscibility Phase Behavior and Mechanical Properties of Ternary Blends of Poly (Vinyl Cholride/Plystyrene/Chlorinated Polyethylene-Graft*.

Lampiran 1. Rancangan Penelitian Pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet

Alam Siklis, dengan Penambahan Divinil Benzen (DVB)

No		CNR (g)	Anhidrat Maleat		Divinil Benzen		Kec. Rotor (rpm)	T (°C)	T (min)
			(phr)	(g)	Mol ratio/MA)	(g)			
IR/1	1	30	-	-	-	-	-	-	-
	2	30	-	-	-	-	80	150	8
	3	30	2	0.6	-	-	80	150	8
	4	30	4	1.2	-	-	80	150	8
	5	30	8	2.4	-	-	80	150	8
	6	30	16	4.8	-	-	80	150	8
15	7	30	16	4.8	0.5	2.55	80	150	8
16	8	30	16	4.8	1.0	5.11	80	150	8
17	9	30	16	4.8	2.0	10.22	80	150	8