

**STUDI SIFAT THERMAL PRODUK PENCANGKOKAN  
ANHIDRAT MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS  
DENGAN METODE THERMOGRAVIMETRI**

**S K R I P S I**

Oleh:

**DIAN ARSITA FITRI**

**NPM : 1504310049**

**Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian**



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

STUDI SIFAT THERMAL PRODUK PENCANGKOKAN  
ANHIDRAT MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS DENGAN  
METODE THERMOGRAVIMETRI

SKRIPSI

Oleh

DIAN ARSITA FITRI  
1504310049  
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

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

Komisi Pembimbing :

Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si.  
Ketua

Ir. Muhammad Iqbal Nusa, M.P.  
Anggota

Disahkan Oleh :  
Sekran



Asritaningsih, M.P.

Tanggal Lulus : 1 Juli 2019

## PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Dian Arsita Fitri

NMP : 1504310049

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul Studi Sifat Thermal Produk Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis Dengan Metode Thermogravimetri 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 akan bersedia menerima sanksi akademi berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan,  
Yang menyatakan



Dian Arsita Fitri

## RINGKASAN

Penelitian ini berjudul “Studi Sifat Thermal Produk Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis Dengan Metode Thermogravimetri”. Dibimbing oleh Bapak Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si selaku ketua komisi pembimbing dan Bapak Ir. Muhammad Iqbal Nusa, M.P selaku anggota Komisi Pembimbing.

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 Divinilbenzen dengan variasi  $P_1 = 0,5$  gr,  $P_2 = 1$  gr,  $P_3 = 2$  gr. Sifat thermal karet alam siklis tercangkok AM ditentukan dengan metode Thermogravimetri. Hasil analisa dengan metode Thermogravimetri memberikan kesimpulan sebagai berikut.

Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan konsentrasi anhidrat maleat sebanyak (2 Phr, 4 Phr, 8 Phr dan 16 Phr) di dalam pencampur internal memiliki sifat thermal yang hampir sama, ada perubahan sifat thermal dengan adanya reaksi pencangkakan di dalam pencampur internal berdasarkan karakteristik Thermogravimetri. Hal ini dapat dilihat pada suhu diatas 500an ditemukan sampel sisa (*signal value*) 7,8 % sampai 9,4 %. Konsentrasi Anhidrat Maleat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis bila dilihat dari garis kurva thermogravimetri dan besaran perubahan kadar sampel seperti juga dapat dilihat dalam Gambar 17.

Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat 16 Phr dengan penambahan divinilbenzen sebanyak (0,5 gram, 1 gram dan 2 gram) memiliki sifat thermal yang hampir sama, ada terjadi perubahan sifat thermal dengan adanya penambahan divinilbenzen di dalam pencampur internal. Konsentrasi divinilbenzen yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik Thermogravimetri. Hal ini dapat dilihat pada suhu diatas 500an ditemukan sampel sisa (*signal value*) 9,8 % sampai dengan 17,8 %. Konsentrasi Divinilbenzen yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis bila dilihat dari garis kurva thermogravimetri dan besaran perubahan kadar sampel seperti juga dapat dilihat dalam Gambar 21.

## **RIWAYAT HIDUP**

**Dian Arsita Fitri**, Lahir di Desa Alur Gadung, Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara pada tanggal 31 Januari 1998. Penulis merupakan anak keenam dari enam bersaudara dari pasangan Ayahanda H. Abdul Latif dan Ibunda Hj. Sehati Nasution.

Adapun Jalur pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis adalah sebagai berikut

1. MI Swasta AL-JAMILAH Sei Mati, Desa Alur Gadung, Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara (Tahun 2004-2010).
2. MTs Swasta AL-JAMILAH Sei Mati, Desa Alur Gadung, Kecamatan Sawit Seberang, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara (Tahun 2010-2012).
3. SMAN 1 Tanjung Pura, Kecamatan Tanjung Pura, Kabupaten Langkat Sumatera Utara (Tahun 2012-2015).
4. Penulis Di Terima Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Program Studi (S1) Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Pada Tahun 2015

Selama menjalani aktifitas perkuliahan di universitas muhammadiyah sumatera utara penulis aktif di kegiatan kampus serta ke organisasian antara lain :

1. Pada tahun 2015 penulis mengikuti kegiatan PKKMB (Pengenalan Kehidupan Kampus Mahasiswa Baru) oleh Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Mengikuti MASTA (Masta Ta'aruf) oleh Pimpinan Mahasiswa Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3. Mengikuti Kajian Intensif Al Islam dan Kemuhammadiyah (KIAM) yang diselenggarakan oleh Pusat Studi Islam Kemuhammadiyah Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 2016.
4. Pada tahun 2015 penulis terpilih sebagai anggota tetap di himpunan mahasiswa jurusan Teknologi hasil pertanian (HIMLOGISTA)
5. Pada tahun 2015 penulis mengikuti kegiatan DAD ( Darul Arqam Dasar) yang di adakan oleh PK IMM UMSU dan Alhamdulillah di terima sebagai kader di PK IMM FAPERTA UMSU.
6. Pada tahun 2016-2017, alhamdulillah penulis di amanahkan menjadi Departemen Ekonomi dan Kewirausahaan
7. Pada tahun 2016 kembali di amanahkan menjadi Anggota Bidang IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) di Himpunan mahasiswa teknologi Hasil pertanian Periode 2016 – 2017.
8. Pada tahun 2017 penulis menjadi perwakilan Delegasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Hasil Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk mengikuti kegiatan Ikatan Mahasiswa Teknologi Pertanian Indonesia yang di adakan oleh IMTPI UNAND, yang bertempat di Universitas Negeri Andalas, Provinsi Sumatera Barat.
9. Pada tahun 2017 penulis mengikuti kegiatan Musykom (Musyawarah Komisariat) yang di adakan oleh PK IMM FAPERTA UMSU sebagai akhir masa bakti sebagai Departemen Ekonomi dan Kewirausahaan.
10. Pada tahun 2017 penulis juga mengikuti kegiatan MUBES HIMALOGISTA yang menandakan berakhirnya masa bakti sebagai

anggota Bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di HIMALOGISTA  
UMSU

11. Pada tahun 2017 - 2018 penulis di amanahkan menjadi Wakil Ketua Umum di HIMALOGISTA UMSU
12. Pada tahun 2018 penulis mengikuti kegiatan MUBES (Musyawarah Besar) yang di adakan oleh HIMALOGISTA UMSU sebagai akhir dari masa bakti sebagai Wakil Ketua Umum.
13. Pada tahun 2018 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan di PT. PP London Sumatera Indonesia Tbk Turangie Estate Langkat.
14. Pada tahun 2018 penulis menjadi anggota panitia PKKMB (Pengenalan Kehidupan Kampus Mahasiswa Baru) oleh Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
15. Pada tahun 2019 penulis menjadi Asisten Praktikum Analisa Pangan dan Hasil Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

**Dian Arsita Fitri**  
**1504310049**



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Studi Sifat Thermal Produk Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis Dengan Metode Thermogravimetri.**

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). 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. Bapak 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 yang telah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).

Bapak Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si selaku ketua pembimbing dan Bapak Ir. Muhammad Iqbal Nusa, M.P 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. Kakak dan abang Muhammad Dedi Putrayansyah, Muhammad Fahrul Namizi, Muhammad Faisal Reza, Dina Syarifiani, dan Indra Bayu Pratama yang selalu memberikan semangat juga do'anya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Sahabat terkasih BUTANA (Desrayani Harahap, Juleha Nasution, dan Sri Ainun Fadillah) 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). Sahabat Terkasih KOST OPUNG ( Atira Indiyani, Muhammad Fahrurrozi, Sri Hardianti Rusi, Io Arisandi, Riska Ramadhani, Putri Reza, Putri Aidha, dan Siti Nur Madillah), yang selalu berbagi suka duka, selalu menguatkan dan menasehati satu sama lain juga membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Sahabat Terkasih TAMIMI (Kiki Patmala Sibarani dan Miranti Putri), yang selalu berbagi suka duka, selalu menguatkan dan memberikan motivasi kepada saya. Kakak Hafrina Ainun dan Abang Arbik Zulkifli yang selalu siap membantu dan mendukung juga mendo'akan selama menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Teman seperjuangan KARET ALAM SIKLIS (Reni Puji Astuti, Widitya Nurim Pasta, Ennisa Cita Mentari dan Muhammad Nazarudin) yang selalu memberi bantuan serta menguatkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir strata I. Teman terbaik THP 2015 (Ragel Amalia, Annisa Fitri, Pratiwi Putri, Muhammad Yunus Salam), yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada saya untuk menyelesaikan studi strata 1 (S1), juga seluruh teman-teman THP stambuk 2015 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Youtuber

kesayangan RANS ENTERTAINMENT, RICIS OFFICIAL dan THE SUNGKAR FAMILY yang selalu menyajikan konten yang bermanfaat bagi penullis. Seluruh staf biro dan pegawai Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Kakanda dan adinda stambuk 2014, 2015, 2016, 2017. 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 proposal ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Medan, Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	i
RIWAYAT HIDUP.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
PENDAHULUAN	
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penelitian.....	4
Hipotesa Penelitian.....	4
Kegunaan Penelitian.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	
Karet alam.....	6
Sifat-sifat Karet Alam.....	8
Penggunaan Karet Alam.....	9
Modifikasi Karet Alam.....	9
Karet Alam Tersiklis.....	11
<i>Grafting</i> (Pencangkokan).....	13
Pencangkokan Dengan Inisiasi Panas.....	13
Pencangkokan Dengan Bahan Kimia.....	13
Pencangkokan Dengan Inisiasi Enzimatik.....	14
Anhidrat Maleat.....	14
Pencangkokan Monomer Anhidrat.....	15
Divinilbenzen.....	16
Thermogravimetri.....	17
Reaksi Dekomposisi.....	18
METODE PENELITIAN	
Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
Bahan Penelitian.....	20
Alat Penelitian.....	20

Prosedur kerja .....	20
Karakteristik.....	22
Analisa Thermogravimetri. ....	21
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
Thermogravimetric Analysis (TGA).....	26
Karet Alam Siklis Segar.....	27
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr. ....	28
Karet Alam Siklis Segar dan Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr. ....	29
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 4 phr. ....	31
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 8 phr. ....	32
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr. ....	33
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr, 4 phr, 8 phr dan 16 phr. ....	34
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzena 0,5 gram. ....	36
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzen 1 gram. ....	38
Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzen 2 gram. ....	39
Karet Alam Siklis tercampok Anhidrat Maleat 16 phr dengan penambahan devinilbenzen 0,5 gr, 1 gr dan 2 gr. ....	41
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
Kesimpulan . ....	43
Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
DAFTAR LAMPIRAN.....	48

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Komposisi Lateks Karet Alam.....	7
2.	Standart Indonesia Rubber.....	7
3.	Sifat-sifat Anhidrat Maleat. ....	15
4.	Sifat-sifat Divinilbenzen. ....	17

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Lateks Karet Alam .....	6
2.	a. Rumus Cis 1-4 Poliisoprena.....	8
	b. Rumus Trans 1-4 Poliisoprena.....	8
3.	Reaksi Epoksidasi Karet Alam Siklis .....	10
4.	Struktur Siklis Karet Alam Siklis . .....	12
5.	Reaksi Pembentukan Anhidrat Maleat .....	15
6.	Divinilenzen .....	17
7.	(a) Alat Analisis Thermogravimetri.....	18
	(b) Kurva Thermogravimetri.....	18
8.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Tanpa Divinilbenzen.....	23
9.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Meleat Pada Karet Alam Dengan Inisiator Divinilbenzen. ....	24
10.	Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM. ....	25
11.	Karet Alam Siklis Segar.....	27
12.	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr. ....	28
13.	Themogram gabungan Karet Alam Siklis Segar dan Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat 2 phr. ....	29
14.	Themogram Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 4 phr. ....	31
15.	Themogram Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 8 phr. ....	32
16.	Themogram Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr. ....	33
17.	Themogram gabungan KAS dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr, 4 phr, 8 phr dan 16 phr. ....	34
18.	Themogram Karet Alam Sikis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzena 0,5 gram.....	36
19.	Themogram Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzen 1 gram. ....	38

20. Themogram Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzen 2 gram. ....	39
21. Themogram gabungan Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat 16 phr dengan penambahan devinilbenzen 0,5 gr, 1 gr dan 2 gr. ....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Karet Alam Siklis Segar.....	48
	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr. ....	48
2.	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 4 phr. ....	49
	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 8 phr. ....	49
3.	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr. ....	50
	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzena 0,5 gram.....	50
4.	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzen 1 gram. ....	51
	Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dan divinilbenzen 2 gram. ....	51

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Salah satu negara penghasil karet alam di dunia adalah Indonesia. Indonesia merupakan negara yang terletak di Asia Tenggara yang memiliki kekayaan alam salah satu kekayaan alam yang dimiliki Indonesia adalah karet alam. Pada tahun 2009 Indonesia memproduksi karet alam di dunia sebesar 26 %, Indonesia menduduki peringkat kedua dalam produksi karet alam di dunia setelah Thailand, namun konsumsi karet alam di Indonesia masih rendah hanya 10-15% dari produksinya. Langkah yang dapat ditempuh untuk meningkatkan penggunaan karet alam adalah melalui pengembangan produk karet untuk industri barang jadi karet alam serta memodifikasi produk karet alam. Modifikasi adalah merubah struktur molekul karet alam secara fisika ataupun kimia sehingga menghasilkan material baru yang memiliki karakteristik unik untuk penggunaan yang baru dan luas dalam bidang tertentu (Adi Cifriadi., *dkk*, 2011).

Tanaman karet merupakan tanaman perkebunan yang tumbuh di berbagai wilayah di Indonesia. Karet merupakan produk dari proses penggumpalan getah tanaman karet (*lateks*). Pohon karet normal disadap pada usia tanaman tahun ke-5. Produk dari penggumpalan lateks selanjutnya diolah untuk menghasilkan lembaran karet (*sheet*), bongkahan (kotak), atau karet remah (*crumb rubber*) yang merupakan bahan baku industri karet. Ekspor karet dari Indonesia dalam berbagai bentuk, yaitu dalam bentuk bahan baku industri (*sheet, crumb rubber, SIR*) dan produk turunannya seperti ban, komponen, dan sebagainya (Habiebie, 2009).

Karet alam atau 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. Pada dasarnya karet alam memiliki sifat yang tidak tahan terhadap ozon, minyak dan temperatur tinggi (Tahid *dkk.*, 1995).

Karet alam memiliki keunggulan segi kelentingan, ketahanan kikis, ketahanan terhadap panas, daya lengket dan plastisitas. Dengan keunggulan yang dimiliki karet alam paling banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan ban kendaraan. Karet alam juga dapat diolah untuk pembuatan berbagai peralatan rumah tangga, olahraga dan peralatan kesehatan. Karet digolongkan dalam dua jenis yaitu karet alam dan karet sintetik. Karet alam merupakan getah yang dikeluarkan oleh tanaman yang disebut sebagai lateks sedangkan karet sintetik adalah karet yang disintesa terutama dengan mengandalkan bahan baku minyak bumi. Tanaman penghasil lateks yang paling komersial adalah *Hevea brasiliensis* (karet). Tanaman lain yang dapat menghasilkan lateks seperti *Ficus elastica*, *Castilla elastica*, *Manihot glaziovii*, dan *Parthenium argentatum*. Karet alam adalah bahan baku terbaharukan yang menjadi bahan baku pilihan yang banyak dikembangkan untuk pembuatan senyawa-senyawa polimer yang bernilai tinggi karena keunggulan sifat mekanikalnya dan dari pertimbangan ketersediaan bahan baku yang dapat diperbaharui. (White *dkk.*, 2001, Goutara *dkk.*, 1976).

Modifikasi kimia merupakan salah satu cara untuk mendapatkan produk turunan karet alam sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang yang lebih luas. Hal ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan aplikasi karet alam secara langsung yang tidak tahan panas, oksigen, ozon, radiasi, sinar matahari dan kelarutannya dalam pelarut-pelarut hidrokarbon (J. Saelao dan P. Phinyocheep, 2005). Keterbatasan aplikasi karet alam salah satunya diduga akibat keberadaan ikatan rangkap dua karbon-karbon pada struktur kimia *cis*-1,4-poliisoprena yang

merupakan komponen utama karet alam (Flint, C. F., 1938; Nakason, C., 2004 dan Zakir M. O. Rzayev, 2011).

*Cyclized Natural Rubber* merupakan material turunan dari karet alam yang menjadi produk unggulan industri hilir karet. Karet alam siklis merupakan hasil modifikasi karet alam dengan reaksi siklisasi. Siklisasi karet alam mengakibatkan terjadinya perubahan karakteristik, karet alam dari yang bersifat elastis menjadi termoplastik resin yang keras dan kaku. Karet alam memiliki derajat ketidakjenuhan yang lebih tinggi dibandingkan karet alam siklis, hal ini disebabkan karena siklisasi terjadi dengan terbukanya ikatan rangkap membentuk struktur siklik. Karet Alam Siklis memiliki daya rekat yang lebih baik dari karet alam. Karet Alam Siklis diaplikasikan sebagai perekat, tinta dan binder pada cat. Oleh karena karet siklis merupakan polimer nonpolar dengan energi permukaan yang rendah sehingga menyebabkan interaksi antar-muka dan sifat adhesif yang rendah terutama bila dicampurkan dengan polimer polar sehingga karet siklis bersifat tidak kompatibel terhadap polimer polar seperti serat alam, material kayu dan lainlain. Untuk mengatasi permasalahan ini, modifikasi dari struktur kimia karet siklo menjadi penting untuk dilakukan (R.E Dibyantini, *dkk*, 2013 ).

Modifikasi Karet Alam Siklis dengan Teknik Pencangkokan (*Grafting*) menggunakan monomer Anhidrat Maleat telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Eddiyanto *dkk*, 2012, Siregar, M. Said *dkk*, 2014 dan 2015). Pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis telah dilakukan dalam fase larutan, menggunakan pelarut toluena dengan kehadiran inisiator dikumul peroksida. Berdasarkan hasil karakterisasi produk pencangkokan dengan spektrofotometer FT-IR dilaporkan bahwa pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet Alam

Siklis berhasil dilakukan. Penentuan derajat pencangkakan dilakukan dengan metode titrasi dan analisis spektra FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat pencangkakan adalah 0,14% dengan waktu 90 menit (Eddiyanto *dkk.*, 2012).

Berdasarkan penjelasan diatas maka peneliti akan melakukan pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis dalam fase leleh (*molten state*) didalam pencampuran internal dengan dan tanpa adanya kehadiran inisiator devinilbenzen, kemudian dipelajari sifat-sifat thermal produk pencangkakan dengan metode Thermogravimetri (TGA).

### **Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui sifat thermal produk pencangkakan Karet Alam Siklis dengan variasi konsentrasi Anhidrat Maleat menggunakan metode Thermogravimetri.
2. Mengetahui sifat thermal produk pencangkakan Karet Alam Siklis dengan variasi konsentrasi Anhidrat dan penambahan komonomer Divinilbenzena.

### **Hipotesa Penelitian**

1. Ada pengaruh konsentrasi Anhidrat Maleat terhadap sifat thermal menggunakan metode Thermogravimetri.
2. Ada pengaruh konsentrasi Divinilbenzen terhadap sifat thermal menggunakan metode Thermogravimetri.

**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.

## TINJAUAN PUSTAKA

### **Karet Alam**

Karet alam merupakan polimer alami yang diperoleh dari getah tanaman atau disebut dengan lateks. Terdapat sekitar 2000 tanaman yang dapat menghasilkan lateks. Diantara tanaman tersebut, *Hevea brasiliensis* merupakan tanaman yang paling potensial untuk menghasilkan lateks. Lateks adalah suatu istilah yang dipakai untuk getah yang dihasilkan dari pohon karet yang diperoleh ketika pohon karet disadap. Lateks terdapat tidak hanya pada bagian kulit pohon, tetapi juga pada daun dan integumen biji karet. Lateks merupakan suatu sistem koloid yang tersusun atas partikel karet dan bukan karet (White *dkk*, 2001).

Lateks adalah suatu istilah yang dipakai untuk menyebut getah yang di keluarkan dari pohon karet. Lateks merupakan suatu larutan koloid dengan partikel karet yang berisi  $\pm 30\%$ . Pada dasarnya karet memiliki sifat elastis. Sifat elastis tersebut berhubungan dengan viskositas karet. Pada tanaman karet, lateks dibentuk dan terakumulasi dalam sel-sel pembuluh lateks yang tersusun pada setiap jaringan bagian tanaman, seperti pada bagian batang dan daun. Biasanya lateks disadap dengan mengiris sebagian dari kulit batang pohon karet. Penyadapan pohon karet harus dilakukan secara hati-hati karena kesalahan dalam penyadapan dapat membahayakan bahkan mematikan pohon karet. Berikut ini merupakan gambar pohon yang menghasilkan lateks.



Gambar 1. Lateks Karet Alam

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

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

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

(Thio Goan Loo, 1980)

Lateks karet alam yang berasal dari tumbuhan karet pada umumnya diolah menjadi lateks pekat dan karet kering, tergantung penggunaannya. Karet kering merupakan produk utama, sekitar 90% yang dihasilkan dan dikategorikan menjadi beberapa jenis. Di Indonesia, produk karet kering dikenal dengan nama Standard Indonesian Rubber (SIR), SIR 10, SIR 20, SIR 30. Dimana angka mengacu pada kandungan maksimum pengotor yang terdapat dalam produk (Thio Goan Loo, 1980).

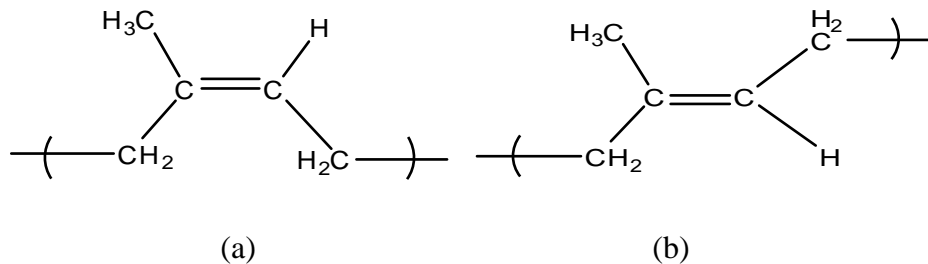
Dalam memproduksi karet alam indonesia memiliki peraturan terhadap mutu nasional karet yang biasanya disebut Standar Indonesia Ruber (SIR) dalam penetapan SIR mengacu kepada SNI 06-2047 (standar bahan olahan karet). Berikut ini merupakan ketentuan SIR.



Tabel 2. 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

Secara kimia, Karet alam dapat diartikan sebagai polimer isoprene ( $C_5H_8$ ) yang mempunyai bobot molekul yang besar, susunannya adalah  $-CH - C(CH_3) = CH - CH_2 -$ . Karet Hevea yang diperoleh dari pohon *Hevea Brasiliensis* adalah bentuk alamiah dari 1,4-polyisopren. Karet jenis ini memiliki ikatan ganda leih dari 98 % dalam konfigurasi cis nya yang penting bagi kelenturan atau elastisitas polyisoprena. Lebih dari 90 % cis-1,4 polyisoprena digunakan dalam industri karet Hevea (Tarachiwin dkk, 2005). 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)

### Sifat- Sifat Karet Alam

Pada dasarnya karet alam memiliki sifat-sifat seperti Warnanya sedikit kecoklatan, tembus cahaya atau setengah tembus cahaya, da memiliki berat jenis 0,91-0,93. Sifat mekanik karet alam tergantung pada derajat vulkanisasi, sehingga dapat dihasilkan banyak jenis sampai jenis yang kaku seperti ebonite. Temperatur

penggunaan yang paling tinggi biasanya sekitar  $99^{\circ}\text{C}$ , selain itu karet alam akan mengalami pelunak pada suhu  $130^{\circ}\text{C}$  dan terurai sekitar  $200^{\circ}\text{C}$ . Sifat isolasi listriknya berbeda karena pencampuran dengan aditif. Namun demikian, karakteristik listrik pada frekuensi tinggi, jelek. Sifat kimia karet alam sangat jelek terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Karet alam dapat larut dalam hidrokarbon, ester asam asetat, dan sebagainya. Karet berasal dari getah karet atau lateks (Dede Yunus, 2013).

### **Penggunaan Karet Alam**

Dalam memproduksi barang-barang industri biasanya salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Karet alam. Karet alam merupakan bahan baku yang didapat dari alam. Secara umum alat-alat yang dibuat dari karet alam sangat berpengaruh dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri seperti ban mobil, sarung tangan dan lain sebagainya. Selain itu karet alam juga dapat menghasilkan produk komersial seperti sol sepatu, segel karet, instalasi listrik, pipa karet, kabel, isolator, bahan-bahan pembungkus logam, aksesoris olah raga dan lain-lain (Djoehana Setyamidjaja, 1993).

### **Modifikasi Karet Alam**

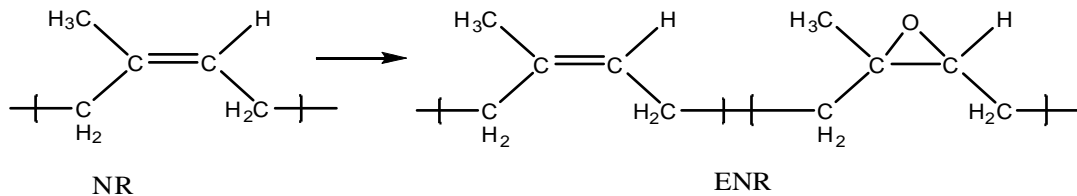
Modifikasi karet alam merupakan proses perubahan karet alam yang dapat dilakukan secara proses fisis maupun dengan reaksi kimia. Tujuan dari modifikasi karet alam adalah untuk memperbaiki sifat-sifat karet alam sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis produk barang jadi karet. Hasil modifikasi kimia karet alam yang diaplikasikan sebagai bahan adhesive, tinta cetak dan industri cat adalah karet siklo. Karet alam dengan struktur ikatan karbon rantai

terbuka diubah menjadi struktur tertutup yang disebut sebagai karet siklis (Elvri Melliaty S, 2015).

Modifikasi karet alam dapat menghasilkan karet alam cair (*Liquid Natural Rubber/LNR*), yaitu produk karet alam yang diperoleh dengan proses depolimerisasi menghasilkan oligomer karet alam dengan berat molekul lebih rendah dari polimernya. Karet alam cair merupakan bentuk karet alam yang sudah lama dikenal yaitu pada tahun 1923 ketika pertama kali diproduksi secara komersial dengan nama dagang DPR oleh Hardman. Secara umum LNR diproduksi dengan cara pemutusan rantai poliisoprena secara oksidatif. Pada awalnya metode yang digunakan untuk membuat LNR adalah dengan mengolah karet alam pada suhu 0-80°C dengan kehadiran garam logam berat yang larut dalam minyak, seperti kobal linoleat atau naftalena sehingga karet alam terdegradasi. Kemudian produk degradasi dilarutkan dalam petroleum eter dengan konsentrasi 20% dan viskositas sekitar 3000 poise pada suhu 25°C. LNR ini agak kental berwarna jingga sampai kuning dan mengandung 10% oksigen (Hussin Mohd. Nor dan John R. Ebdon, 1998).

Beberapa modifikasi kimia karet alam yang telah dilakukan adalah dengan epoksidasi. Epoksidasi adalah reaksi oksidasi ikatan rangkap oleh oksigen aktif membentuk senyawa epoksida. Pada umumnya, epoksidasi minyak menggunakan hidrogen peroksida sebagai pereaksi. Sifat hidrogen peroksida sebagai oksidator tidak cukup kuat sehingga ditransformasi ke bentuk yang lebih aktif (asam peroksi) (R.E Dibyantini *dkk*, 2013 ).

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



Gambar 3. Reaksi epoksidasi karet alam

Produk karet alam epoksidasi dikenal dengan karet yang tahan terhadap minyak. Sifat produk ini dibanding karet alam adalah memiliki ketahanan minyak (*oil resistance*) lebih baik, permeabilitas gas rendah, suhu transisi gelas (Tg) lebih tinggi dan stabilitas termal yang lebih baik (Seng Neon Gan dan Z.A. Hamid, 1997).

### Karet Alam Tersiklis

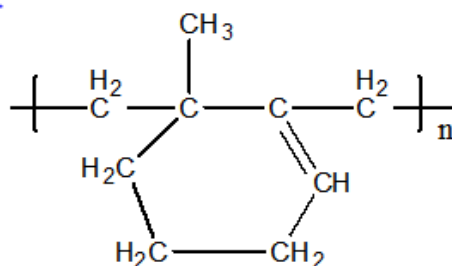
Karet alam tersiklis (Karet Alam Siklis) merupakan produk modifikasi karet alam yang dihasilkan melalui suatu proses yang disebut siklisasi. Menurut Naunton (1961), proses tersebut yang dilakukan dengan cara memanaskan karet alam yang telah dicampur katalis asam, menyebabkan berubahnya struktur molekul karet alam dari struktur semula berupa rantai lurus menjadi rantai siklis. Proses siklisasi akan merubah karet alam menjadi bahan baru yang sifatnya berbeda, karena produknya berupa resin sintetik atau bahan termoplastik, yang kaku tetapi agak rapuh, memiliki daya rekat kuat yang mampu merekatkan karet pada logam, mudah bercampur dengan karet, dan masih dapat divulkanisasi. Dengan sifatnya tersebut karet alam siklis berpotensi mensubstitusi sejumlah

resin dan karet sintetis impor, yang selama ini digunakan dalam industri perekat/ pelapis.

Beberapa peneliti telah berhasil membuat karet alam siklis melibatkan katalis yang berbeda seperti  $P_2O_5$  (Tumorsski, 1961),  $SnCl_4$  ( Lee, D.F., 1963 dan Mirzataheri, 2000).

Bahan baku karet yang digunakan untuk menghasilkan karet siklo adalah karet yang telah dihilangkan proteinnya atau disebut sebagai *Deproteinized Natural Rubber*. Reaksi siklisasi karet alam dengan menggunakan katalis asam sulfat dilangsungkan dalam fasa larutan dengan menggunakan pelarut toluene dan xilen (Mirzataheri, 2000).

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 rangkat yang terjadi dalam reaksi siklisasi bervariasi sekitar 40-90% (Lee, 1963).



Gambar 4. Struktur siklik karet alam siklis

Karet alam siklis pada beberapa tahun belakanga ini banyak digunakan sebagai pengikat (*binder*) pada campuran cat dan tinta cetak (*printing ink*), hal ini di karena karet alam siklis memiliki sifat yang khas. Sifat khas yang dimiliki karet alam yaitu ringan, kaku, tahan terhadap abrasi (daya gesek) dan mempunyai daya rekat yang baik terhadap berbagai material seperti logam, kayu, kaca, plastik, kulit, tekstil dan kertas (M. Said.,*dkk*, 2012).

### **Grafting (Pecangkakan)**

*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* (RE Diblyantini, 2013 ).

Teknik pencangkakan telah dilakukan dengan menggunakan inisiator panas (Yao Zhen.,*dkk*, 1998). Bahan kimia, radiasi, fotokimia, induksi plasma dan enzimatik (Bhatttacharya A. dan Misra B. N., 2014).

### **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 Zhen *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**

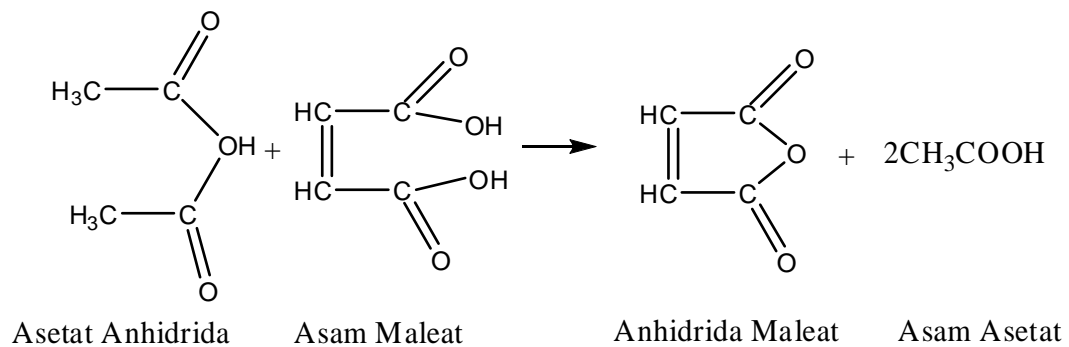
Metode ini merupakan metode yang cukup baru. Prinsipnya enzim menginisiasi reaksi grafting kimia/elektrokimia. Contohnya, tirosin dapat mengkonversi fenol menjadi o-kuinon yang reaktif. Kemudian mengalami reaksi non-enzimatik dengan kitosan (Bhattacharya, A. dan B. N. Misra, 2004).

### **Anhidrida Maleat**

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

Anhidrida Maleat juga dikenal dengan nama lain yaitu: cis-butenadioat Anhidridaa, Anhidridaa 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.



Gambar 5. Reaksi pembentukan Anhidrida Maleat

Tabel 3. Sifat-sifat Anhidrida Maleat (HSDB, 1995)

No	Sifat	Keterangan
1	Deskripsi	Tak berwarna atau padatan putih
2	Rumus Molekul	$\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$
3	Berat Molekul	98,06 g/mol
4	Titik Didih	202 °C
5	Titik Leleh	52,8 °C
6	Kelarutan	Larut dalam air, eter, asetat, kloroform, dioksan, aseton, benzen, toluen dan o-xylen

### 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 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).

Pencangkakan Anhidrida maleat pada low density polietilena (LDPE) dengan kehadiran dikumul peroksida dalam fase cair menghasilkan produk yang kemudian digunakan sebagai kompatibeliser pada campuran polietilen dengan poliamida 66. Juga dilaporkan bahwa reaksi berlangsung dalam pencampur internal dan ekstruder ganda (*twin-extruder*) dan disampaikan kinetika reaksi pencangkokannya (J. Cha, J. L. White, 2001).

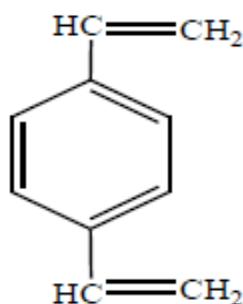
Pencangkakan Anhidrida maleat pada polimer menggunakan sistim ekstruder screw ganda (*twin-screw extruder*) sangat menguntungkan untuk memproduksi material baru secara komersial. Twin-screw extruders berfungsi sebagai reactor aliran kontinu berperan penting dalam produksi material termoplastik berkinerja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

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).

### **Divinilbenzena**

Rumus molekul devinilbenzena  $C_{10}H_{10}$  titik didihnya  $195\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tidak larut dalam air dan larut dalam etanol dan eter dan memiliki titik nyala  $76\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Divinilbenzena merupakan zat pengikat silang yang juga meningkatkan sifat polimer. Divinilbenzen telah digunakan dalam pabrik perekat, plastik, elastomer, keramik pelapis, katalis, membran, farmasi, polimer khusus, dan resin penukar ion. Pada pabrik plastik, divinilbenzen digunakan dalam industri plastik untuk mengikat silang dan memodifikasi material-material dan untuk membantu proses kopolimerisasi. Devinilbenzen terdiri dari suatu cincin benzen yang diikat dua gugus vinil (Amir Hamzah, 2010). Dimana stuktur divinilbenzen dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Divinilbenzen

Tabel 4. Sifat-sifat Divinilbenzen

Sifat	Keterangan
Deskripsi	Larutan bening
Bentuk molekul	130,19g/mol
Titik didih	195°C
Titik cair	-66,9 sampai -55 °C
Kelarutan	Larut dalam etanol, dan eter, tidak larut dalam air

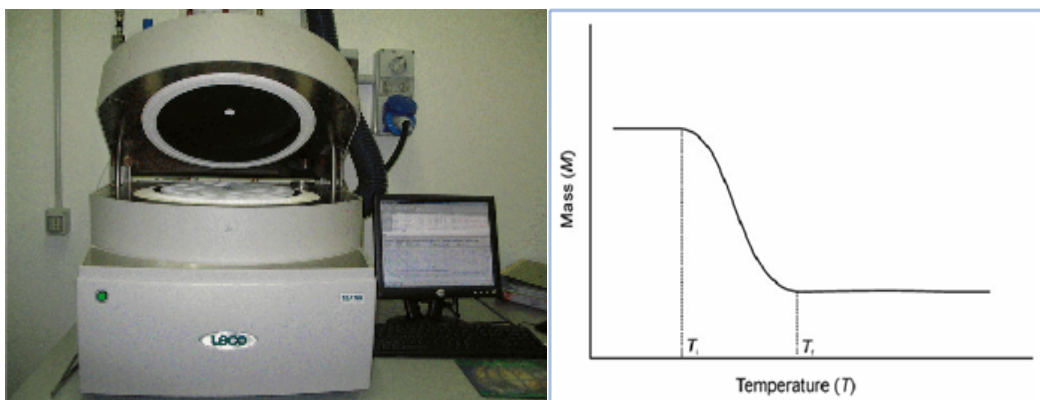
(Amir Hamzah, 2010)

### Thermogravimetri

Thermogravimetri analisa atau sering disingkat TGA adalah jenis pengujian yang dilakukan pada sampel untuk menentukan perubahan berat-susut (*weight-loss*) dalam kaitannya dengan perubahan suhu. Analisa tersebut bergantung pada tingkat presisi yang tinggi dalam tiga pengukuran: berat, suhu

dan perubahan. TGA umumnya di gunakan dalam penelitian dan pengujian untuk menentukan karakteristik bahan seperti polimer, untuk menentukan suhu degradasi, bahan menyerap kadar air, tingkat komponen anorganik dan organik (Mei Viantikasari, 2013).

Analisa thermal gravimetri adalah metode analisis yang menunjukkan sejumlah urutan dari lengkungan thermal, kehilangan berat dari bahan setiap tahap, dan suhu awal penurunan Analisis thermal gravimetri di lakuka untuk menentukan kandungan pengisi dan kesetabilan thermal dalam suatu bahan. Prinsip kerja dari metode TGA adalah pemanasan dari suatu bahan pada tempat khusus dengan suhu dan waktu tertentu, hingga mengalami penurunan pada massanya (Suyitno, 2009).



Gambar 7. (a) Alat analisis Thermogravimetri dan (b) kurva Thermogravimetri

### Reaksi Dekomposisi

Reaksi dekomposisi adalah reaksi dimana senyawa terurai menjadi lebih sederhana. Reaksi dekomposisi memerlukan penambahan energi, ini mungkin berasal dari panas, arus listrik atau sumber lainnya. Seperti pada penelitian sebelumnya pada karet alam siklis dengan menggunakan metode

Thermogravimetri dimana Pada suhu 115°C sampai 277°C terjadi pengurangan massa sampel 2,2% sampai 4%. Kemudian pada suhu 340°C sampai 518°C terjadi pengurangan massa sampel 96% sampai 98%. Selanjutnya pada suhu 664°C ditemukan sampel sisa (*signal value*) 1,7% sampai 2,5%. Pengurangan massa sampel pada suhu 115°C sampai 277°C ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel. Terdapatnya *mosture* dalam sampel dimungkinkan karena sampel disimpan dalam wadah yang dapat kontak dengan udara pada saat penyimpanan, setelah dikeringkan dalam oven dan sebelum dilakukan karakterisasi thermal TGA. Hal ini diduga bahwa sampel mengalami penguraian/dekomposisi (Siregar M. Said, 2014).

## 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 - Januari 2019.

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Anhidrida Maleat, divinilbenzen, Aseton dan Xylen dan Karet alam siklis. Karet alam siklis yang digunakan adalah produk komersial yang diproduksi oleh Pabrik Resiprena, PT Industri Karet Nusantara, Sei Bamban, Tebingtinggi, Sumatera utara, Indonesia. Dengan nama dagang Resiprena 35 (R-35)

### Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah Neraca Analitis Alat-alat Gelas, Oven, Alat Pemanas, Internal Mixer dan Themogravimetri.

### Prosedur Kerja

#### Persiapan Alat Pencampur Internal (*internal mixer*) Brabender Plasticorder

Reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada karet alam siklis dilakukan di dalam pencampur internal Brabender plastograp, Duisberg, Germany, dengan dan tanpa inisiasitor devinilbenzen serta dengan dan tanpa kehadiran komonomer styrena. Selanjutnya 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 divinilbenzena**

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 penambahan inisiasi devinilbenzena**

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 devinilbenzen dengan variasi (0,5%, 1% dan 2%) 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*).

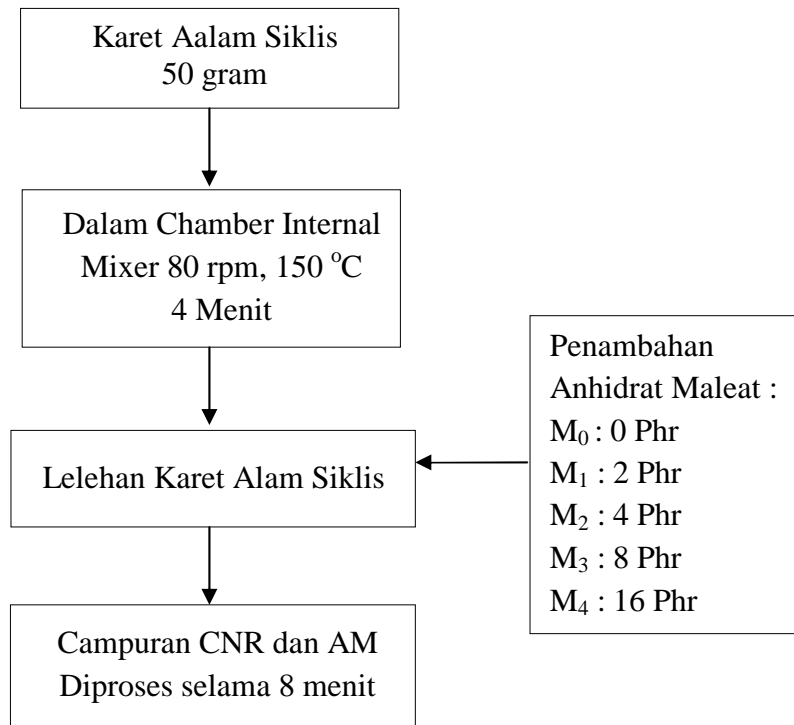
### **Pemurnian produk Reaksi pencangkakan**

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 100 °C selama 24 jam.

### **Karakteristik**

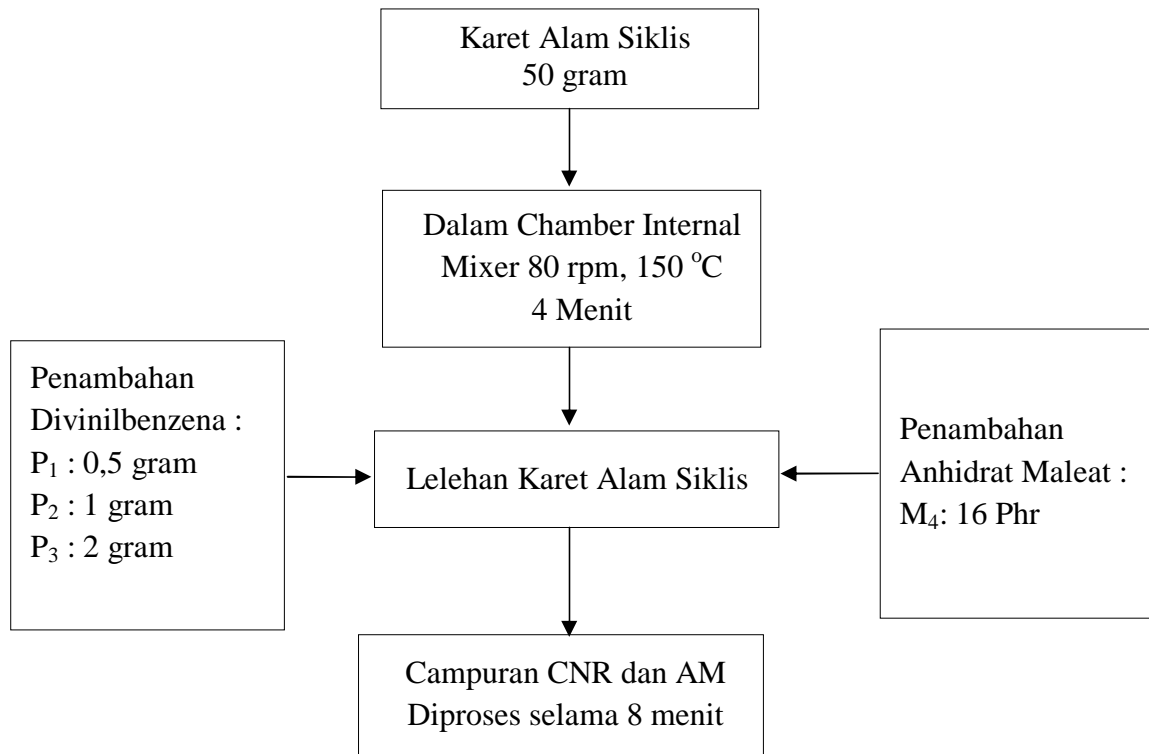
#### **Analisa Thermogravimetri**

Sebanyak 5 mg sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik. Haluskan sampel menggunakan Alu Mortar. Kemudian masukan sampel kedalam cawan kecil dari bahan alumina Selanjutnya alumina dan bahan uji dimasukkan kedalam alat thermogravimetri (letakkan cawan yang berisi sampel diatas papan timbangan). Timbangan harus dalam keadaan nol dan wadah sampel dipanaskan (50-500 °C). Selanjutnya timbangan akan mengirimkan sinyal berat pada komputer sebagai penyimpan, berupa temperatur sampel dan waktu.

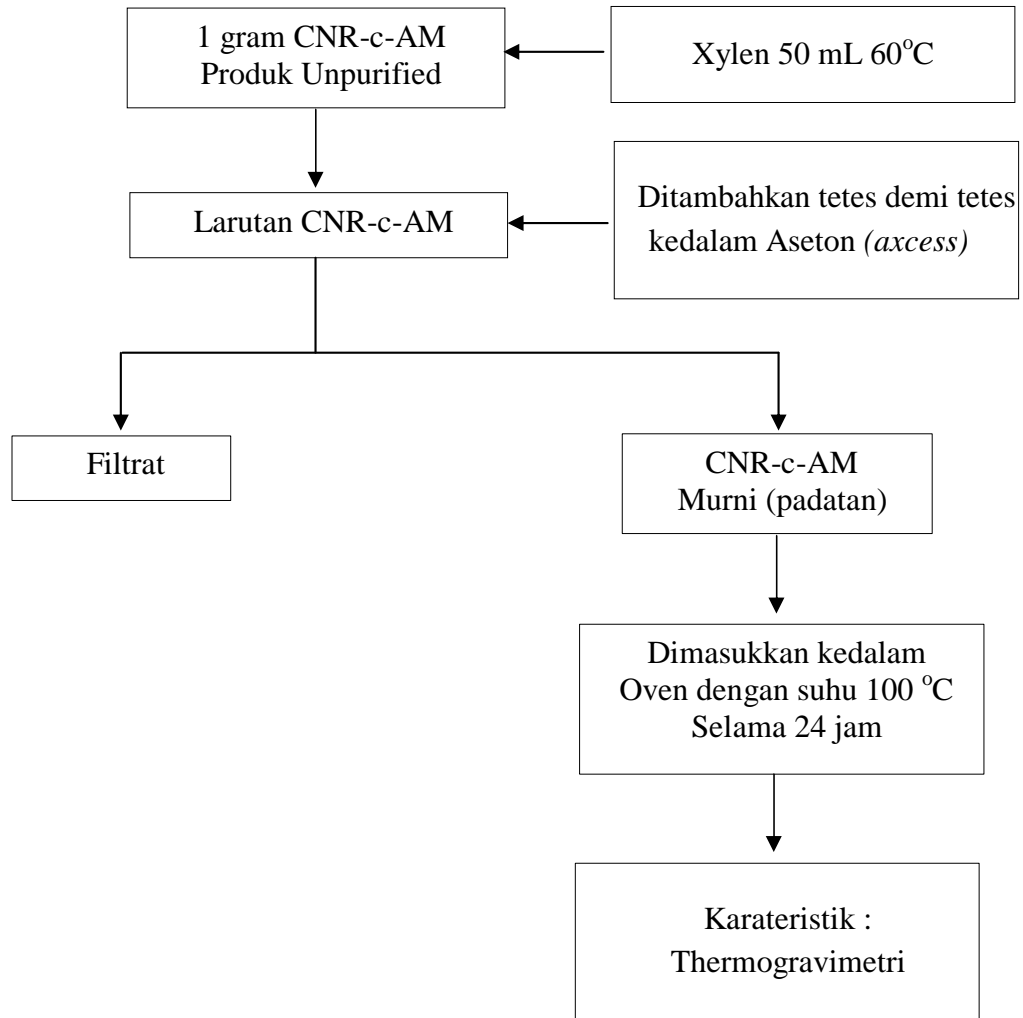


Gambar 8. Diagram Alir Pencangkokan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Tanpa Devinilbenzena.





Gambar 9. Diagram Alir Pencangkokan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam dengan Penambahan Divinilbenzena.



Gambar 10. Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

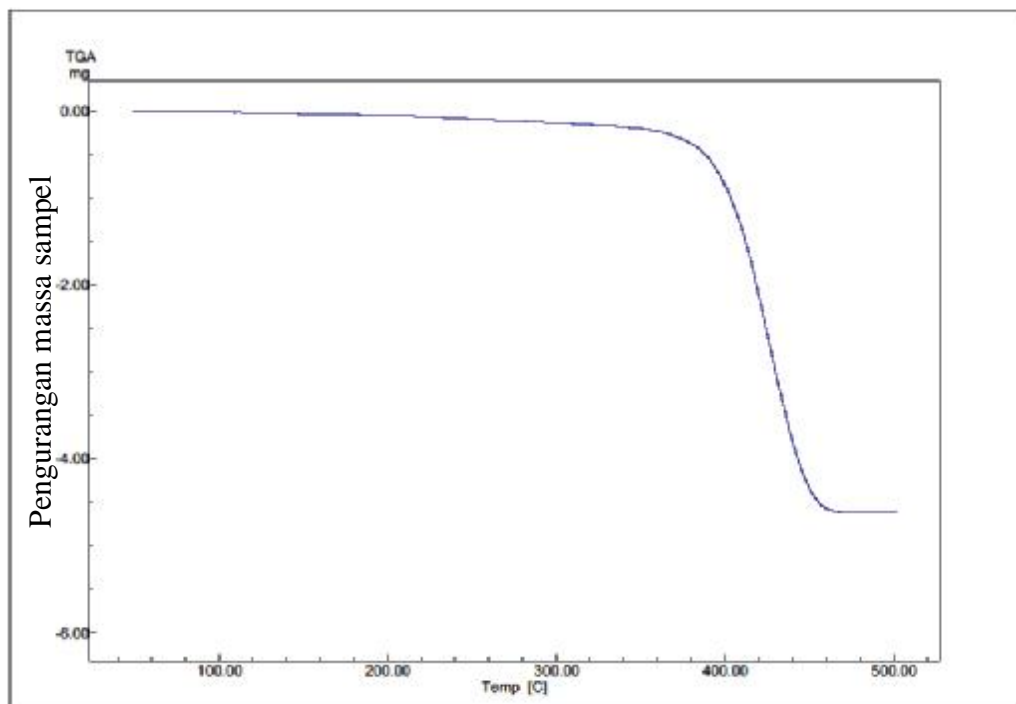
### Thermogravimetric Analysis (TGA)

Analisa thermal gravimetri merupakan metode analisis yang menunjukkan sejumlah urutan dari lengkungan thermal, kehilangan berat dari bahan setiap tahap, dan suhu awal penurunan. Analisis thermal gravimetri dilakukan untuk menentukan kandungan pengisi dan kesetabilan thermal dalam suatu bahan. Prinsip kerja dari metode TGA adalah pemanasan dari suatu bahan pada tempat khusus dengan suhu dan waktu tertentu, hingga mengalami penurunan pada massanya (Suyitno, 2009).

Reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis dilakukan di dalam pencampur internal (*Internal Mixer*) dengan kondisi tertentu sesuai rancangan percobaan. Pada tahap awal dilakukan proses di dalam pencampur internal menggunakan sampel KAS segar (*fresh*) tanpa adanya penambahan monomer Anhidrat Maleat dan zat/pereaksi lain. Selanjutnya sampel ini yang dijadikan standar atau blanko sebagai pembandingan terhadap sampel-sampel yang diperlakukan sesuai dengan rancangan percobaan (Siregar M. Said, 2014).

Selanjutnya sampel standar atau Karet Alam Siklis segar dan semua sampel produk pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis (KAS-c-AM) dengan masing-masing penambahan Anhidrat Maleat sebanyak 2 Phr, 4 Phr, 8 Phr dan 16 Phr. Dan selanjutnya Karet Alam Siklis segar yang di tambahkan Anhidrat Maleat sebanyak 16 Phr ditambah divinilbenzen masing-masing 0,5 gram, 1 gram dan 2 gram dikarakterisasi dengan Thermogravimetric Analysis (TGA).

### Karet Alam Siklis Segar



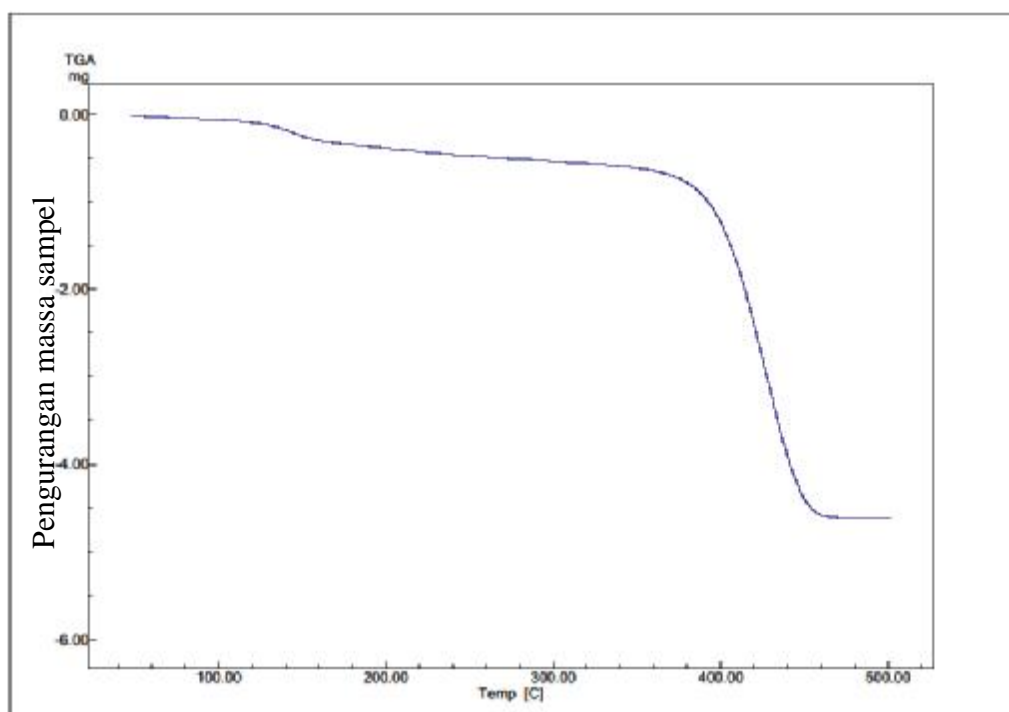
Gambar 11. Themogram Karet Alam Siklis Segar

Gambar 11 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu 100-250 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 0,4 – 2 %. Dan pada suhu 251-352 °C sampel mengalami pengurangan sebesar 2– 4,4 %. Pengurangan sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan massa sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel. Terdapatnya *mosture* dalam sampel dimungkinkan karena sampel disimpan dalam wadah yang dapat kontak dengan udara pada saat penyimpanan, setelah dikeringkan dalam oven dan sebelum dilakukan karakterisasi thermal TGA.

Kemudian pada suhu 352 °C sampai dengan 498 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel. Sampel segar mengalami pengurangan massa sebesar 92,8 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah sampel mengalami dekomposisi. Reaksi dekomposisi adalah reaksi dimana senyawa terurai menjadi lebih sederhana M. Said Siregar (2014). Pada pemanasan suhu 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) sebesar 7,2 %.

### Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr



Gambar 12. Themogram Karet Alam siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 2 phr

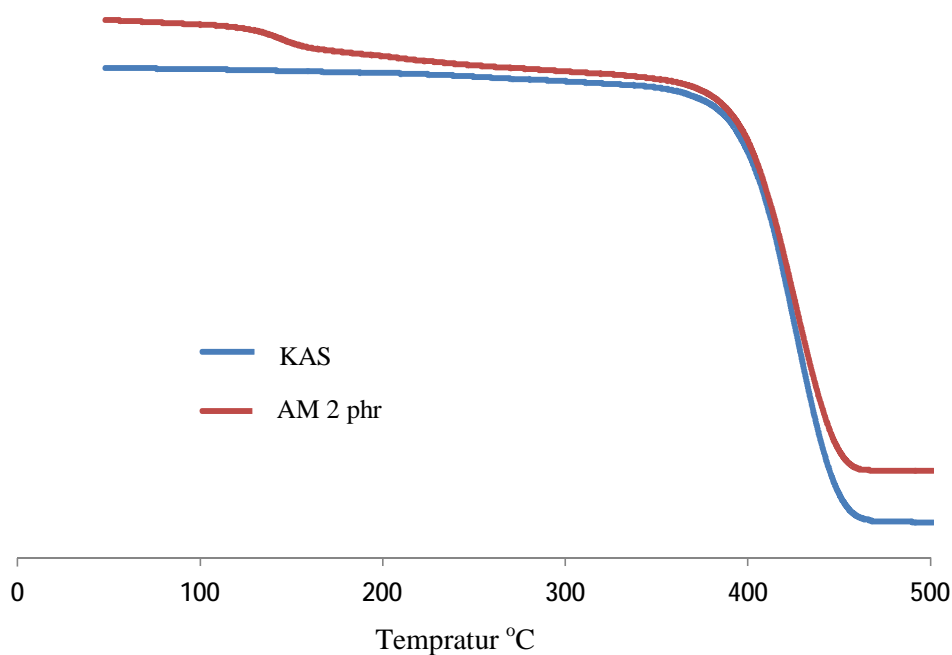
Gambar 12 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan Metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 12 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu 110-250 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 1,2 – 9,6 %. Dan pada suhu 251-352 °C sampel mengalami pengurangan sebesar 9,6 % – 12,4 %. Pengurangan sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang

mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan massa sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel.

Kemudian pada suhu 352°C sampai dengan 466°C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel. Sampel mengalami pengurangan massa sebesar 92,2 %. Hal ini diduga bahwa sampel mengalami dekomposisi. Reaksi dekomposisi adalah reaksi dimana senyawa terurai menjadi lebih sederhana M. Said Siregar (2014). Pada pemanasan suhu 466 – 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) sebesar 7,8 %.

#### **Karet Alam Siklis Segar dan Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 Phr.**



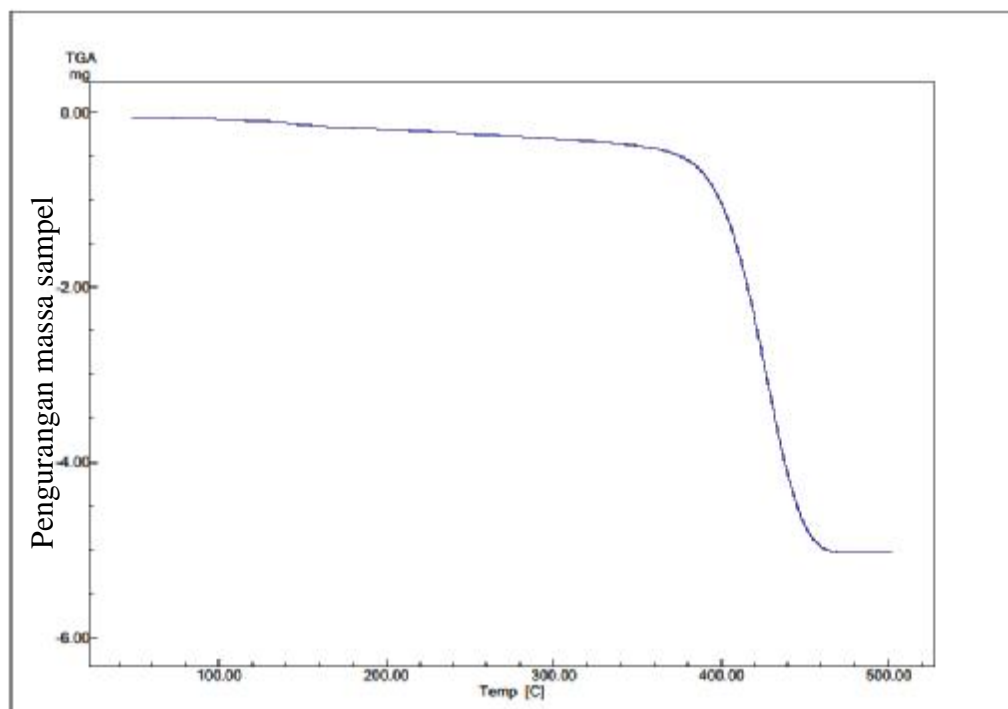
Gambar 13. Themogram gabungan KAS Segar dan KAS Tercangkok AM 2 Phr.

Gambar 13 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 13 karet Alam Siklis segar dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu 100 - 250 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 0,4 - 1 %. Pada suhu 251 – 352 °C sampel mengalami pengurangan massa sebesar 1 - 4,2 %. Pada Karet Alam Siklis tercampok Anhidrat Maleat 2 Phr dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu 110 - 250 °C, sampel mengalami pengurangan massa sebesar 1,2 – 9,6 %. Pada suhu 250 -365 °C sampel mengalami pengurangan massa sebesar 9,6 – 12,4 %. Seperti penjelasan diatas Pengurangan massa sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*moisture*) yang terdapat bersama sampel. Terdapatnya *moisture* dalam sampel dimungkinkan karena sampel disimpan dalam wadah yang dapat kontak dengan udara pada saat penyimpanan, setelah dikeringkan dalam oven dan sebelum dilakukan karakterisasi thermal TGA.

Kemudian pada suhu 452 °C sampai dengan 466 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada kedua sampel. Sampel Karet Alam Siklis segar mengalami pengurangan massa sebesar 92,8 %. Sedangkan sampel yang sudah diproses dalam pencampur internal mengalami pengurangan massa sebesar 92,2 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah kedua sampel mengalami dekomposisi. Dan pada suhu 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) untuk sampel segar dan sampel yang sudah diproses di dalam pencampur internal, masing-masing 7,2 % dan 7,8 %.

### Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 Phr



Gambar 14. Themogram Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 Phr.

Gambar 14 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan metode Thermogravimetri analisis.

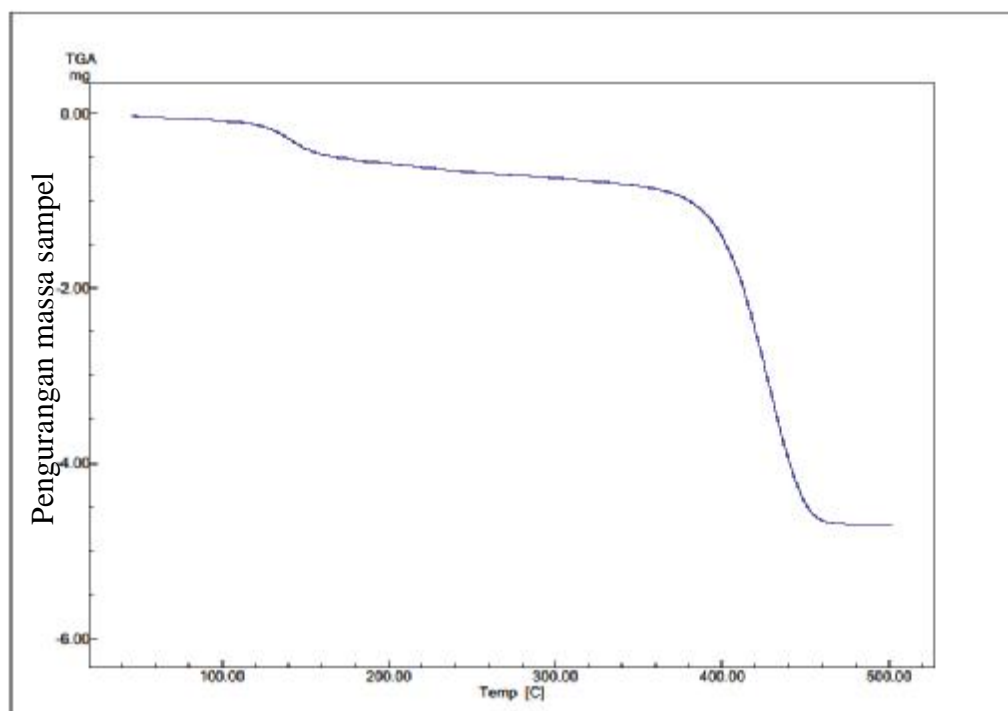
Pada gambar 14 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu 100 - 150 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 1,6 – 2,8 %. Pada suhu 251 - 358 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 5 – 8,2 %. Pengurangan massa sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel.

Kemudian pada suhu 358 °C sampai dengan 497 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel yang ditambahkan anhidrat maleat sebanyak 4 phr. Sampel tersebut mengalami 91 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah sampel



mengalami dekomposisi. Pada pemanasan suhu 497 - 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) untuk sampel yang ditambahkan anhidrat maleat sebanyak 4 Phr sebesar 9 %.

### Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 8 Phr



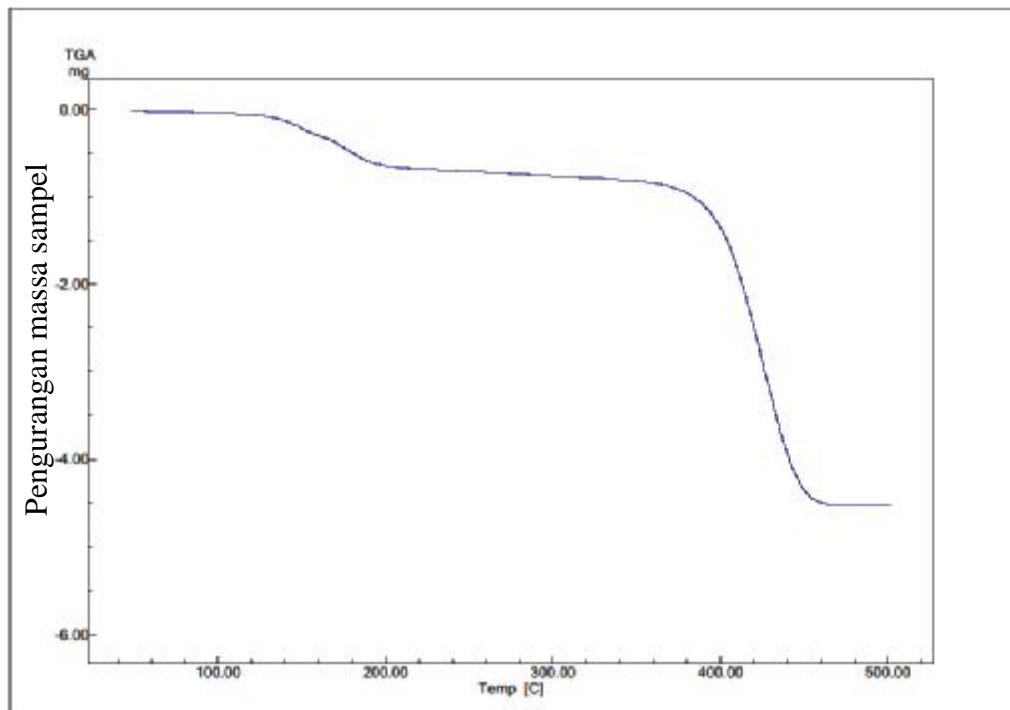
Gambar 15. Themogram Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 8 Phr.

Gambar 15 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 15 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu awal yaitu 100 - 150 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 1,6 – 3,8 %. Pada suhu 151 - 353 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 4 – 9,6 %. Pengurangan sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan massa sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel.

Kemudian pada suhu 353 °C sampai dengan 498 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel yang ditambahkan anhidrat maleat sebanyak 8 phr. Sampel tersebut mengalami pengurangan sebesar 90,8 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah sampel mengalami dekomposisi. Pada pemanasan suhu 498 - 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) untuk sampel yang ditambahkan anhidrat maleat sebanyak 8 Phr sebesar 9,2 %.

### Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 Phr



Gambar 16. Thermogram Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 phr.

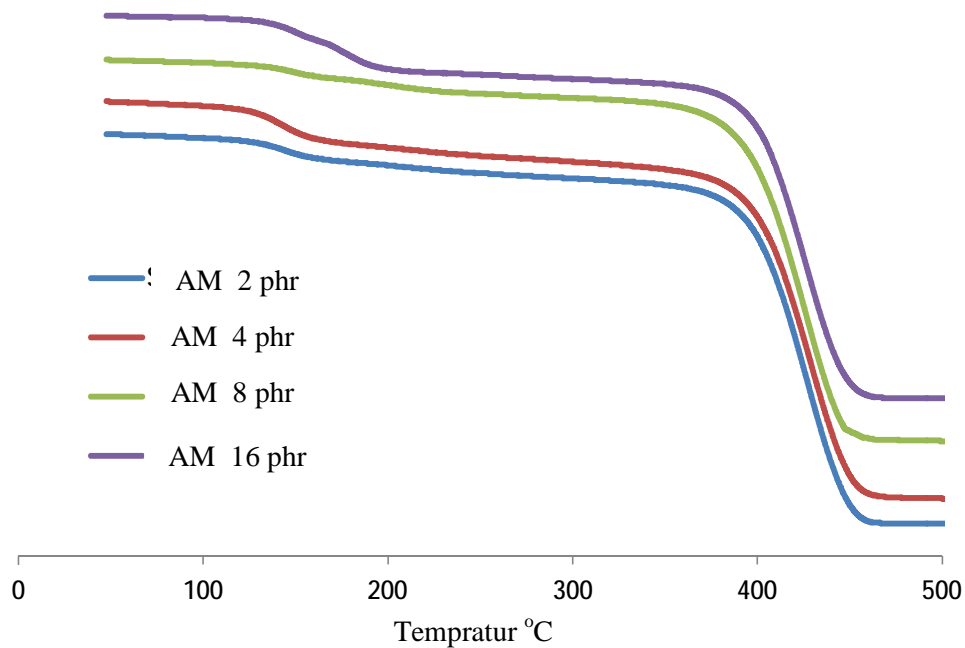
Gambar 16 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 16 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa sampel pada suhu 121 - 178 °C, masing-masing sampel mengalami pengurangan sebesar 1,4 % - 9,8 %. Dan pada suhu 179 - 383 °C, masing-masing sampel mengalami pengurangan sebesar 9,8 - 19,8 %. Pengurangan sampel ini diduga karena terjadi

penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel.

Kemudian pada suhu 400 – 462 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel yang ditambahkan anhidrat maleat sebanyak 16 phr. Sampel tersebut mengalami pengurangan sebesar 90,6 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah sampel mengalami dekomposisi. Pada pemanasan suhu 467 - 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) untuk sampel yang ditambahkan anhidrat maleat sebanyak Phr sebesar 9,4 %.

**Karet Alam Siklis dengan penambahan AM sebanyak 2 phr, 4 phr, 8 phr dan 16 phr.**



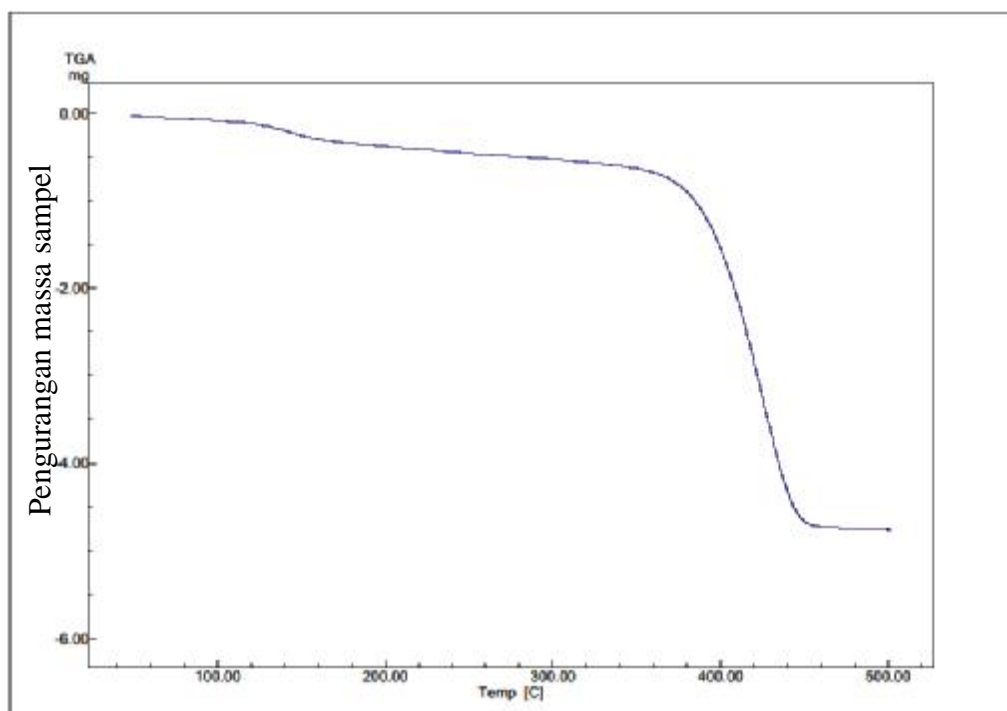
Gambar 17. Thermogram gabungan Karet Alam Siklis dengan penambahan AM sebanyak 2 phr, 4 phr, 8 phr dan 16 phr.

Thermogram TGA produk reaksi pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis untuk semua variasi konsentrasi monomer diperlihatkan seperti pada gambar 17. Dari thermogram TGA pada gambar 17 dapat dilihat bahwa terjadi kecenderungan yang sama untuk semua sampel. Baik sampel Karet Alam Siklis tanpa penambahan Anhidrat Maleat maupun sampel Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan Anhidrat Maleat (2 Phr, 4 phr, 8 Phr dan 16 phr) yaitu memperlihatkan perubahan pada kisaran suhu dan kuantitas yang hampir sama. Ditemukan dua fase suhu pengurangan massa sampel yaitu: suhu 100-an sampai 200-an dan suhu 300-an sampai 500-an. Pada suhu 100 °C sampai 277 °C terjadi pengurangan massa sampel 0,99 mg. Kemudian pada suhu 353 °C sampai 498 °C terjadi pengurangan

massa sampel 92,2 % sampai dengan 90,6 % . Selanjutnya pada suhu diatas 500an ditemukan sampel sisa (*signal value*) 7,8 % sampai 9,4 %.

Umumnya dapat dinyatakan bahwa sifat thermal Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan monomer anhidrat maleat sebanyak (2 Phr, 4 Phr, 8 Phr dan 16 Phr) di dalam pencampur internal memiliki sifat thermal yang hampir sama, ada perubahan sifat thermal dengan adanya reaksi pencangkakan di dalam pencampur internal berdasarkan karakteristik Thermogravimetri. Konsentrasi Anhidrat Maleat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal karet alam siklis bila dilihat dari garis kurva thermogravimetri dan besaran perubahan kadar sampel seperti juga dapat dilihat dalam Gambar 17. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nakason, *dkk* (2006) semangkin tinggi kadar Anhidrat Maleat yang di-*graft* pada NR maka semangkin besar derajat *grafting* NR-g-MAH. Hal ini dikarenakan perbedaan berat molekul dan sifat karet alam yang dimodifikasi sehingga mempengaruhi rantai cabang yang terbentuk. *Grafting* kimia merupakan salah satu cara modifikasi karet alam yang dilakukan melalui perubahan struktur molekul karet dengan penambahan gugus baru pada molekul (Pascual, 2005). *Grafting* kimia berfungsi untuk mencapai suatu morfologi yang seimbang yang akan memberikan tegangan halus pada karet dan digunakan untuk menahan tegangan (kerusakan) yang lebih besar (Zhong, 1998).

**Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 Phr dan devinilbenzen 0,5 gram.**



Gambar 18. Thermogram Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 Phr dan devinilbenzen 0,5 gram.

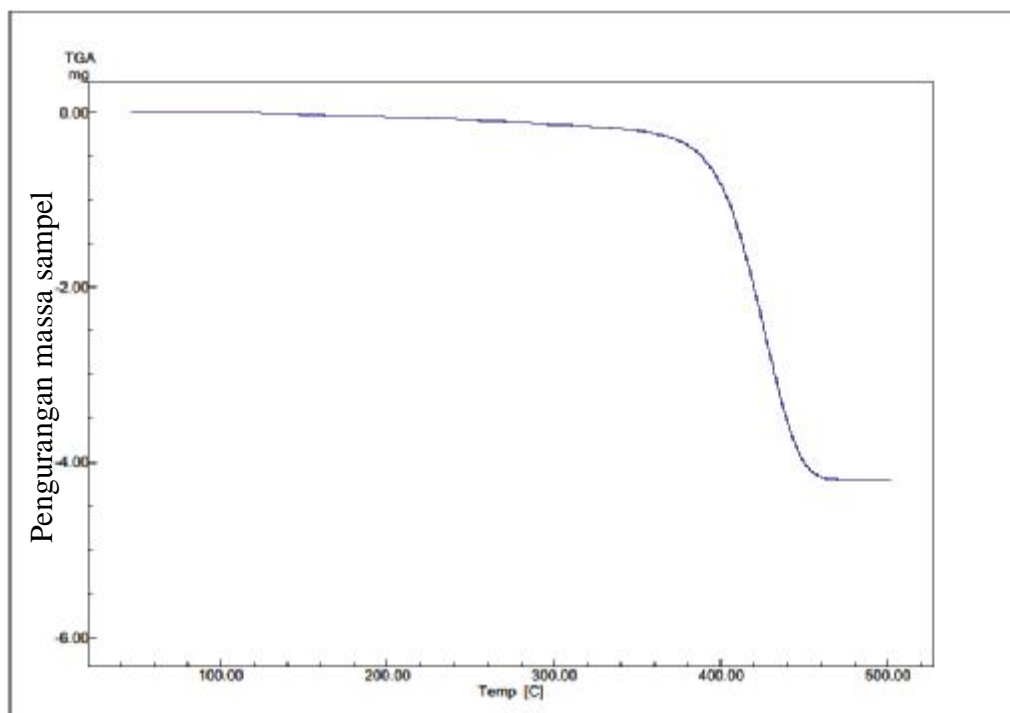
Gambar 18 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan Metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 18, Karet Alam Siklis yang ditambahkan Anhidrat Maleat 16 Phr dan inisiator devinilbenzen 0,5 gram mengalami perubahan massa sampel pada suhu 107 - 140 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 1,8 – 4 %. Pada suhu 141 - 382 °C sampel mengalami pengurangan sebesar 4 – 18,8 %. Pengurangan massa sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*moisture*) yang terdapat bersama sampel. Terdapatnya *moisture* dalam sampel dimungkinkan karena sampel disimpan dalam wadah yang dapat

kontak dengan udara pada saat penyimpanan, setelah dikeringkan dalam oven dan sebelum dilakukan karakterisasi thermal TGA.

Kemudian pada suhu 382 °C sampai dengan 471°C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel. Sampel mengalami pengurangan massa sebesar 90,2 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah sampel mengalami dekomposisi. Reaksi dekomposisi adalah reaksi dimana senyawa terurai menjadi lebih sederhana (M. Said Siregar, 2014). Pada pemanasan suhu 471 - 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) sebesar 9,8 %.

#### **Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 Phr dan devinilbenzen 1gram**



Gambar 19. Themogram Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 Phr dan devinilbenzen 1 gram.

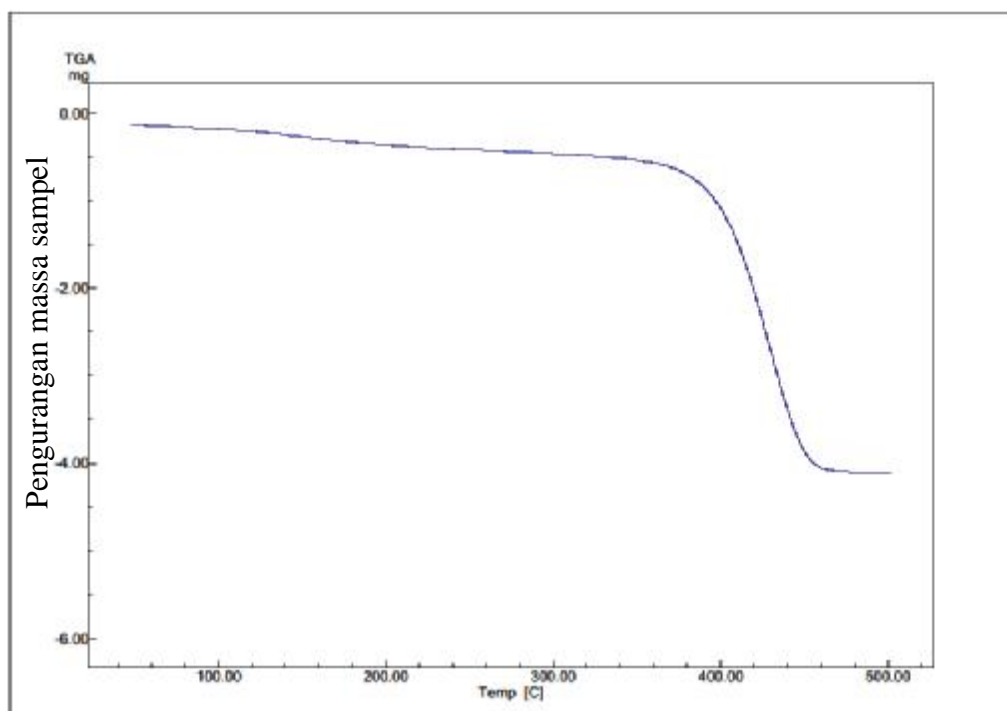
Gambar 19 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan Metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 19, karet alam siklis yang ditambahkan anhidrat maleat 16 Phr dan inisiator devinilbenzen 1 gram mengalami perubahan massa sampel pada suhu 100 -150 °C, sampel mengalami pengurangan sebesar 0,2 – 0,6 %. Pada suhu 151-382 °C sampel mengalami pengurangan masing-masing sebesar 0,6 – 8,6 %. Pengurangan sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan massa sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel. Terdapatnya *mosture* dalam sampel dimungkinkan karena sampel disimpan dalam wadah yang dapat kontak dengan udara pada saat penyimpanan, setelah dikeringkan dalam oven dan sebelum dilakukan karakterisasi thermal TGA.

Kemudian pada suhu 382 °C sampai dengan 468 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel. Sampel mengalami pengurangan massa sebesar 84,2 %. Hal ini diduga penyebabnya adalah sampel mengalami dekomposisi. Reaksi dekomposisi adalah reaksi dimana senyawa terurai menjadi lebih sederhana (M. Said Siregar, 2014). Pada pemanasan suhu 470 – 501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) sebesar 15,8 %.



### Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 Phr dan kehadiran devinilbenzen 2 gram



Gambar 20. Themogram Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 Phr dan kehadiran devinilbenzen 2 gram.

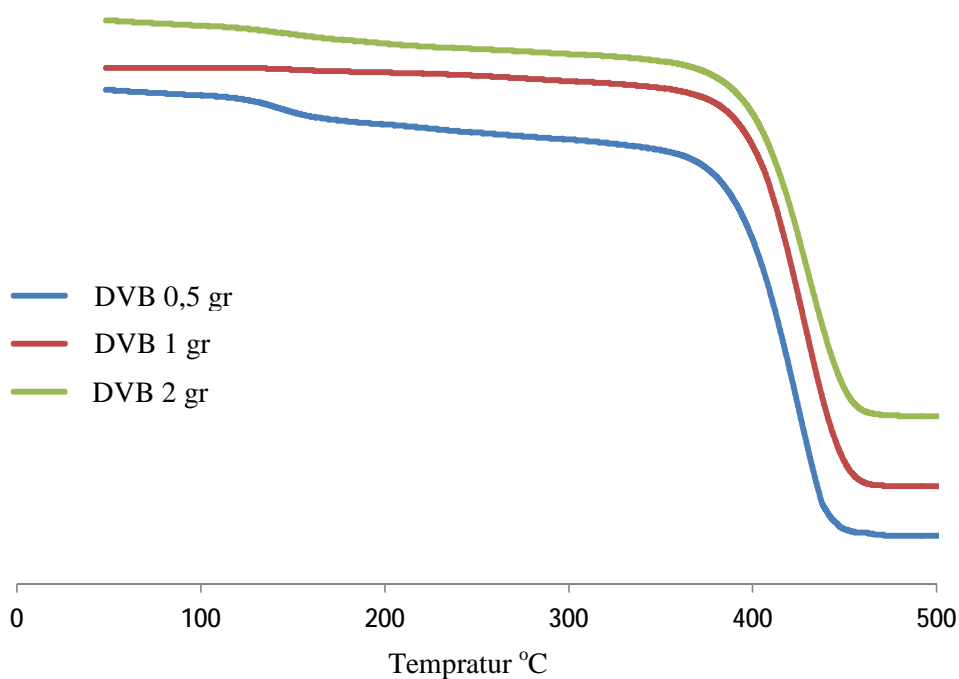
Gambar 20 menjelaskan karakteristik sifat thermal Karet Alam Siklis dengan Metode Thermogravimetri analisis.

Pada gambar 20, Karet Alam Siklis yang ditambahkan Anhidrat Maleat 16 Phr dan inisiator devinilbenzen 2 gram mengalami perubahan massa sampel pada suhu 100 - 200 °C, sampel mengalami pengurangan masing-masing sebesar 3,6 – 7,2 %. Dan pada suhu 200 - 383 °C sampel mengalami pengurangan masing-masing sebesar 7,2 % - 14, 8 %. Pengurangan sampel ini diduga karena terjadi penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap. Hal ini sesuai dengan pernyataan Siregar M. Said (2014), bahwa pengurangan massa sampel terjadi karena penguapan senyawa-senyawa yang mudah menguap (*mosture*) yang terdapat bersama sampel. Terdapatnya *mosture* dalam sampel dimungkinkan karena sampel disimpan dalam wadah yang dapat kontak dengan udara pada saat

penyimpanan, setelah dikeringkan dalam oven dan sebelum dilakukan karakterisasi thermal TGA.

Kemudian pada suhu 384 – 479 °C terjadi pengurangan massa yang drastis pada sampel. Sampel segar mengalami pengurangan massa sebesar 82,2 %. Hal ini diduga bahwa sampel mengalami dekomposisi. Reaksi dekomposisi adalah reaksi dimana senyawa terurai menjadi lebih sederhana (M. Said Siregar, 2014). Pada pemanasan suhu 479 -501 °C ditemukan sisa sampel sebagai abu (*signal value*) sebesar 17,8 %.

**Karet Alam Siklis tercangkok AM 16 phr dengan kehadiran devinilbenzen yaitu: 0,5 gram, 1 gram dan 2 gram**



Gambar 21. Themogram gabungan Karet Alam Siklis tercangkok AM 16 phr dengan penambahan devinilbenzen 0,5 gram (1), 1 gram (2) dan 2 gram (3).

Thermogram TGA produk reaksi pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Aalam Siklis untuk semua variasi konsentrasi monomer diperlihatkan seperti pada gambar 21. Dari thermogram TGA pada gambar 21 dapat dilihat

bahwa terjadi kecenderungan yang sama untuk semua sampel. Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan anhidrat maleat 16 Phr dan ditambah divinilbenzen (0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram) memperlihatkan perubahan pada kisaran suhu dan kuantitas yang hampir sama. Ditemukan dua fase suhu pengurangan massa sampel yaitu: suhu 100-an sampai 200-an dan suhu 300-an sampai 500-an. Pada suhu 100 – 200 °C terjadi pengurangan massa sampel 0,2 % - 7,2 %. Kemudian pada suhu 340 - 498°C terjadi pengurangan massa sampel 82,2 % sampai dengan 90,2 % Selanjutnya pada suhu diatas 500an ditemukan sampel sisa (*signal value*) 9,8 % sampai dengan 17,8 %.

Secara umum dapat dinyatakan bahwa sifat thermal Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat 16 Phr dengan penambahan divinilbenzen sebanyak (0,5 gram, 1 gram dan 2 gram) memiliki sifat thermal yang hampir sama, ada terjadi perubahan sifat thermal dengan adanya penambahan divinilbenzen di dalam pencampur internal. Konsentrasi divinilbenzen yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik Thermogravimetri. Konsentrasi Divinilbenzen yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis bila dilihat dari garis kurva thermogravimetri dan besaran perubahan kadar sampel seperti juga dapat dilihat dalam Gambar 21. Hal ini sesuai dengan pernyataan I Putu Mahendra, *dkk* (2019), divinilbenzen dapat berperang sebagai agen pengikat silang yang berdampak pada meningkatnya jumlah molekul yang terikat pada rantai Resipren-35. Pemanfaatan divinilbenzen dalam reaksi memiliki kontribusi positif dengan meningkatnya nilai grafting. Pemanfaatan divinilbenzen sebagai agen pengikat silan didasari oleh

pemanfaatan stirena yang umumnya digunakan sebagai komonomer untuk meningkatkan peluang terjadinya grafting. Hal ini didasari gugus vinil yang terdapat pada stirena maupun divinilbenzen. Divinilbenzen merupakan molekul yang kaya dengan awan elektron sehingga kebolehdian terjadinya reaksi akan semannngkin tinggi.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh penambahan konsentrasi Anhidrat Maleat dan divinilbenzen dengan metode thermogravimetri dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan konsentrasi anhidrat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik Thermogravimetri.
2. Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat 16 Phr dengan penambahan divinilbenzen sebanyak 0,5 gram, 1 gram dan 2 gram memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik Thermogravimetri.

### **Saran**

1. Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan monomer yang berbeda dan jumlah konsentrasi yang berbeda.
2. Disarankan untuk menggunakan metode yang lain seperti FTIR atau DSC.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Malaika, 1997. *Reaktif Modifiers of Polimer*. Blackie Academi and Professional. London.
- Amit Bhattacharya dan B. N. Misra, 2004. Grafting : a versatile means to modify polymers, techniques, factor and applications, *prog. Polym. Sci.* 29:767814.
- Badan Standart Nasional, 2002. SNI 06-2047-2002 Tentang Bahan Olahan Karet. Hal 10.
- Bettini dan Agnelli J. A. M, 1999. Grafting Of Maleic Anhidrat Onto Polypropylene by Reactiv Processing. II. Efek of Rotor Speed and Reaction Time, *J. Appl. Polym. Sci.* 74. 256-263.
- Cifriadi Adi., dkk, 2011. Karakteristik Karet Siklo Berbasis Lateks Karet Alam Berbobot Molekul Rendah. *Jurnal Penelitian Karet*. PT. Riset Perkebunan Nusantara.
- Dibyantini R.E., dkk, 2013. Modifikasi Cyclic Natural Rubber (CNR) Melalui Metode Epoksidasi Dan Grafting Monomer Asam Akrilat Menggunakan Benzoil Peroksida (BPO). Universitas Negeri Medan. Medan.
- Eddyanto, 2007. *Functionalitation Of Polymers : Reactive Processing, Structure and Performance Characteristics*, Thesis, Aston University.
- Eddyanto., dkk, 2012. Grafting Maleat Anhidrat Pada Karet Alam Siklis (*cyclic Natural Rubber /CNR*) Dengan Inisiator Dicumyl Peroksida. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Flint, C. F. dan B. J. Eaton, 1938. *The Chemistry and Tecnology of Rubber Latex*. D. Van Nostrand Company, Inc., New york.
- Goutara., dkk, 1976. *Dasar Pengolahan Karet*. Departeman Teknologi Hasil Pertanian, IPB.
- Habibie, 2009. Mengenal Tnaman Karet <https://habibiezone.wordpress.com/2009/12/07/mengenal-tanaman-karet/>. Diakses pada tanggal 26 Oktober 2018.
- Hussin Moham Nor dan Jhon R. Ebdon, 1998. Telechetic Liquid Natural Rubber: A Roviev, *Prog. Polym. Sci.*, Vol. 23 143-177.
- 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).

- Jaehung Cha dan J. L. White, 2001. Maleic Anhydride Modification Of Polyolefin In An Internal Mixer and a Twin-Screw Extruder: Experiment and Kinetic Model, *Polymer Engineering and Science*. July 2001, Vol. 41, No. 7 pp. 1227-1237.
- Lee. D. F et all, 1963. The Cyclization of Natural Rubber. *Proceedings of the Royal Society of London*. The Royal Society. London.
- Mahendra, I Putu., Basuki Wirjoesono., Thamrin., Hanafi Ismail. 2019. Modifikasi Respirene -35 dengan Asam Metakrilat Melalui Teknik Pencangkakan Dalam Sistem Pelarut. Universitas Sumatera Utara.
- Melliaty S, Evi, 2015. Modifikasi Karet Alam Secara Reaksi Pemutusan Rantai dan Siklisasi Untuk Menghasilkan Karet Siklo. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Mirzataheri, M., 2000. The Cyclization of Natural Rubber, *Iran J. Chem & Chem Eng.*, Vol. 19.
- Nakason, C., A. Kaesman., Z. Samoh., S. Homsin., S. Kiatkomjornwong., 2002. Rheological properties of maleated natural rubber and natural rubber blends, *Polymer Testing* 21: 449-445.
- Nakason, C., A. Kaesaman., P. Supasanthitkul., (2004), The grafting of maleic anhydride onto natural rubber. *Polymer Testing* 23; 35-41.
- Nakason, C., S. Saiwaree., S Tatum., A. Kaesaman., 2006. Rheological, thermal and morphological propeties of maleated natural rubber and its reactive blending with poly (methyl metharylate), *polymer Testing* 25: 656-667.
- Naunton, W.J.S. 1961 *The Applied Science of Rubeer*. Edward Arnold (Publisher) Ltd., London. 90-99. White. dkk, 2001. *Rubber Technologist's Handbook*. Rapra Technology LTD, UK.
- Pascual, S., Derouet, D., & Phiniocheep, P. 2005. Polymer Grafied Natural Rubber by Radicar Controlled Grafting, Thai-French Seminar, Rubber: from Trees to End-Products. Bangkok, 20-21 June 2005.
- 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.
- Seng Neon Gan dan Z.A. Hamid, 1997. Partial Conversion of Epoxide Groups to Diol In Epoxidized Natural Rubber. *Polymer* Vol. 38 No. 8 1952-1956.
- Setyamidjaja, Djoehana. 1993. *KARET (Budidaya dan Pengolahan)*. Penerbit kanisius. Yokyakarta.

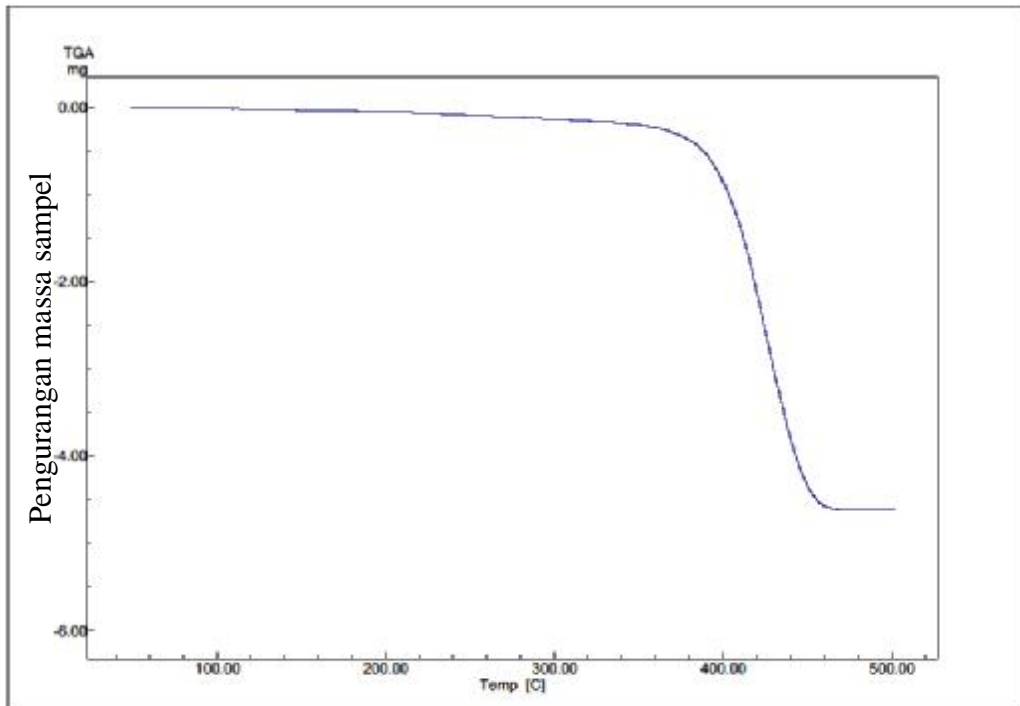
- S. N. Shate, G.S. Srinivasa Rao, S. Devi. 1994. Grafting of Maleic Anhydride Onto Polypropylen: Syntheseis and Characterization. *J. Appl. Poly. Sci* 53: 249-2345
- Siregar, Said M., Thamrin, Basuki W.S dan Eddyanto. 2012. Modifikasi Kimia Karet Alam Siklis (Cyclic Natural Rubber/CNR) Dengan Teknik Grafting: Menggunakan Monomer Metil Metakrilat dan Inisiator Benzoil Peroksida. *Agrium*. 17 : 172-173.
- Siregar, Said M. 2014. Modifikasi dan Karakterisasi Karet Alam Siklis (Respiren 35) dengan Anhidrat Maleat sebagai substituen Bahan Pengikat Cat Sintetis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Siregar, Said M., Thamrin, Basuk W.S., Edd iiyanto,J.A. Mendez. 2015. Grafting of Maleic Anhydride Onto Cyclized Natural Rubber by Reactive Processing : The Effect of Peroxide, Cemistry and Material Research.
- Steven. 2001. Kimia Polimer. Sopyan I, penerjemah; Erlangga. Jakarta. Terjemahan dari *Polymer Chemistry: An Intoduction*.
- Suyitno. 2009. Perumusan Laju Reaksi dan Sifat-Sifat Pirolisis Lambat Sekam Padi Menggunakan Metode Analisis Thermogavimetri. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Tahid dkk, 1995. Modifikasi Karet Alam secara Hidrogenasi. Simposium Nasional Himpunan Polimer Indonesia 1995.
- Tarachiwin, L., Sakdapipanich, J., Ute, K., Kitayama, T., Tanaka, Y. 2005. Structural Characterization of a-terminal Group of Natural Rubber 2:Decompotition of Branch-Points by phospholipase and Chemical Treatments. *Biomarco Molecules*.
- Thio Goan Loo, 1980. Tuntunan Praktis Mengelola Karet Alam. PT. Kinta. Jakarta.
- Tumorrski dkk, 1961. Cyclization of Diene Polymer I: Cyclization of Natural Rubber in Phenol Solution. Moscow Instit//ute of Fine Chemical Technology. Moscow.
- Viantika Mei, 2011. Analisis Thermogravimetri. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponogoro.
- Xianru., dkk. 2013. Solution Grafting of Maleic Anhydride on LDPE : Effect on Crystallization Behavior. *Journal of Macromolecular Science Part B : Physics* 52 (9) : 1265- 1282.
- Yunus, Dede, 2013. Sifat Karet.<http://karetller.blogspot.com/2012/11/sifat-karet.html>. diakses Pada Tanggal 27 Oktober 2018.



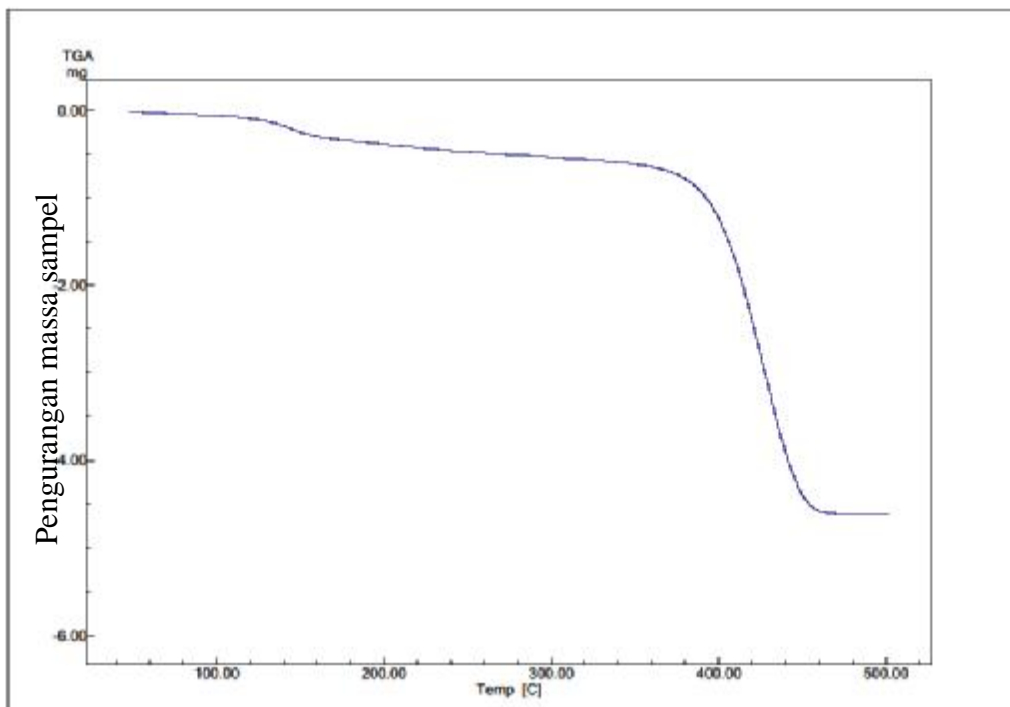
- Zhen Yao., dkk, 1998. Semicontinuous The Bulk Copolymerization of Styrene and Maleic Anhydride: Experiments And Reactor Model. J appl polym Sci 67: 1905-1912.
- Zhong, Z., S., Zheng, K., Yang, dan Guo, Q. 1998. Miscibility Phase Behavior and Mechanical Propeties of Ternary Blends of Poly (Vinyl Cholride/Plystyrene/Chlorinated Polyethlene-Graf.
- White, J. R., De, S. K., 2001. Rubber Technologist's Handbook, Rapra Technology LTD, UK.

Lampiran 1.

Karet Alam Siklis Segar

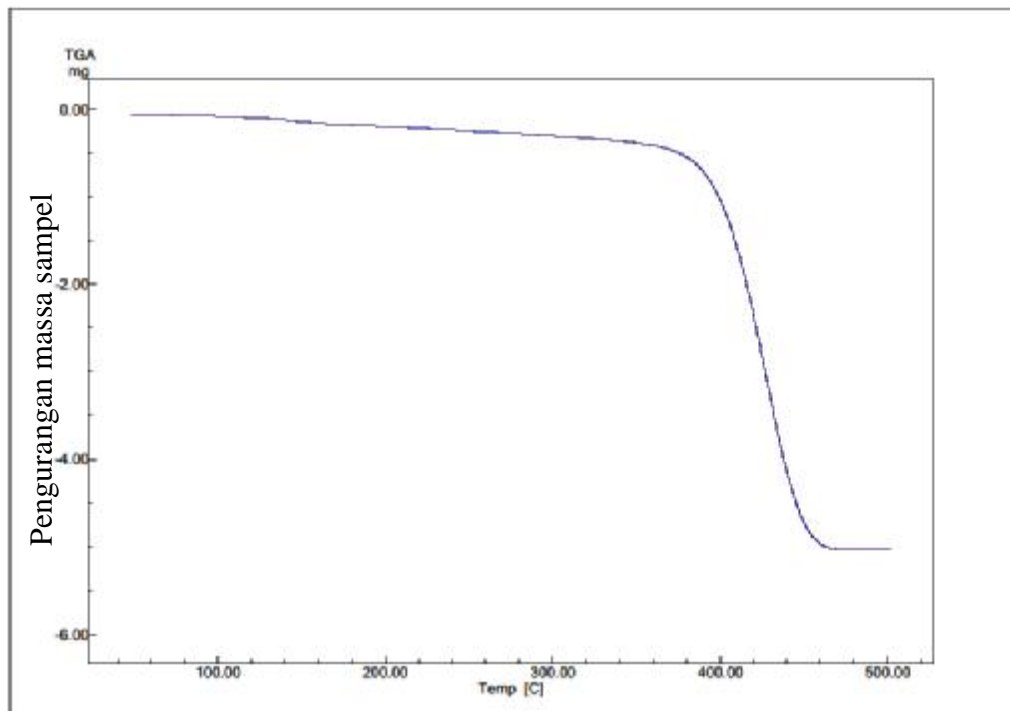


Karet Alam Siklis dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr

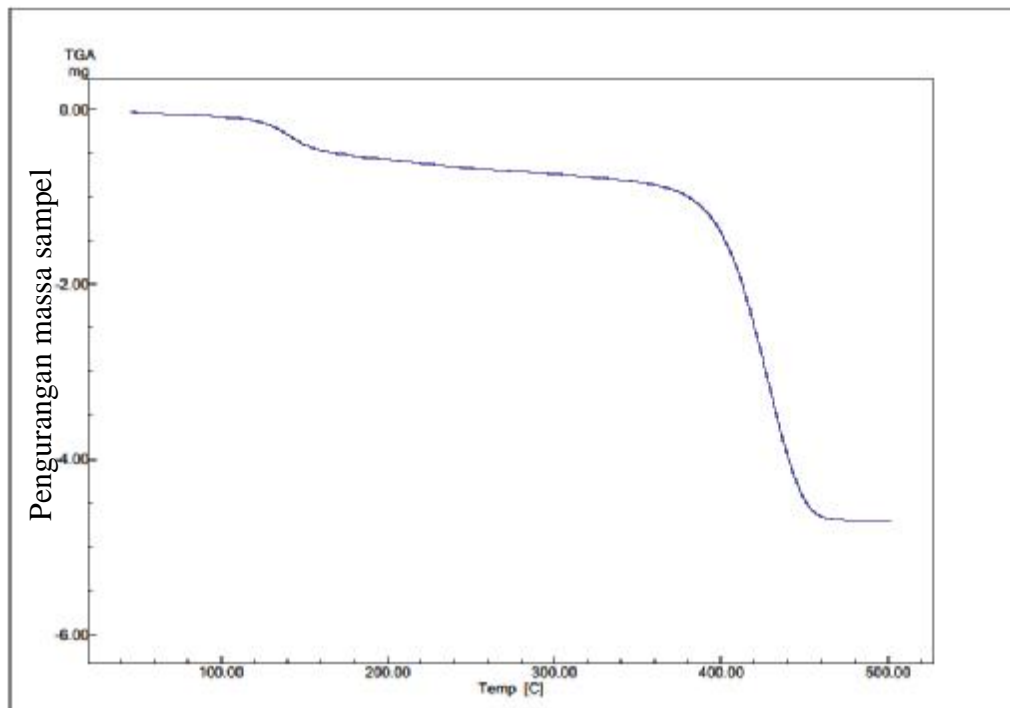


Lampiran 2.

Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 Phr

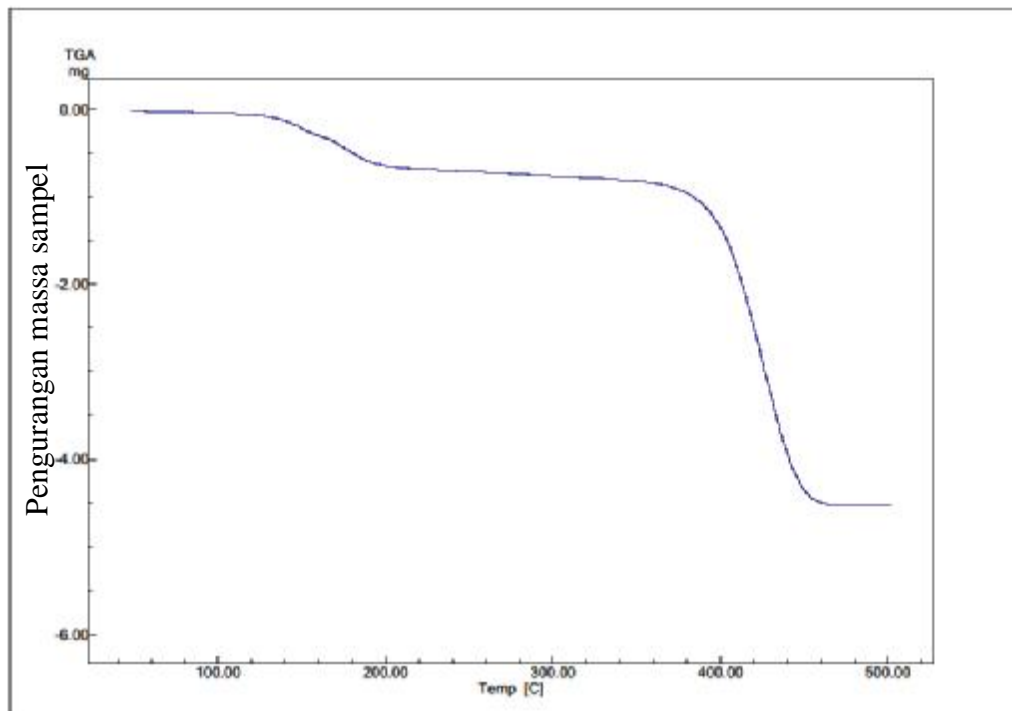


Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 8 Phr

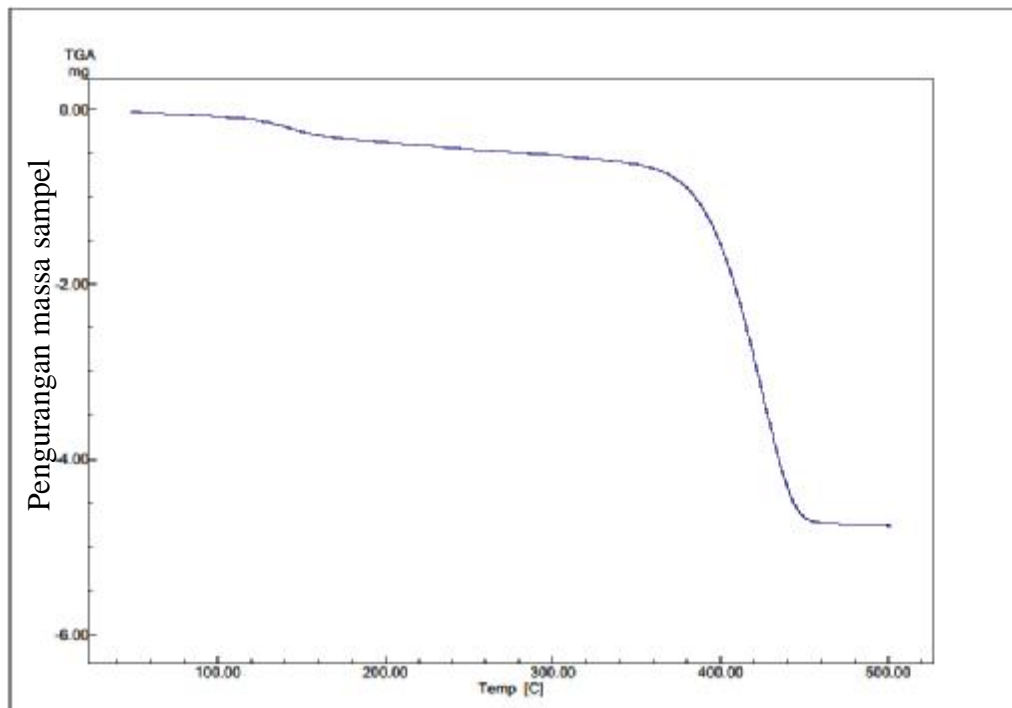


## Lampiran 3.

Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 Phr

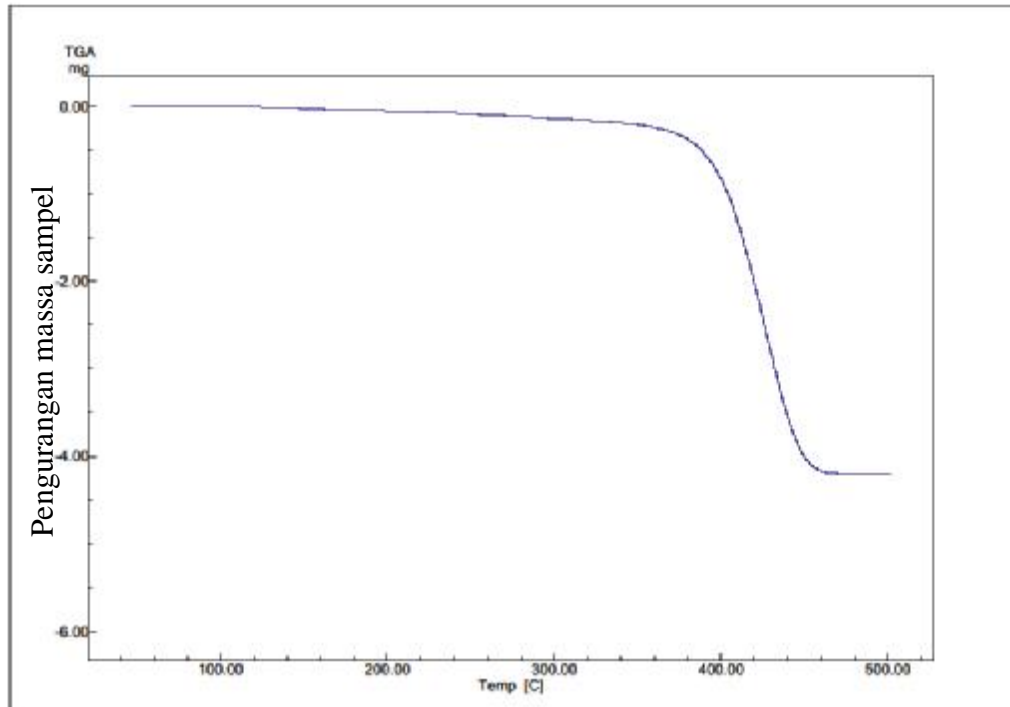


Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 Phr dan devinilbenzen 0,5 gram.



Lampiran 4.

Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 Phr dan devinilbenzen 1gram



Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 Phr dan kehadiran devinilbenzen 2 gram

