

**STUDI SIFAT THERMAL PRODUK PENCANGKOKAN
ANHIDRA MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS DENGAN
METODE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY**

S K R I P S I

Oleh:

**ENISA CITA MENTARI
1504310013
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

STUDI SIFAT THERMAL PRODUK PENCANGKOKAN
ANHIDRA MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS DENGAN
METODE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY

SKRIPSI

Oleh:

ENISA CITA MENTARI
1504310013
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



Dr. Ir. Desi Ardila, M.Si.
Anggota

Disahkan Oleh :
Dekan



Ir. Asritanegara Mumar, M.P.

Tanggal Lulus 07-10-2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : ENISA CITA MENTARI
NPM : 1504310013

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul PENGARUH STUDI SIFAT THERMAL PRODUK PENCANGKOKAN ANHIDRA MALET PADA KARET ALAM SIKLIS DENGAN METODE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

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

Medan, 07 Oktober 2019

Yang menyatakan



ENISA CITA MENTARI

RINGKASAN

Penelitian ini berjudul "Studi Sifat Thermal Produk Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Siklis dengan Metode Differential Scanning Calorimetry". Penelitian ini dibimbing oleh Bapak Dr. Muhammad Said Siregar, M.Si selaku ketua komisi pembimbing dan Ibu Dr. Ir. Desi Ardila, M.Si selaku anggota komisi pembimbing.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi reaksi Anhidrat Maleat Terhadap Sifat Thermal dan mengetahui pengaruh konsentrasi Devinil Benzen terhadap sifat thermal dengan metode DSC.

Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrida Maleat yang tercangkok (derajat pencangkakan) pada Karet Alam Siklis. Penambahan Anhidrat Maleat dengan konsentrasi M1 : 2phr, M2 : 4phr, M3 : 8phr, M4 : 16phr. Derajat pencangkakan ditentukan dengan metode Differential Scanning Calorimetry. Untuk meningkatkan derajat pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis dilakukan dengan penambahan komonomer Divinil Benzen dengan variasi P1 : 0,5gr, P2 : 1gr, P3 : 2gr. Hasil analisa dengan metode DSC memberikan kesimpulan sebagai berikut.

Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan konsentrasi anhidrat maleat dengan konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik DSC. Hal ini dapat dilihat bahwa pada karet alam siklis dengan penambahan AM 16 phr mengalami peningkatan suhu Tg dari 67,55°C menjadi 69,46°C. Sedangkan 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 DSC sebesar 2 gram mengalami peningkatan Tg dari 69,51°C menjadi 70,56 °C.

RIWAYAT HIDUP

Enisa Cita Mentari, Dilahirkan di Bandar Khalipah, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara pada tanggal 30 Juli 1997. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Ayahanda Edi Sarwan dan Ibunda Rubiah. Bertempat tinggal di jalan Pusaka Komplek Perumahan Mutiara Biru Blok E no. 32 Desa Kampung Kolam Kecamatan Percut Sei Tuan.

Adapun pendidikan yang pernah ditempuh Penulis adalah :

1. SD Negeri 107399 Bandar Khalipah Desa Bandar Khalipah, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara (Tahun 2004-2010).
2. Madrasah Tsanawiyah (MTS) Al- Jam'iyatul Washliyah Desa Bandar Khalipah, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara (Tahun 2010-2012).
3. SMA Swasta Teladan Tembung Medan (Tahun 2012-2015).
4. Diterima sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada tahun 2015.

Adapun kegiatan dan pengalaman Penulis yang pernah diikuti selama menjadi mahasiswa antara lain :

1. Mengikuti Kegiatan Penyambutan Mahasiswa Baru Masa TA'ARUF (MASTA).

2. Mengikuti Perlombaan Recycle Fashion Dalam Rangka IMM Karnaval 3 Sebagai Harapan 1
3. Melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT. Riset Perkebunan Nusantara (Pusat Penelitian Kelapa Sawit), Kabupaten Kota Madya Sumatera Utara pada tanggal 15 Januari – 10 Februari 2018.

Penulis

Enisa Cita Mentari

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia dan hidayah-Nya serta kemurahann-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan proposal yang berjudul **“STUDI SIFAT THERMAL PRODUK PENCANGKOKAN ANHIDRA MALEAT PADA KARET ALAM SIKLIS DENGAN METODE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY”**.

Saya menyadari bahwa materi yang terkandung dalam SKRIPSI ini masih jauh dari kata kesempurnaan dan masih banyak kekuarangan, hal ini karena disebabkan karena terbatasnya kemampuan dan masih banyaknya kekurangan saya. Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca.

SKRIPSI ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi strata 1 (S1) di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Teristimewa Ayahanda dan Ibunda yang telah banyak memberikan dukungan moril dan materil yang tak terhingga serta do'a restu sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Bapak Dr. Agussani, M.AP., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Ibu Ir.Asritanarmi, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Ibu Dr. Ir. Desi Ardilla, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian yang telah membantu, membimbing dan memberi motivasi serta do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Bapak Dr. Muhammad Said Siregar S.Si, M.Si selaku Komisi Pembimbing yang telah membantu, membimbing dan memberikan motivasi kepada penulis serta Ibu Dr. Ir. Desi Ardilla selaku Anggota Komisi Pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing, memberi motivasi serta do'a dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Dosen-dosen Teknologi Hasil Pertanian yang senantiasa memberikan ilmu dan nasehatnya baik didalam perkuliahan maupun diluar perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Kepada seluruh Staf Biro dan Pegawai Laboraturium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Sahabat tercinta TAMIMI (Kiki Patmala Sibarani, Miranti Putri dan Windi Apriya Ningsih) yang selalu berbagi suka duka, selalu menguatkan dan memberikan motivasi kepada saya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Terima kasih kepada teman-teman MA dan BPO yang selalu berbagi suka duka, selalu menguatkan dan memberikan motivasi kepada saya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Para teman-teman jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2015 yang telah membantu serta memberikan motivasi dan masukan kepada saya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Teman-teman seangkatan Fakultas Pertanian jurusan Agroekoteknologi dan Agribisnis yang tidak dapat disebutkan

satu persatu yang telah banyak memberikan motivasi kepada saya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Terima kasih kepada teman terkasih Ananta Akram yang telah banyak mensupport, membantu serta memberikan motivasi kepada saya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1). Dan Kakanda dan adinda stambuk 2013, 2014, 2015, 2016 Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah banyak memberikan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir studi strata 1 (S1).

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, 08 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
RINGKASAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
PENDAHULUAN	
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penelitian.....	4
Hipotesa Penelitian.....	4
Kegunaan Penelitian.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	
Karet Alam.....	5
Jenis-jenis Karet Alam.....	9
Sifat- Sifat Karet Alam.....	11
Siklisasi Karet Alam.....	11
<i>Grafting</i> (Pencangkokan).....	14
Pencangkokan Dengan Inisiasi Panas.....	14
Pencangkokan Mekanisme Radikal Bebas.....	14
Pencangkokan Mekanisme Ionik.....	15
Pencangkokan Dengan Inisiasi Radiasi.....	15
Pencangkokan Dengan Inisiasi Enzimatik.....	17
Pencangkokan Monomer Anhidrat Maleat.....	18
Anhidridat Maleat.....	21
Inisiator.....	23
Karakterisasi.....	23
Sifat Termal Polimer.....	23
Differential Scanning Calorimetry.....	24
Glass Transition Temperature(Tg).....	26

Melting Temperature (TM).....	29
Devinil Benzen.....	30
METODE PENELITIAN	
Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
Bahan Penelitian	31
Alat Penelitian.....	31
Prosedur Kerja.	31
Parameter Pengamatan.	33
Differential Scanning Calorymetry.....	33
HASIL DAN PEMBAHASAN	
KESIMPULAN DAN SARAN	
Kesimpulan	56
Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	teks	halaman
1.	Komposisi Lateks Karet Alam.....	6
2.	Standart Indonesia Rubber	7
3.	Sifat-sifat Anhidrat Maleat.	22
4.	Metode Analisa Termal.	24
5.	Spesifikasi Respirena 35 dan KAS Standar.....	41

DAFTAR GAMBAR

Nomor	teks	halaman
1.	Pohon Karet Alam <i>Hevea Brasiliensi</i>	6
2.	Pohon Lateks Karet Alam.....	6
3.	Tanaman Gua Yule.....	6
4.	Rumus Kimia cis-1,4-poliisoprena.....	7
5.	Rumus trans-1,4-poliisoprena.....	8
6.	Struktur Siklik Karet Alam Siklis.....	12
7.	Mekanisme Reaksi Siklisasi Karet Alam.....	13
8.	Reaksi Siklisasi Karet Alam Menghasilkan Karet Alam Siklis....	13
9.	Mekanisme Reaksi Kopolimerisasi Cangkok Dengan Inisiator Radikal Bebas.....	15
10.	Mekanisme Reaksi Pencangkakan Kationik yang Diinisiasi Melalui Polimer (path I) dan Monomer (path II)	16
11.	Mekanisme Reaksi Pencangkakan Fotokimia.....	17
12.	Reaksi Pembentukan Anhidrida Maleat.....	21
13.	Struktur Kimia Senyawa Maleat Anhidridaa dan Senyawa Isostrukturnya.....	23
14.	Perlitan Differential Scanning Calorimetry (DSC) TA INSTRUMENTS Q 2000.....	25
15.	Skematik dari Instrumen <i>Power Compensation</i> DSC.....	26
16.	Kurva Aliran Panas Dengan Suhu di Daerah Tg Polimer.....	28
17.	Skematik Kurva DSC.....	30
18.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Tanpa Devinil Benzen (DVB).....	37
19.	Diagram Alir Pencangkakan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Dengan Penambahan Devinil Benzen (DVB).....	38
20.	Diagram Alir Pemurnian Produk Reaksi Pencangkakan CNR-c-AM.....	39
21.	Grafik Termografi Karet Alam Siklis Segar.....	42
22.	Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Tanpa Penambahan Anhidrat Maleat.....	43

23. Grafik Thermografi Gabungan KAS Segar (1) Dan Yang Sudah Diproses Di Dalam Internal Mixer (2).....	44
24. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr.....	45
25. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 4 phr.....	46
26. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 8 phr.....	48
27. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan AM 16 phr.....	49
28. Grafik Termografi DSC Tanpa Penambahan AM (1), Penambahan AM Sebanyak 2 phr (2), 4 phr (3), 8 phr (4) dan 16 phr (5).....	50
29. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan AM 16 phr Dan Kehadiran devinilbenzen 0,5 gram.	52
30. Grafik Termografi Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 phr dan kehadiran devinilbenzen 1 gram.	54
31. Grafik Termografi Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 phr dan kehadiran devinilbenzen 1,5 gram.	55
32. Grafik Termografi gabungan KAS tercangkok AM 16 phr dengan kehadiran DVB yaitu: (1), 0,5 gr (2). 1 gr (3). 1,5 gr.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Lampiran
1.	Rancangan Penelitian Pencangkokan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis dengan Penambahan Divinil Benzen (DVB)	62
2.	Karet Alam Siklis Segar.	63
3.	Karet Alam Siklis Tanpa Penambahan Anhidrat Maleat.	63
4.	Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 2 phr.	64
5.	Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 phr.	64
6.	Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 8 phr.	65
7.	Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 phr.	65
8.	Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dengan kehadiran devinilbenzen 0,5 gram.	66
9.	Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dengan kehadiran devinilbenzen 1 gram.	66
10.	Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dengan kehadiran devinilbenzen 2 gram.	67
11.	Gambar Karet alam siklis.	68
12.	Karet alam siklis di haluskan.	68
13.	Di timbang sebanyak 2 gr.	68
14.	Ditambahkan methanol.	69
15.	Disaring dengan kertas saring.	69
16.	larutan dan endapan terpisah.	69
17.	Endapan yang diambil.	70
18.	Endapan di masukan ke dalam oven dengan suhu 120 ⁰ C.	70
19.	Ditambah kan larutan xylen.	70

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produsen dan pengekspor karet alam utama dunia setelah Thailand. Karet alam merupakan komoditas strategis karena kontribusinya yang besar terhadap penerimaan devisa negara (US\$ 7,3 Milyar), penyerapan tenaga kerja dan menjadi sumber pendapatan bagi 2 juta kepala keluarga tani di pedesaan. Perkebunan karet di Indonesia didominasi oleh perkebunan karet rakyat. Pada tahun 2011, perkebunan karet rakyat telah meliputi areal seluas 2,9 juta hektar atau sekitar 85% dari total areal karet nasional, dengan produksi sekitar 80% dari total produksi karet alam nasional (Syafira, 2012).

Karet alam banyak terdapat di Indonesia karena banyaknya lahan pertanian yang meliputi hutan-hutan di Indonesia, hal ini ditunjukkan oleh kontribusi sektor pertanian dalam pembentukan PDRB Provinsi Jambi masih terbesar dari provinsi lainnya. 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/CNR*). Karet alam siklis dihasilkan melalui perlakuan karet alam dengan asam-asam kuat (seperti asam sulfat, asam p-toluensulfonat) atau katalis Friedel-Crafts (seperti FeCl_3 , SnCl_4 , TiCl_4). Dalam reaksi tersebut, karet kehilangan sifat elastisitasnya dan berubah menjadi material yang keras dan rapuh. Rata-rata ukuran struktur siklis yang terbentuk selama proses siklisasi ditemukan bahwa tidak tergantung pada konsentrasi karet dan katalisnya tetapi ditentukan oleh temperatur reaksi siklisasi. Ikatan rangkap yang masih terdapat pada produk karet alam siklis lebih kecil dari 20% (Bps, 2010).

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 (Saelao *dkk.*, 2005).

Modifikasi kimia karet alam telah dilakukan dengan reaksi epoksidasi, Fluorinasi, oksidasi, hidrogenasi, siklisasi dan pencangkakan atau *grafting*. Modifikasi kimia karet alam dengan reaksi siklisasi telah dilakukan beberapa peneliti yang menghasilkan Karet Alam Siklis/KAS (*Cyclized Natural Rubber/CNR*), melibatkan katalis yang berbeda seperti asam p-toluena sulfonat, fosfat/P₂O₅, Stannic Klorida/SnCl₄, Asam Sulfat/H₂SO₄, penggunaan bahan baku karet serta hasil (*yield*) yang berbeda. Modifikasi kimia dengan pencangkakan (*grafting*) gugus telah banyak dilakukan untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Teknik *grafting* merupakan teknik yang relatif sederhana dan mudah dan secara luas telah banyak dilakukan. Berbagai zat telah digunakan sebagai monomer cangkok pada berbagai jenis rantai polimer menggunakan teknik *grafting* (Chonlada. 2008).

Struktur kimia Kater Alam Siklis memiliki ikatan cincin enam karbon dan sisa ikatan rangkap dua karbon-karbon. Karet Alam Siklis merupakan polimer alam non-polar yang berat molekulnya tetap tinggi dan larut dalam pelarut karet dari kelompok pelarut organik/hidrokarbon yang bersifat nonpolar. Oleh karena KAS merupakan polimer alam yang tidak polar maka sifat adhesinya kurang baik terhadap molekul/permukaan polar. Untuk meningkatkan sifat adhesi Karet Alam Siklis terhadap permukaan polar serta memperbaiki stabilitasnya maka dipandang

perlu untuk melakukan modifikasi kimia terhadap strukturnya sehingga produk Karet Alam Siklis selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam bidang yang lebih luas (Mirzataheri, 2000).

Pada reaksi siklisasi terjadi pengurangan jumlah ikatan rangkap poliisoprena yang diikuti dengan pembentukan struktur siklis dimana tidak terjadi perubahan rumus empiris karet. Karet produk siklisasi kehilangan sifat elastisitasnya dan berubah menjadi material yang keras dan rapuh. Pengurangan jumlah ikatan rangkap yang terjadi dalam reaksi siklisasi bervariasi sekitar 40-80% (Mirzataheri, 2000).

Pencangkakan (*grafting*) merupakan teknik yang secara luas dilakukan untuk memodifikasi bahan polimer dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat tertentu polimer yang diinginkan. Pada reaksi pencangkakan terbentuk ikatan kovalen antar monomer dengan rantai polimer (Zhen, 1998).

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.

Kebanyakan pemicu yang digunakan secara luas adalah radikal bebas yang dihasilkan dari peruraian peroksida. Benzoyl peroksida $C_{14}H_{10}O_4$ mempunyai berat molekul 242,23 g/mol, berbentuk kristal granul, tidak berwarna hingga berwarna keputihan, larut dalam benzene, eter, aseton, kloroform, titik leleh 104,5 °C (220,1 F); titik dekomposisi 106-108 C (223-226 F); tekanan uap <1 mmHg pada 20°C; gravitasi spesifik (air=1) 1,3340 pada 25 °C; kelarutan dalam air <1%.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi reaksi Anhidrat Maleat terhadap sifat thermal dengan metode DSC
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi Devinil Benzen terhadap sifat thermal dengan metode DSC.

Hipotesa Penelitian

1. Ada pengaruh konsentrasi Anhidrat Maleat terhadap sifat thermal dengan metode DSC
2. Ada pengaruh konsentrasi Devinil Benzen terhadap sifat thermal dengan metode DSC.

Kegunaan Penelitian

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

TINJAUAN PUSTAKA

Karet Alam

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

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

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



(a)

(b)

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



Gambar 2. Tanaman Gua yule yang sedang tumbuh di Yulex Ehrenberg, Amerika Serikat (Beilen *dkk.*, 2006)

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)

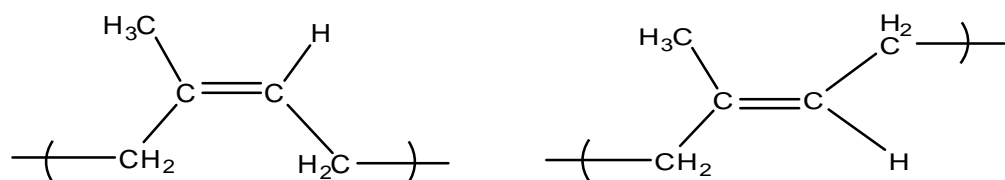
Tabel 2. Standar Indonesian Rubber (SIR)

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:SNI, 1903)

Secara kimia karet alam merupakan 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-polyisoprene. Dimana isoprena merupakan produk degradasi utama karet. Karet jenis ini memiliki ikatan ganda lebih dari 98% dalam konfigurasi *cis* nya yang penting bagi kelenturan atau elastisitas polyisoprene. Lebih dari 90% *cis* -1,4 polyisoprene digunakan dalam industri karet Hevea (Tarachiwin *dkk.*, 2005).

Hampir semua karet alam diperoleh sebagai lateks yang terdiridari 32-35% karet dan sekitar 5% senyawa lain, termasuk asam lemak, gula, protein, sterol ester dan garam. Lateks biasa dikonversikan ke karet busa dengan aerasimekanik yang diikuti oleh vulkanisasi. Struktur dasar karet alam adalah rantai linear unit isoprene (C_5H_8) yang berat molekul rata-ratanya tersebar antara 10.000 - 400.000 (Malcom, 2001).



Gambar 3. Rumus kimia *cis*-1,4-poliisoprena (a) dan *trans*-1,4-poliisoprena (b)

Untuk mendapatkan karet alam, dilakukan penyadapan terhadap batang pohon tanaman karet hingga dihasilkan getah kekuning-kuningan yang disebut lateks. Lateks merupakan cairan atau sitoplasma yang berisi $\pm 30\%$ partikel 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. Penyadapan lateks dapat dilakukan dengan mengiris sebagian dari kulit batang. Penyadapan ini harus dilakukan secara hati-hati karena kesalahan dalam penyadapan dapat membahayakan bahkan mematikan pohon karet. 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) dan produk turunannya seperti ban, komponen dan sebagainya. Hasil utama dari pohon karet adalah lateks yang dapat dijual atau diperdagangkan di masyarakat berupa lateks segar, slab/koagulasi, atau pun sit asap/sit angin. Selanjutnya produk-produk tersebut akan digunakan sebagai bahan baku pabrik Crumb Rubber (Karet remah) yang menghasilkan berbagai bahan baku untuk berbagai industri hilir seperti ban, bola, sepatu, karet, sarung tangan, baju renang, karet gelang dan lainnya (Klingensmit, 2004).

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 (Klingensmit, 2004).

Jenis-jenis karet alam

Karet alam diperoleh dengan cara penyadapan pohon *Hevea Brasiliensis*, karet alam memiliki berbagai keunggulan dibanding karet sintetik, terutama dalam hal elastisitas, daya redam getaran, sifat lekuk lentur (*flex-cracking*) dan umur kelelahan (*fatigue*). Ada beberapa macam karet alam yang dikenal, diantaranya merupakan bahan olahan. Bahan olahan ada yang setengah jadi atau sudah jadi, ada juga karet yang diolah kembali berdasarkan bahan karet yang sudah jadi (Anonim, 2010).

Karet alam diproduksi dalam berbagai jenis, yakni lateks pekat, karet sit asap, *crumb rubber*, karet siap atau *tyre rubber* dan karet reklim (*Reclimed Rubber*). *Tyre rubber* merupakan barang setengah jadi dari karet alam sehingga dapat langsung dipakai oleh konsumen, baik untuk pembuatan ban atau barang yang menggunakan bahan baku karet alam lainnya. *Tyre rubber* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan karet konvensional. Ban atau produk – produk karet lain jika menggunakan *Tyre Rubber* sebagai bahan bakunya memiliki mutu

a. Lateks pekat diolah langsung dari lateks kebun melalui proses pemekatan yang umumnya secara sentrifugasi sehingga kadar airnya turun dari sekitar 70% menjadi 40-45%. lateks pekat banyak dikonsumsi untuk bahan baku sarung tangan, kondom, benang karet, balon dan barang jadi lateks lainnya. Mutu lateks pekat dibedakan berdasarkan analisis kimia antara lain kadar karet kering, kadar NaOH, Nitrogen, MST dan analisis kimia lainnya.

b. Karet sit asap dikenal dengan nama *Ribbed Smoked Sit (RSS)* adalah salah satu jenis produk olahan yang berasal dari lateks /getah tanaman karet *Hevea brasiliensis* yang diolah secara teknik mekanis dan kimiawi dengan pengeringan menggunakan rumah asap serta mutunya memenuhi standard *The Green Book* dan konsisten. Prinsip pengolahan jenis karet ini adalah mengubah lateks kebun

menjadi lembaran-lembaran sit melalui proses penyaringan, pengenceran, pembekuan, penggilingan serta pengasapan. Beberapa faktor penting yang memengaruhi mutu akhir pada pengolahan RSS diantaranya adalah pembekuan atau koagulasi lateks, pengasapan dan pengeringan. Karet sit asap digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan ban kendaraan bermotor, khususnya jenis ban radial.

c. Crumb rubber (karet remah) digolongkan sebagai karet spesifikasi teknis (TSR = Technical Specified Rubber), karena penilaian mutunya tidak dilakukan secara visual, namun dengan cara menganalisis sifat – sifat fisika kimianya seperti kadar abu, kadar kotoran, kadar N, Plastisitas Wallace dan Viscositas Mooney. Crumb rubber produksi Indonesia dikenal dengan nama SIR (Standard Indonesian Rubber).

d. Karet siap atau Tyre Rubber yang lebih baik dibandingkan dengan jika menggunakan bahan baku karet konvensional. Selain itu jenis karet ini memiliki daya campur yang baik sehingga mudah digabung dengan karet sintetis. Karet reklim merupakan karet yang diolah kembali dari barang – barang karet bekas, terutama ban – ban mobil bekas. Karet reklim biasanya digunakan sebagai bahan campuran, karena mudah mengambil bentuk dalam acuan serta daya lekat yang dimilikinya juga baik. Pemakaian karet reklim memungkinkan pengunyahan (mastication) dan pencampuran yang lebih cepat. Kelemahan dari karet reklim adalah kurang kenyal dan kurang tahan gesekan sesuai dengan sifatnya sebagai karet daur ulang. Oleh karena itu karet reklim kurang baik digunakan untuk membuat ban (Tim Penulis, 2008).

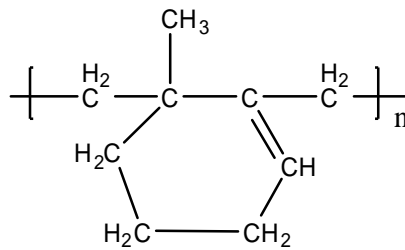
Sifat- Sifat Karet Alam

Warnanya agak kecoklat-coklatan, tembus cahaya atau setengah tembus cahaya, dengan berat jenis 0,91-0,93. Sifat mekaniknya tergantung pada derajat vulkanisasi, sehingga dapat dihasilkan banyak jenis sampai jenis yang kaku seperti ebonite. Temperatur penggunaan yang paling tinggi sekitar 99°C, melunak pada 130°C dan terurai sekitar 200°C. Sifat isolasi listriknya berbeda karena pencampuran dengan aditif. Namun demikian, karakteristik listrik pada frekuensi tinggi, jelek. 10 Sifat kimianya jelek terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Zat tersebut dapat larut dalam hidrokarbon, ester asam asetat dan sebagainya. Karet yang kenyal agar mudah didegradasi oleh sinar UV dan ozon. Karet berasal dari getah karet atau lateks. Sifat sifat karet adalah yaitu Kuat, Lentur dan elastis, Tidak tahan Api (mudah meleleh), Isolator panas dan listrik (Yunus, 2013).

Siklisasi Karet Alam

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 rangkat yang terjadi dalam reaksi siklisasi

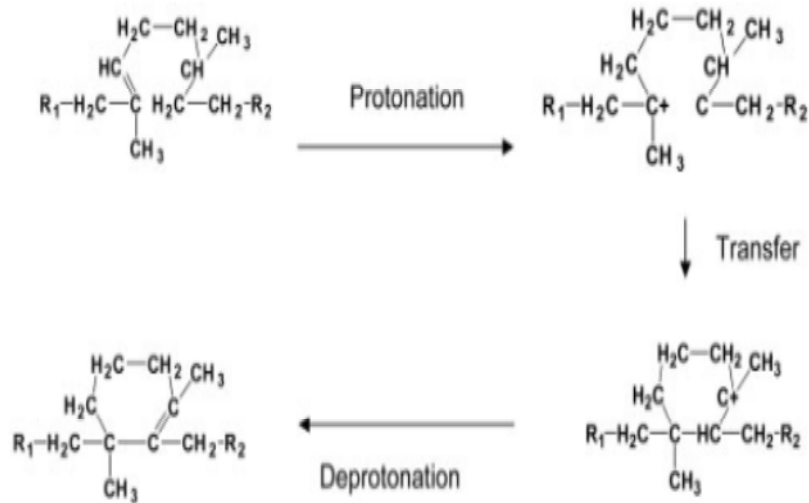
bervariasi sekitar 40-90%. Beberapa peneliti sepakat dengan struktur karet alam siklis seperti gambar 2.4. (Lee, 1963)



Gambar 4. Struktur siklik karet alam siklis

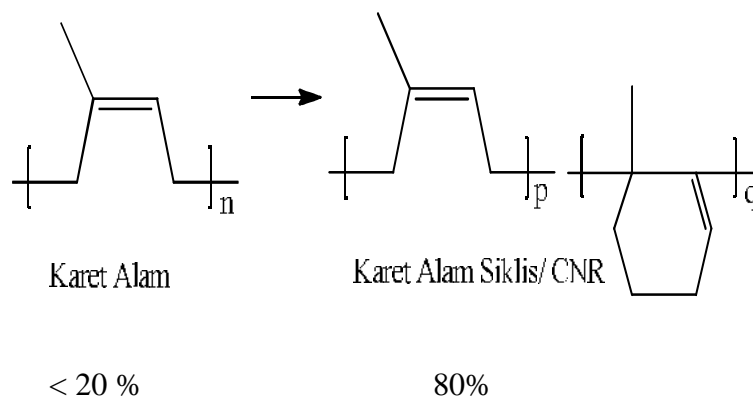
Beberapa peneliti telah berhasil membuat karet alam siklis melibatkan katalis yang berbeda seperti asam p-toluena sulfonat (Janssen, 1954), P₂O₅ (Tumorsski, 1961), SnCl₄ (Mirzataheri, 2000) dan H₂SO₄ (Riyajan, 2006) dan juga penggunaan bahan baku karet, metode serta yield yang berbeda. Janssen, 1954 menggunakan karet padatan sebagai bahan baku, jenis RSS 1 dengan metode pencampuran leleh di dalam alat pencampuran internal/internal mixer, yield 85%. Sementara itu penggunaan karet padatan yang dilarutkan dalam pelarut organik dilakukan oleh Tumorsski, (1961) dan Mirzataheri, (2000) dengan masing-masing yield 95%, 80% dan 72,6%. Sedangkan Riyajan, 2006 menggunakan karet alam lateks non-protein/deproteinized natural rubber (DPNR) dengan yield 86%.

Reaksi siklisasi dapat terjadi jika ada dua unit ikatan rangkap yang berdekatan bereaksi menghasilkan struktur siklis dengan hadirnya pereaksi/katalis yang sesuai. Siklisasi karet alam disepakati secara umum sebagai tipe reaksi polimerisasi ionik, dimana terjadi protonasi pada ikatan rangkap yang diikuti oleh tahapan propagasi pembentukan struktur siklis dan diakhiri dengan deprotonasi (Lee, 1963).



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

Rata-rata ukuran struktur siklis yang terbentuk selama proses siklisasi ditemukan bahwa tidak tergantung pada konsentrasi karet dan katalisnya tetapi ditentukan oleh temperatur reaksi siklisasi. Ikatan rangkap yang masih terdapat pada produk karet alam siklis lebih kecil dari 20%. Sifat produk karet alam siklis bervariasi tergantung pada derajat siklisasi produk yang dihasilkan. Dengan kata lain jumlah ikatan rangkap yang masih terdapat pada produk mempengaruhi sifat karet alam siklis yang dihasilkan (Lee, 1963).



Gambar 6. Reaksi siklisasi karet alam menghasilkan karet alam siklis

Pencangkakan

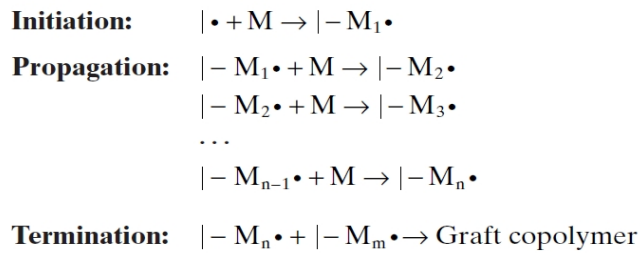
Pencangkokan (*grafting*) merupakan teknik yang secara luas dilakukan untuk memodifikasi bahan polimer dengan tujuan mendapatkan sifat-sifat tertentu polimer yang diinginkan. Pada reaksi pencangkokan terbentuk ikatan kovalen antar monomer dengan rantai polimer. Teknik pencangkokan telah dilakukan dengan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

a. Pencangkokan dengan inisiasi panas

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

b. Pencangkokan mekanisme radikal bebas

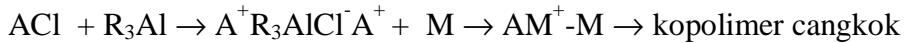
Radikal bebas dihasilkan dari inisiator dengan pengaruh panas. Kemudian radikal selanjutnya mengabtraksi atom hidrogen polimer substrat, sehingga terbentuk radikal pada molekul polimer. Selanjutnya monomer bertindak sebagai akseptor radikal membentuk kopolimer cangkok. Kemudian radikal monomer menjadi donor radikal pada monomer tetangganya, begitu seterusnya, seperti mekanisme di bawah ini.



Gambar 7. Mekanisme reaksi kopolimerisasi cangkok dengan inisiator radikal bebas (Bhattacharya *dkk.*, 2004).

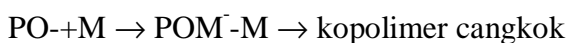
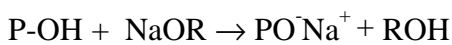
c. Pencangkakan mekanisme ionik

Pencangkakan juga dapat dilakukan dengan model ionik. Suspensi logam alkali dalam larutan basa Lewis, senyawa organologam dan naftalinida sangat berguna sebagai inisitor untuk tujuan ini. Alkil aluminium (R_3Al) dan polimer induk dalam bentuk halide (ACL) berinteraksi untuk membentuk ion karbonium sepanjang rantai polimer, yang membentuk kopolimer. Reaksi ini berlangsung melalui mekanisme kationik.



Katalis kationik BF_3 dapat juga digunakan.

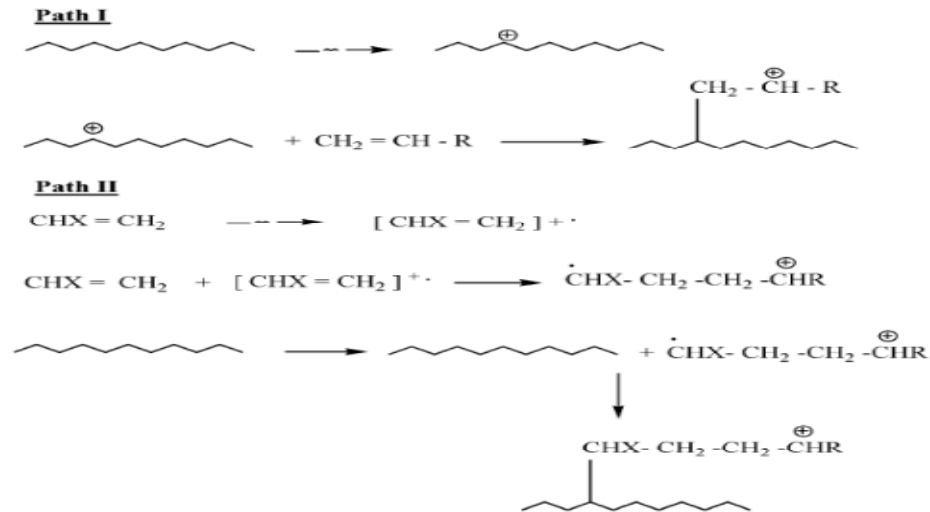
Pencangkakan juga dapat melalui mekanisme anionik. Sodium-ammonia atau metoksida dari logam alkali membentuk alkoksida dari polimer (PO^-Na^+), yang bereaksi dengan monomer membentuk kopolimer cangkok.



d. Pencangkakan dengan inisiasi radiasi

Pencangkakan radiasi dapat berlangsung dengan model ionik dimana terbentuknya ion dengan adanya irradiasi berenergi tinggi, yang dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu: kationik dan anionik. Polimer diirradiasi untuk

membentuk ion yang kemudian bereaksi dengan monomer membentuk kopolimer cangkok atau bisa juga dengan cara dimana monomer diirradiasi untuk membentuk ion yang kemudian bereaksi dengan polimer membentuk kopolimer cangkok. Mekanisme dengan analogi yang sama dapat terjadi pada pencangkokan radiasi anionik.

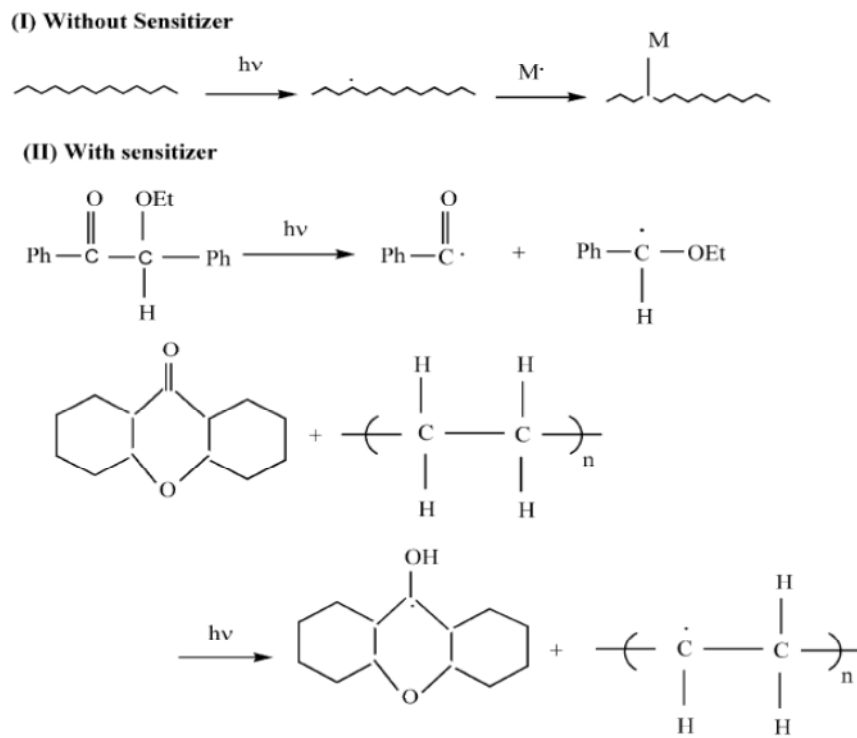


Gambar8. Mekanisme reaksi pencangkokan kationik yang diinisiasi melalui polimer (path I) dan monomer (path II) Pencangkokan dengan inisiasi fotokimia

Ketika kromofor yang terdapat pada makromolekul menyerap cahaya akan terjadi eksitasi yang mungkin berdisosiasi membentuk radikal bebas reaktif yang akan menginisiasi reaksi. Jika absorpsi tidak menghasilkan radikal bebas melalui pemecahan ikatan, proses ini dapat dilakukan dengan penambahan fotosensitizer seperti benzofenon, xanthone, Na-2,7-antraquinon sulfonat. Jadi, proses ini dapat berlangsung dengan menggunakan atau tanpa fotosensitizer.

Mekanisme tanpa sensitizer melibatkan terbentuknya radikal bebas pada rantai polimer yang bereaksi dengan monomer membentuk kopolimer cangkok. Pada bagian lain, mekanisme dengan sensitizer terjadi dengan terbentuknya

radikal oleh sensitizer yang kemudian mengabstraksi atom hidrogen polimer untuk menghasilkan gugus radikal yang dibutuhkan pada proses pencangkakan.



Gambar 9. Mekanisme reaksi pencangkakan fotokimia Pencangkakan dengan inisiasi induksi plasma

Proses utama dalam plasma adalah eksitasi elektron terinduksi, ionisasi dan disosiasi. Kemudian elektron tereksitasi dari plasma memiliki energi yang cukup untuk menginduksi pembelahan dari ikatan kimia dalam struktur polimer membentuk radikal makromolekul kemudian menginisiasi kopolimer cangkok.

e. 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 *dkk.*, 2004).

f. Pencangkakan monomer Anhidrida Maleat

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

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

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

Sejarah pencangkokan 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 pencangkokan 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 *dkk.*, 2011).

Untuk mempelajari mekanisme pencangkakan, fungsionalisasi pp dengan Anhidrida maleat telah dilakukan penelitian dalam fase larutan dan fase leleh menggunakan berbagai jenis sistem ekstruder. Dengan pertimbangan biaya yang lebih rendah dan peralatan maka dipilih metode dengan fase leleh melalui proses reaktif (Gaylord, 1988).

Pencangkakan Anhidrida maleat pada low density polietilena (LDPE) dengan kehadiran dikumil peroksida dalam fase cair menghasilkan produk yang kemudian digunakan sebagai kompatibiliser pada campuran polietilen dengan poliamida 66. Juga dilaporkan bahwa reaksi berlangsung dalam pencampur internal dan ekstruder ganda (*twin-extruder*) dan disampaikan kinetika reaksi pencangkakannya. Pencangkakan Anhidrida maleat pada polimer menggunakan sistem ekstruder screw ganda (*twin-screw extruder*) sangat menguntungkan untuk memproduksi material baru secara komersial. Twin-screw extruders berfungsi sebagai reactor aliran kontinu berperan penting dalam produksi material termoplastik berkinerja tinggi (Jaehung, 2001).

Penelitian yang penting terkait pencangkakan Anhidrida maleat pada pp adalah penggunaan berbagai jenis ekstruder dan pencampur. Kemudian, fungsionalisasi Anhidrida maleat pada pp dalam fase leleh telah diteliti oleh (Gaylord, 1983) 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 *dkk.*, 1999).

Peranan stirena pada pencangkakan AM pada PP sangat nyata meningkatkan derajat grafting yang diperoleh pada perbandingan mol AM dan stirena 1:1. Stirena sebagai monomer electron donor, dapat berinteraksi dengan AM melalui kompleks bermuatan membentuk kopolimer stirena-AM yang selanjutnya dapat beraksi menghasilkan kopolimer cangkok AM-g-PP (Dong and Liu, 2003).

Penambahan devinil benzen sebagai monomer kedua dalam sistim pencampuran fase leleh dapat membantu meningkatkan derajat grafting AM pada PP. Monomer devinil benzen dapat menjembatani jarak antara makroradikal PP dan monomer AM, dimana devinil benzen terlebih dahulu bereaksi dengan makroradikal PP membentuk makroradikal devinil benzen yang lebih stabil untuk selanjutnya bereaksi dengan AM membentuk kopolimer AM-g-PP (Li *dkk.*, 2001).

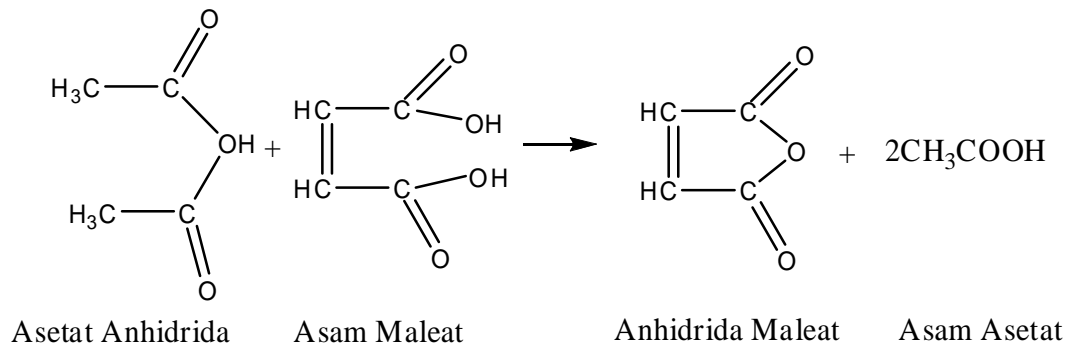
Pencangkakan AM pada karet alam dapat meningkatkan kompatibilitas antara karet alam dengan elastomer polar dan plastic seperti poliamida. Belakangan ini pencangkakan AM pada karet alam banyak dilakukan dalam fase leleh menggunakan pencampur seperti roll mill dan pencampur *internal/internal mixer* (Saelao, 2005).

Penggunaan karet alam terfungsionalisasi AM sebagai kompatibeliser dalam campuran poliamida/karet alam dan karet alam terfungsionalisasi maleat memperlihatkan meningkatnya kompatibilitas dan sifat mekanik campuran yang diakibatkan oleh terjadinya interaksi intermolekuler antara gugus ujung

poliamida atau gugus hidroksil dari makromolekul cassava starch (Nakason, 2001).

Anhidrida Maleat

Anhidrida Maleat juga dikenal dengan nama lain yaitu: cis-butenadioat Anhidrida, Anhidrida toksilat dan dihidro-2,5-dioksofuran. Merupakan senyawa organik yang memiliki rumus molekul $C_4H_2O_3$. Anhidrida Maleat merupakan padatan tidak berwarna atau berwarna putih dan memiliki bau yang tajam. Anhidrida Maleat adalah senyawa vinil tidak jenuh, merupakan bahan baku pada sintesa resin poliester, pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan aditif dan minyak pelumas, plastisizer dan kopolimer. Anhidrida Maleat mempunyai sifat kimia khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, yang berfungsi dalam reaksi adisi. Anhidrida Maleat diproduksi secara komersial dengan reaksi oksidasi benzena atau senyawa aromatik lainnya. Anhidrida Maleat dapat dibuat seperti reaksi di bawah ini.



Gambar 10. Reaksi pembentukan Anhidrida Maleat

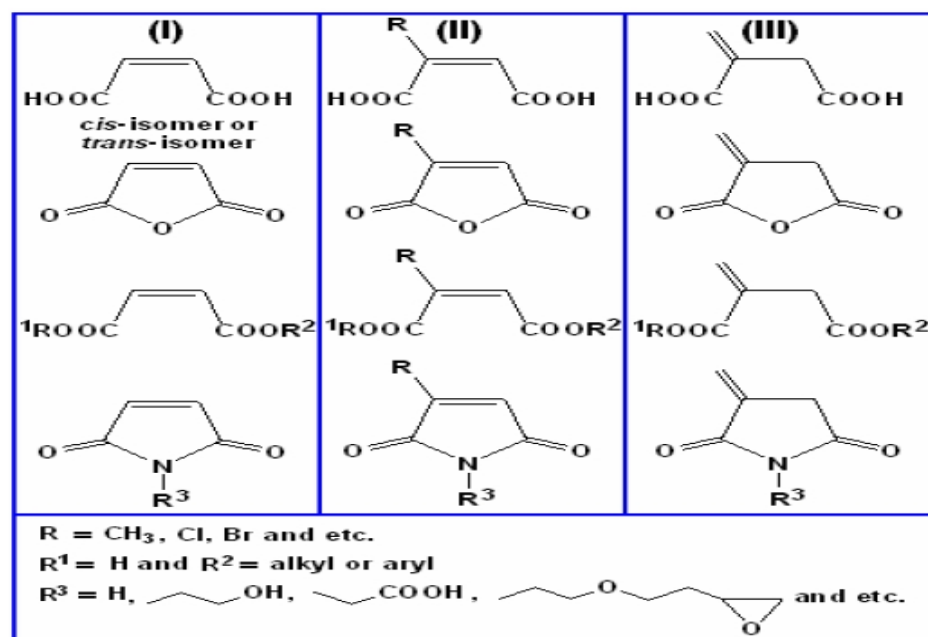
Anhidrida Maleat mempunyai sifat kimia khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karbonil di dalamnya, yang berfungsi dalam reaksi adisi. Anhidrida maleat dapat mengalami reaksi sebagai berikut:

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

Anhidrida Maleat dan senyawa isostruktur analognya secara luas digunakan pada reaksi pembentukan makromolekul dengan struktur linier, bercabang dan penataan ulang untuk menghasilkan material kinerja tinggi, bioteknik dan nano teknik.

Tabel 2.3. Sifat-sifat Anhidrida Maleat (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-xylene



Gambar 11. Struktur kimia senyawa Maleat Anhidrida dan senyawa isostrukturnya (Zakir *dkk.*, 2011).

Inisiator

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

Karakterisasi

Sifat Termal Polimer

Bahan analisa dari sifat-sifat polimer dapat mengambil referensi dari (T_m) dan (T_g), karena *melting temperature* dan *glass transition temperature* sangat khas untuk setiap polimer. *Melting temperature* dan *glass transition temperature* bersifat endotermik. *Glass transition temperature* sangat bergantung dari kondisi proses dan struktur molekul kimia polimer tersebut dan biasanya digunakan alat uji DSC untuk menganalisa karakteristik termalnya. Analisis termal didefinisikan oleh *International Confederation of Thermal Analysis and Calorimetry* (ICTAC) sebagai "sekelompok teknik di mana sebuah sampel dimonitor terhadap waktu atau suhu saat suhu sampel diatur dalam suasana tertentu". Dalam prakteknya, suhu dari oven yang berisi sampel sebenarnya diatur, sedangkan suhu sampel dalam beberapa kasus mungkin berbeda dari suhu yang sudah diatur. Eksotermis atau reaksi endotermik atau reaksi fase transisi dalam sampel endotermik mengalami variasi suhu yang sudah diatur dapat menyebabkan variasi dalam suhu antara sampel dan oven hingga beberapa derajat. Analisa termal dapat dicari

dengan beberapa metode yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 4. Metode Analisa Termal (Mark, 2005)

Property	Technique	Acronym
Mass	Thermogravimetry	TGA, TG
Apparent mass ^b	Thermomagnetometry	TM
Volatiles	Evolved gas detection	EGD
	Evolved gas analysis	EGA
	Thermal desorption	
Radioactive decay	Emanation thermal analysis	ETA
Temperature	Differential thermal analysis	DTA
Heat ^c or heat flux ^d	Differential scanning calorimetry	DSC
Dimensions	Thermodilatometry	TD
Mechanical properties	Thermomechanical analysis	TMA
	Dynamic mechanical analysis	DMA, DMTA
Acoustical properties	Thermosonimetry (emission)	TS
	Thermoacoustimetry (velocity)	
Electrical properties	Thermoelectometry (resistance)	DETA, DEA
	(voltage)	
	(current)	
	(dielectric)	
Optical properties	Thermooptometry (spectroscopy) ^e	TPA
	Thermoluminescence (emission)	
	Thermomicroscopy (structure)	
	Thermoparticulate analysis	

^aFrom Ref. 3.

^bChange induced by an imposed magnetic field gradient.

^cPower-compensated DSC.

^dHeat flux DSC.

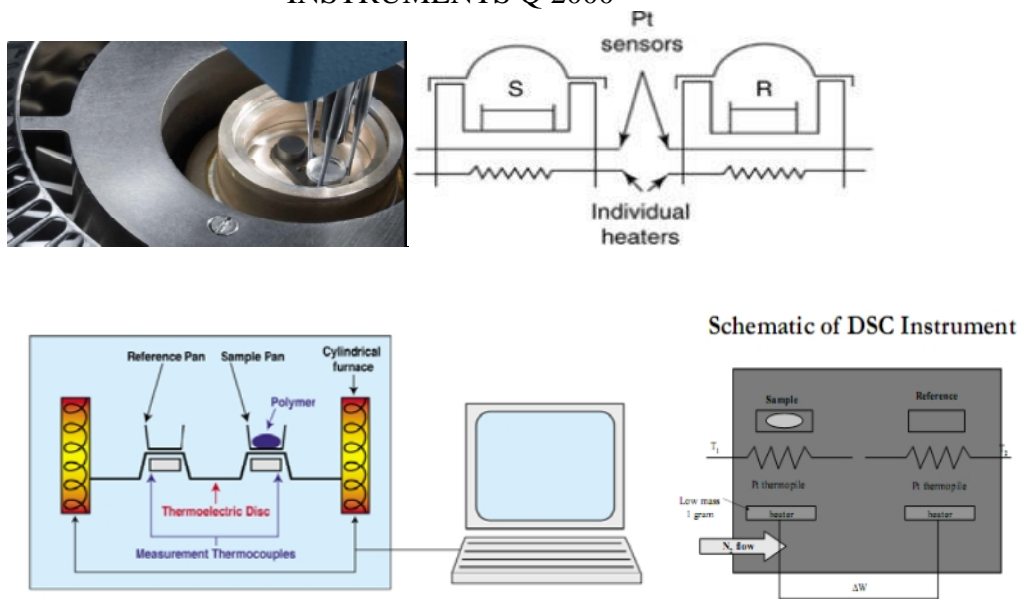
^eAbsorption, fluorescence, Raman, etc. Nonoptical forms of spectroscopy, eg, NMR, ESR, Mössbauer, etc, are also applicable.

Differential Scanning Calorimetry

Differential Scanning Calorimetry (DSC) dibangun dan diperkenalkan pada tahun 1964 sebagai analisa termal. Pada dasarnya ada dua macam metode DSC yaitu *power compensation* DSC dan *Heat flux mode*. Menurut Mark (2005), konsep pengoperasian *Power Compensation* DSC didasarkan pada menjaga suhu pada R dan S yang sama. Skema dari *Power Compensation* DSC dapat dilihat pada Gambar 13. Hal ini dicapai dengan menempatkan sensor suhu kedalam penghubung rangkaian. Setiap perubahan suhu baik sampel atau referensi segera diimbangi dengan jumlah yang setara dengan aliran yang diperlukan untuk mendorong pemanas untuk menjaga pada suhu yang sama. Dengan demikian, integral dari input daya selama transisi atau perubahan kapasitas panas adalah sama dengan perbedaan energi (ΔH) yang dipasok ke sampel atau referensi selama waktu tertentu. Hal ini akan menjadi endotermik atau eksotermik tergantung pada saat perjalanan ke sampel atau referensi masing-masing. Puncak yang menunjuk kebawah dinamakan eksotermik dan puncak yang menunjuk ke atas dinamakan endotermik.



Gambar 12. Perlatan Differential scanning calorimetry (DSC) TA INSTRUMENTS Q 2000



Gambar 13. Skematik dari instrumen *power compensation* DSC(Mark, 2005)

Prinsip dasar dari analisa DSC adalah untuk mengukur perubahan kapasitas panas (ΔC_p panas jenis) dari fase gelas ke fase karet. Sedangkan Prinsip dasar dari lainnya adalah ketika sampel mengalami perubahan fisik seperti transisi fase, diperlukan perubahan panas yang mengalir dari referensi dan sampel untuk mempertahankan suhu referensi dan sampel agar tetap sama. Proses eksotermik atau endotermik yaitu tergantung pada lebih atau kurangnya panas yang harus mengalir ke sample. Misalnya, sampel padat yang bertransisi menuju fase cair, akan memerlukan lebih banyak panas, karena panas yang mengalir ke sampel

untuk meningkatkan suhu pada tingkat yang sama sebagai referensi diserap oleh sample, ini merupakan proses endotermik karena membutuhkan banyak panas. Proses eksotermik yaitu proses pengeluaran energi panas dari sample. Efek termal berbentuk puncak, ditandai dengan perubahan entalpi dan kisaran temperatur. Contoh efek termal adalah: meleleh, kristalisasi, transisi padat-padat, reaksi kimia.

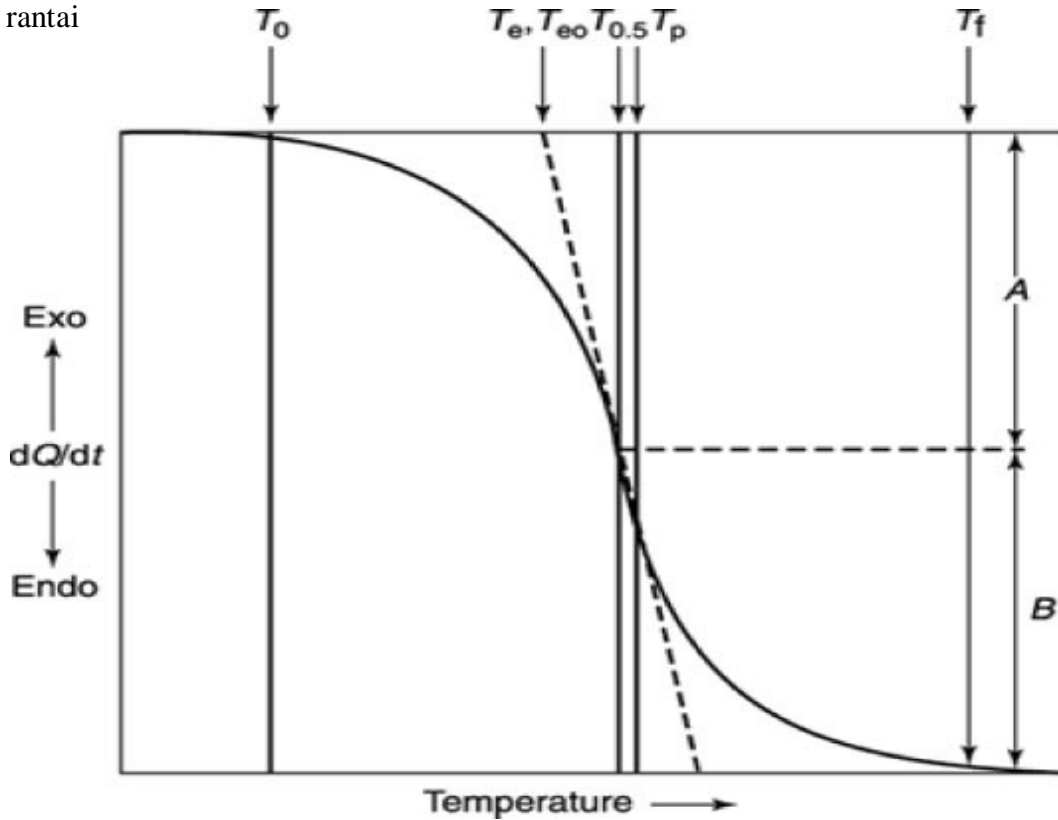
Glass Transition Temperature (T_g)

Tingkat suhu pada proses perubahan suhu yang menyebabkan terjadinya transisi fase amorfus keras (*glass*) ke fase/bentuk lunak (*rubbery*) disebut suhu transisi gelas atau T_g (*glass transition temperature*). *Glass transition temperature* (T_g) merupakan karakteristik penting dari bahan amorfus dan semikristalin. T_g adalah properti yang sangat penting dari banyak polimer umum. Temperatur transisi gelas (T_g) juga dapat dikatakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur transisi gelasnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet (Rahman, 2010).

Penetapan nilai T_g masih menjadi masalah atau kontroversi. Peneliti terdahulu menetapkan berdasarkan suhu pada awal transisi (*onset T_g*), cara ini sangat bias. Kemudian dipilih cara pada suhu tengah masa transisi (*mid point T_g*) dengan dukungan hasil derivasi data atau grafik perubahan suhu (Roos, 2001).

Akibat dari perbedaan T_g dari setiap polimer menyebabkan setiap polimer memiliki kegunaan yang berbeda-beda bergantung pada suhu lingkungan dimana polimer itu bekerja. Steven (1975) menerangkan bahwa adanya perbedaan T_g ini disebabkan oleh berbagai faktor yang meliputi panjang molekul

polimer, berat molekul polimer, efek elektrostatik seperti polarisabilitas, momen dwi kutub, stereokimia dan stereoregularitas rantai polimer maupun interaksi inter molekuler dari polimer melalui ikatan hidrogen dan gaya london. Pada suhu dibawah T_g , polimer amorfus dan semi kristal cenderung keras dan rapuh karena rantai



polimer terkunci dalam posisi yang tidak beraturan dan melingkar. Di atas temperatur T_g , polimer melepaskan sifat-sifat gelas yang kaku dan cenderung menjadi lebih elastis. Umumnya titik T_g bergantung pada pengolahan material, begitu pula karakteristik alami material seperti struktur, ikatan dan berat molekul. Karena dibutuhkan energi untuk melepaskan ikatan ini, transisi gelas muncul pada kurva DSC sebagai proses endotermik. Pada termogram DSC, T_g dapat ditemukan dengan penurunan permanen pada aliran panas awal dan T_g biasanya diambil sebagai titik belok pada kurva. Proses transisi gelas memerlukan kisaran suhu, tidak tiba-tiba terjadi (Hutapea, 2008).

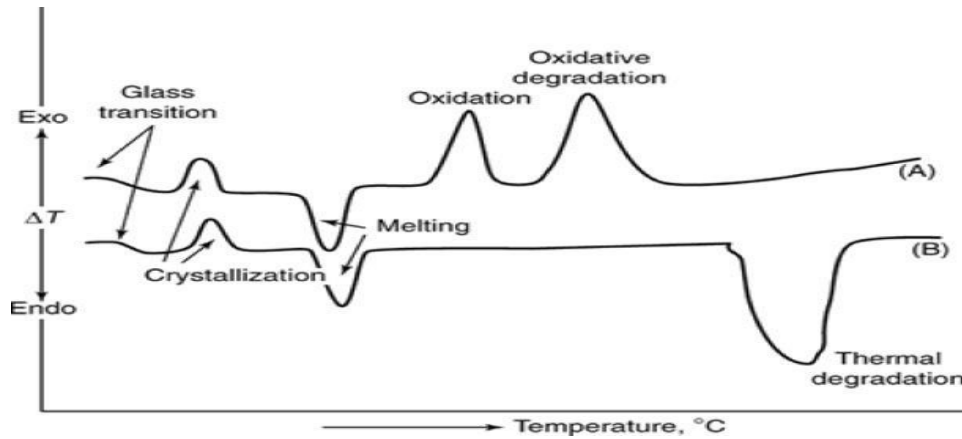
Gambar14. Kurva aliran panas dengan suhu di daerah Tg polimer.

Untuk menentukan nilai Tg, tentukan suhu "onset" terlebih dahulu. Suhu onset dapat dicari dengan menentukan di mana titik yang pertama terjadi penyimpangan dari garis dasar pada sisi suhu rendah diamati. Sangat Subjektif dan seringkali sulit ditentukan karena kemiringan garis dasar itu tidak bisa diulang T_e atau T_{e0} (onset ekstrapolasi, juga disebut suhu fiktif) adalah suhu di persimpangan garis dasar ekstrapolasi dan garis singgung yang diambil pada titik kemiringan maksimum. Hal ini umumnya dapat diulang dan merupakan nilai yang paling banyak dikutip dalam banyak publikasi awal tentang metode termal. $T_{0.5}$, endoterm setengah tinggi atau disebut setengah perubahan menjadi *glass* adalah suhu yang disukai dalam beberapa tahun terakhir untuk menentukan Tg. Fitur autoanalisis yang tersedia dengan semua peralatan analisis termal modern membuat penentuan ini mudah dan dapat diulangi. Ini memiliki kemampuan pengulangan yang lebih baik daripada metode ekstrapolasi dan menempatkan suhu dimana transisi termal hampir mencapai titik belok. ASTM E1356 dan ASTM D 3418 merekomendasikan baik T_e atau $T_{0.5}$ untuk menentukan Tg (Mark, 2005).

Melting Temperature (Tm)

Peleburan terjadi saat material berubah fasa dari padatan menjadi cairan. Ketika sebuah bahan mulai meleleh, ikatan antar molekulnya menyerap energy dan mulai melonggarkan dan pecah. Karena pencairan melibatkan penyerapan energi, ini adalah proses endotermik dan muncul pada kurva DSC sebagai penurunan aliran panas yang besar dan sementara. Setelah material benar-benar meleleh, aliran panas kembali ke nilai awal aslinya. Nilai T_m didapatkan langsung

oleh software yang terkoneksi dengan mesin DSC. Secara otomatis nilai T_m akan muncul ketika pengujian sampel telah selesai. Kondisi peleburan pada logam dan organik berada pada awal kurva *melting temperatur* sedangkan untuk polimer



peleburan berada pada *melting peak temperature*.

Gambar 15. Skematik kurva DSC yang menunjukkan transisi dan reaksi yang berbeda dari polimer, mulai dari suhu rendah menuju suhu yang lebih tinggi. A menggunakan oksigen, B menggunakan nitrogen

Divinil Benzena

Divinil benzena (DVB) adalah bahan kimia yang penting digunakan sebagai zat pengikat silang dalam polimer industri. Rumus molekul divinil benzena yaitu $C_{10}H_{10}$, mempunyai berat molekul 130,19 g/mol, titik didihnya $200^{\circ}C$, tidak larut dalam air tetapi larut dalam etanol dan eter, memiliki titik nyala $76^{\circ}C$. Divinil benzena merupakan senyawa benzena yang mengikat dua gugus vinil pada posisi meta atau para yang bersifat δ^+ non polar.

DVB mempunyai dua gugus fungsi vinil, sehingga bisa digunakan sebagai agen penyambung silang (*crosslinker*) yang sangat reaktif pada kopolimerisasi gugus vinil. DVB dapat membentuk ikatan primer dan sekunder pada gugus reaktifnya. Ikatan primer terbentuk pada gugus vinil dengan senyawa non polar lainnya sedangkan ikatan dengan atom hidrogen bermuatan parsial positif (H).

Ikatan primer dan sekunder memperbesar jaringan polimer sehingga polimer lebih masif dan keras serta dapat menurunkan indeks alir leleh dan konsekuensinya meningkatkan sifat mekanisnya (Makhnunah, 2013).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November – Februari 2018.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Anhidridat Maleat, Devinil Benzen, 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, Tebing tinggi, Sumatera Utara, Indonesia.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah Neraca Analitis, Oven, Alat Pemanas, Blender, Ayakan, Beaker Glass 100 ml, Stirrer, Kuvet, Internal mixer Brabender plastograp, Spektrofotometer FTIR, Differential Scanning Calorimetry (DSC)-60, Thermographymetry Analysis (TGA).

Prosedur Kerja

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

Reaksi pencangkakan Anhidrida Maleat (AM) pada karet alam siklis dilakukan di dalam pencampur internal Brabenderplastograp, Duisberg, Germany, dengan dan tanpa inisiasitor devinil benzen serta dengan dan tanpa kehadiran komonomer lainnya. Terlebih dahulu diprogram (*setting*) suhu operasional dan

kecepatan putar rotor pencampur internal sesuai dengan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Setelah suhu *chamber* sesuai dengan yang diprogram, dapat dilihat pada layar monitor komputer, maka alat pencampur internal telah dapat digunakan untuk selanjutnya.

Reaksi pencangkakan karet alam siklis blanko

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

Reaksi pencangkakan dengan inisiasi panas, tanpa devinil benzen

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 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 devinil benzen

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 benzoil peroksida sehingga tercampur dan mengalami reaksi pencangkakan. Setelah berlangsung selama 8 menit, proses dihentikan dengan menekan tombol STOP. Selanjutnya dalam keadaan panas dengan cepat produk reaksi pencangkakan dikeluarkan dari dalam *chamber*. Setelah dingin dijadikan dalam bentuk granul. Variasi konsentrasi Anhidrida maleat yang digunakan adalah masing-masing 2, 4, 8 dan 16 perseratus karet (*per hundred rubber/phr*).

Pemurnian produk Reaksi pencangkakan

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

Parameter Pengamatan

Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Cara Kerja

I. Persiapan Sampel

Persiapkan sampel dan reference yang akan digunakan dalam analisa dengan ketentuan:

- Timbang reference 2 kali bobot sampel untuk sampel polimer
- Timbang reference sama dengan bobot sampel untuk sampel polimer

Letakkan reference pada sampel pan sebelah kiri dan sampel pada sampel pan sebelah kanan DSC-60

II. Persiapan Alat

1. Buka tabung gas oksigen
2. “On” kan FC-60A
3. Atur “flow rate” gas pada FC-60A
4. “On” kan DSC-60
5. “On” kan TA-60WS
6. “On” kan PC dan Printer

III. Mengatur Parameter Analisa

1. Klik icon [TA-60WS collection]
2. Klik [Detector] pada dialog box DSC-60 (warna hijau)
3. Klik [Measure], klik [measuring parameter]
 - Atur program temperatur sesuai kondisi analisa yang diinginkan
 - Klik [file information] kemudian isi informasi dari sampel yang dianalisa
 - Klik [OK]
2. Klik [detector] klik [autozero]
3. Klik [detector] klik [flow control ½] klik [open]
4. Pastikan sampel dan reference sudah berada pada sampel pan kemudian klik [START]

IV. Transfer data TA-60WS ke TA-50WS

1. Klik icon [TA-60]

2. Klik [file], klik [open], pilih data hasil analisa tahap III
3. Klik [file], klik [save As TA-50 data]
4. Klik [save]

V. Purity Analysis

1. Klik icon [TA-50]
2. Klik [Analysis]
3. Pilih file yang akan dianalisa kemudian klik [open]
4. Klik [Analysis] klik [tangent/temp] dan atur start dan end temperatur kemudian klik [Analyze]
5. Klik [Analysis] klik [purity determination] klik [MW input] kemudian masukan MW sampel dan klik [OK]
6. Atur posisi peak start dan peak end kemudian klik [Analyze]

VI. Partial Area Analysis

1. Klik icon [TA-50]
2. Klik [Analysis]
3. Pilih file yang akan dianalisa kemudian klik [open]
4. Klik [Display], pilih [display parameter] dan rubah axis menjadi Temp(C)] kemudian klik [OK]
5. Klik [Analysis] klik [Partial Area] kemudian masukan start, end dan step temperatur, kemudian klik [OK] (geser kotak posisi data sesuai yang diinginkan) dan klik [OK] (geser kotak posisi data sesuai yang diinginkan) klik [OK], kemudian klik [Cancel].

VII. Specific Heat Capacity

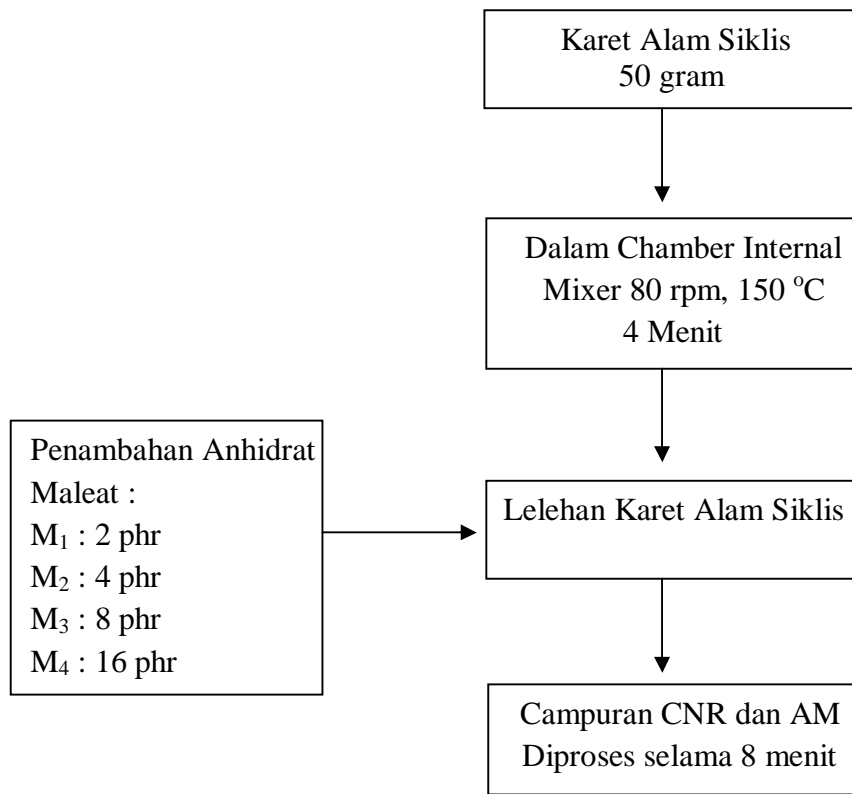
1. Lakukan pengukuran

No.		Sample Pan Kiri	Sample Pan Kanan
1	Blank	Aluminium pan	Aluminium pan
2	Reference	Aluminium pan	Al. pan + sapphire
3	Sample	Aluminium pan	Al. Pan + sample

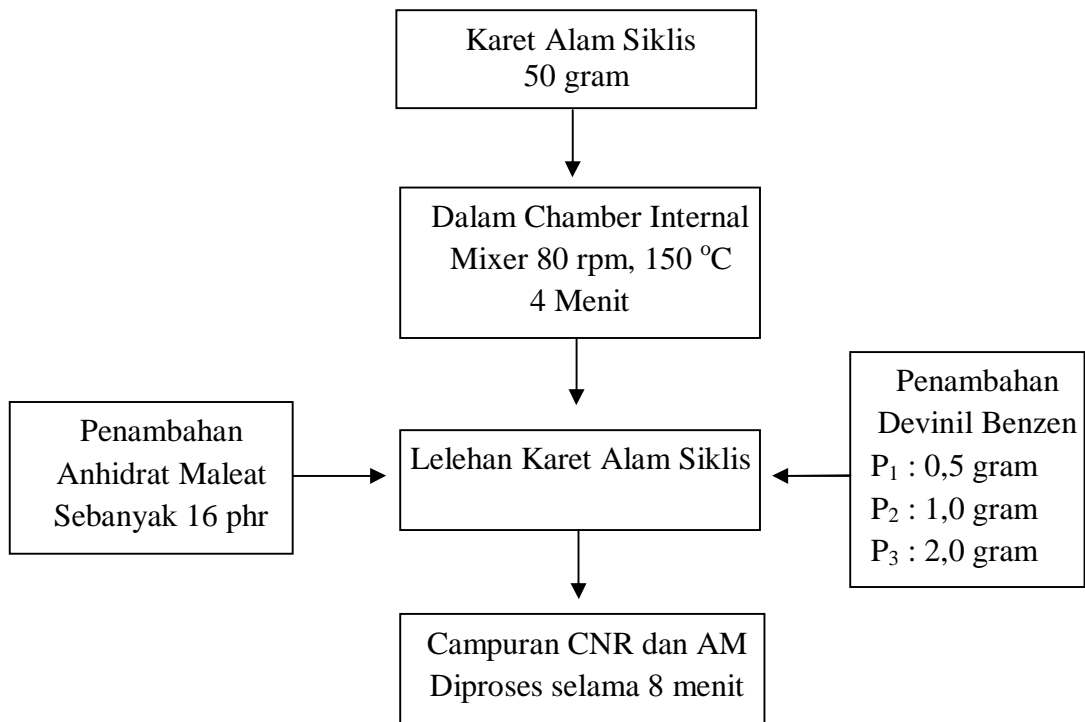
2. Klik icon [TA-50]
3. Klik [Specific heat capacity]
4. Klik [File] KLIK [Open], pilih file yang akan dianalisa (sample, reference, blank) kemudian klik [Open]
5. Set range sample time, klik [OK]
6. Set range reference time, klik [OK]
7. Set range Blank time, klik [OK]
8. Klik [OK]
9. Klik [Analysis], klik Cp [Mouse]

VIII. Kinetic Analysis

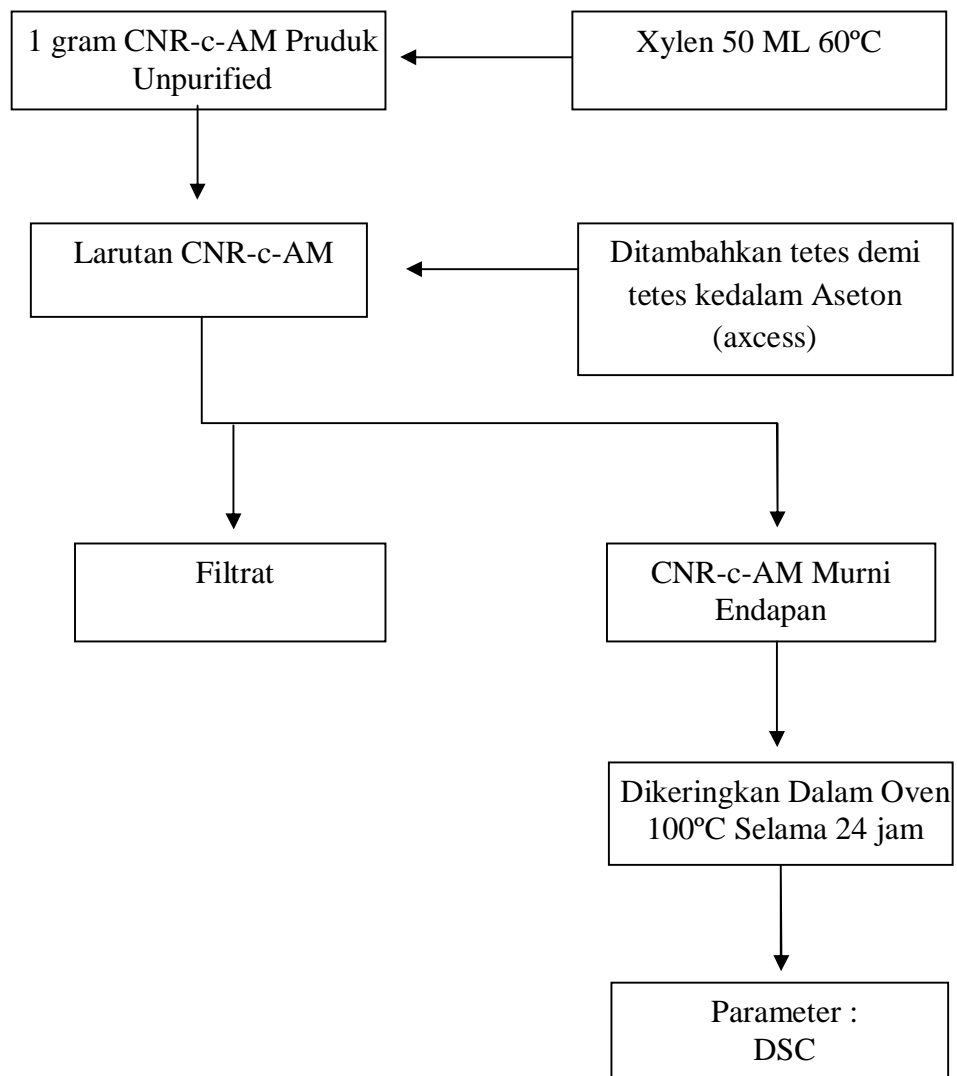
1. Analisa sample minimal 3 kali dengan heating rate yang berbeda
2. Klik icon [TA-50]
3. KLIK [Kinetic Analysis for DSC]
4. Pilih file yang akan dianalisa kemudian klik [open] dan klik [cancel]
5. Klik [Analysis]an klik, klik [Kinetic Analysis]
6. Klik baseline pada saat peak mulai naik dan pada saat peak kembali ke baseline dan klik [OK]
7. Klik [Analysis], geser kotak data sesuai posisi yang diinginkan dan klik [OK]



Gambar 8. Diagram Alir Pencagkokan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Tanpa Devinil Benzen



Gambar 9. Diagram Alir Pencagkokan Anhidrat Maleat Pada Karet Alam Dengan Penambahan Devinil Benzen



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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalorimetri Differensial/Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Prinsip metode *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) ialah mengukur perubahan kapasitas panas (ΔC_p panas jenis) dari fase gelas ke fase karet, dapat digunakan untuk menentukan Transisi gelas (T_g) suatu material. Temperatur transisi gelas (T_g) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur transisi gelasnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras/kaku menjadi lunak seperti karet. Temperatur Transisi gelas (T_g) juga merupakan fungsi kebebasan rotasi, apa saja yang membatasi rotasi mesti menaikkan Transisi gelas (T_g). Semakin ruah/*bulky* gugus-gugus substituen yang terikat ke rangka polimer, maka kebebasan rotasinya menjadi berkurang dan Transisi gelas (T_g) menjadi lebih tinggi (Rahman, 2010).

Karet Alam Siklis Standar

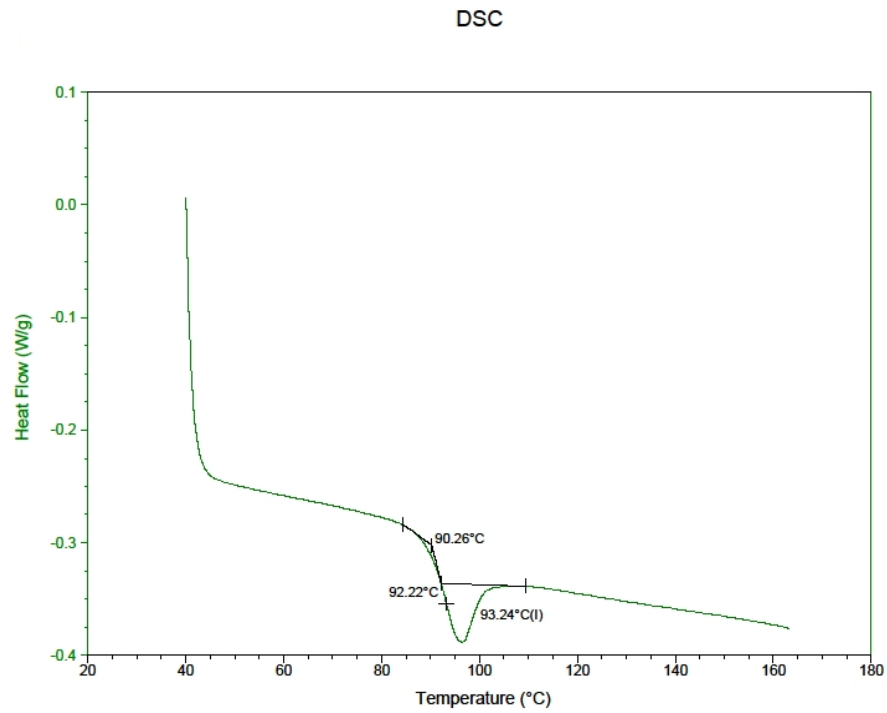
Sifat-sifat Fisika dan Kimia

Sifat-sifat Fisika dan Kimia Karet Alam Siklis segar (*fresh*)/Resiprena 35 dan yang diproses di dalam pencampur internal tanpa penambahan monomer Anhidrat Maleat dan zat / pereaksi lain (standar) diperlihatkan seperti pada Tabel 4.1. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa Karet Alam Siklis yang telah diproses di dalam pencampur internal mengalami perubahan suhu transisi gelas (T_g). Suhu transisi gelas (T_g) menurun dengan adanya proses di dalam pencampur internal.

Tabel 4.1. Spesifikasi Resiprena 35 dan Karet Alam Siklis 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>)	92,22	66,16

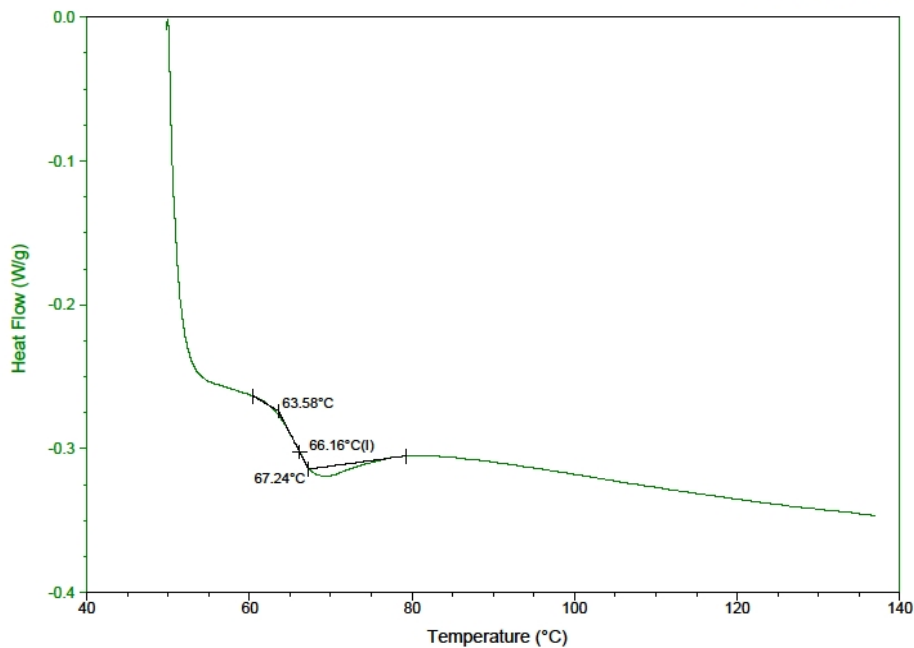
(Sumber : Siregar, 2012).



Gambar 10. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Segar

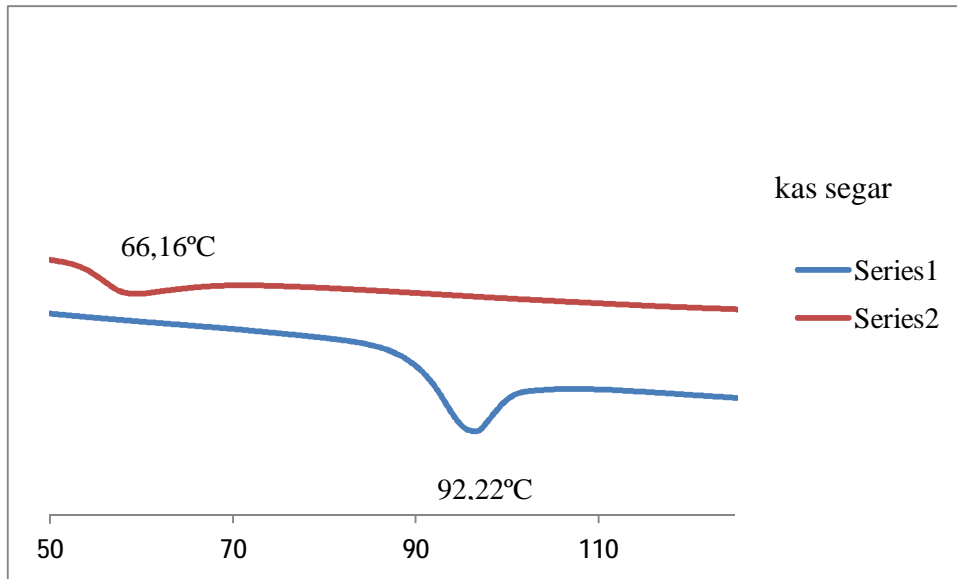
Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 90°C sampai dengan 100°C terjadi penurunan aliran panas (Heat Flow) yang nyata, sehingga dengan menggunakan software T.A (Thermal Analysis) dapat ditentukan temperatur Transisi gelas (Tg) yaitu 92,22°C.

DSC



Gambar 11. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Tanpa Penambahan Anhidrat Maleat.

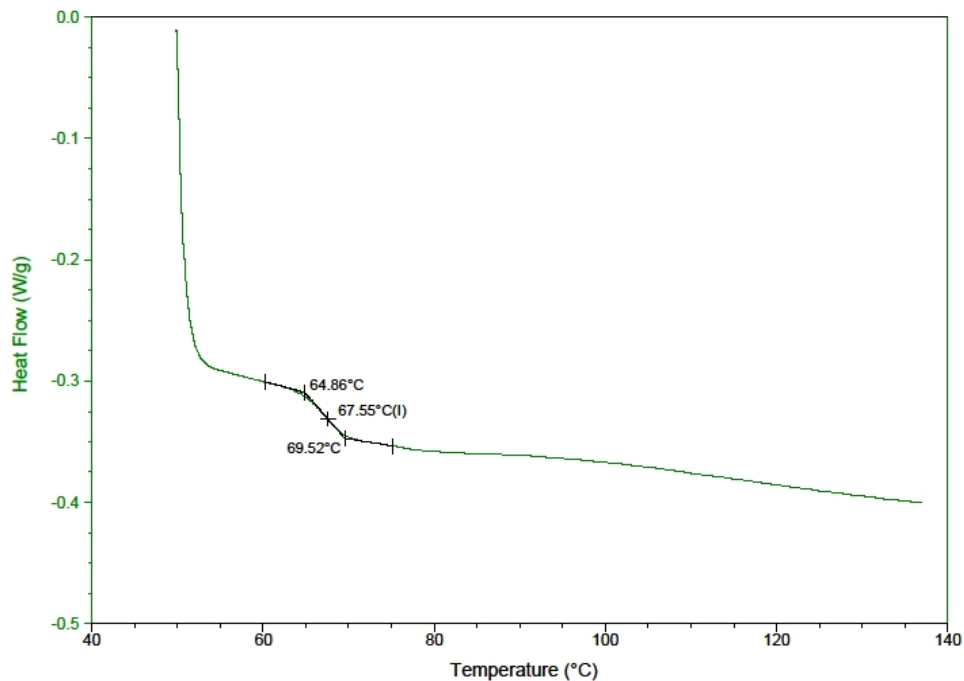
Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 60°C sampai dengan 70°C suhu Transisi gelas (T_g) mengalami penurunan yang sangat drastis dibandingkan dengan Karet Alam Siklis Segar dari 92,22°C menjadi 66,16°C. Hal ini bisa dipahami bahwa dengan mengalami proses di dalam pencampur internal dengan suhu 150°C dengan kecepatan rotor 80 rpm selama 12 menit maka struktur Karet Alam Siklis mengalami perubahan. Strukturnya menjadi rusak dan tidak teratur sehingga menjadi lebih kaku. Struktur yang demikian membutuhkan suhu/energi yang lebih rendah untuk berubah dari keras/kaca menjadi seperti karet/rubbery.



Gambar 12. Grafik Thermografi Gabungan Karet Alam Siklis Segar (1) Dan Yang Sudah Diproses Didalam Internal Mixer (2)

Dari grafik thermografi DSC dapat dilihat bahwa Karet Alam Silkis segar memiliki suhu transisi gelas (T_g) 92°C dan Karet Alam Siklis yang sudah diproses di dalam pencampur internal memiliki suhu transisi gelas 66°C . Terjadi penurunan Transisi gelas setelah Karet Alam Siklis diproses di dalam pencampur internal. Hal ini bisa dipahami bahwa dengan mengalami proses di dalam pencampur internal pada suhu 150°C dengan kecepatan rotor 80 rpm selama 12 menit maka struktur Karet Alam Siklis mengalami perubahan. Strukturnya menjadi lebih tidak kaku, yang demikian membutuhkan suhu/energi yang lebih rendah untuk dapat berotasi dan berubah dari kristalin menjadi seperti karet/*rubbery*. Gabungan (*overlay*) thermogram Karet Alam Siklis segar dan yang sudah diproses di dalam pencampur internal dapat dilihat seperti pada Gambar 12.

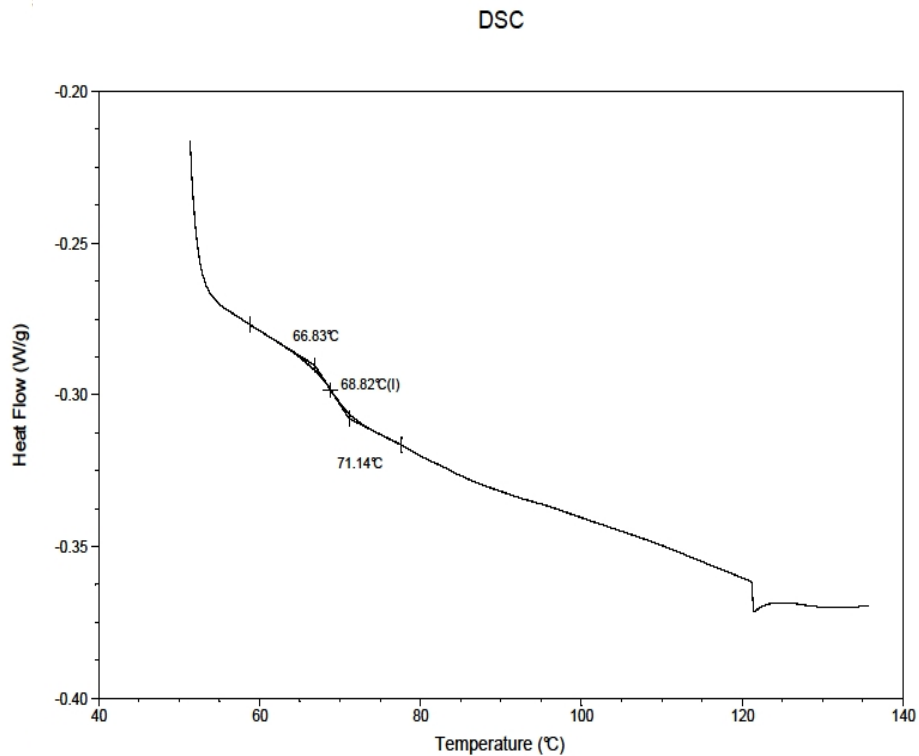
DSC



Gambar 13. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 2 phr.

Pada gambar 13 dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 65°C sampai dengan 75°C sampel mengalami perubahan dari keadaan yang keras/kaku menjadi lunak seperti karet pada suhu 67,55°C dengan penambahan Anhidrat Maleat sebesar 2 phr, dibandingkan dengan tanpa penambahan Anhidrat Maleat maka terjadi peningkatan suhu Transisi gelas dari 66,16°C – 67,15°C. Hal ini dapat dipahami karna dengan penambahan Anhidrat Maleat yang tercangkok pada Karet Alam Siklis maka struktur Karet Alam Siklis menjadi lebih ruah/bulky, konsentrasi monomer Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis meningkat, sehingga mengakibatkan naiknya drajat grafting Anhidrat Maleat pada pencangkokan Karet Alam Siklis. Struktur yang demikian ini memiliki kebebasan rotasi yang rendah dan sebaliknya suhu Transisi gelas menjadi meningkat. Hal ini

sesuai dengan literatur Bettini, (1999) yang menyatakan bahwa pencangkakan Anhidrat Maleat pada poli profilena (pp) menggunakan proses reaktif di dalam Haake torque rheometer diperoleh kesimpulan bahwa meningkatnya konsentrasi monomer Anhidrida Maleat, mengakibatkan naiknya drajat grafting Anhidrat Maleat. Dengan meningkatnya jumlah Anhidrat Maleat yang tercangkok pada Karet Alam Siklis mengakibatkan struktur Karet Alam Siklis menjadi ruah/bulky dan suhu Transisi gelas menjadi meningkat.

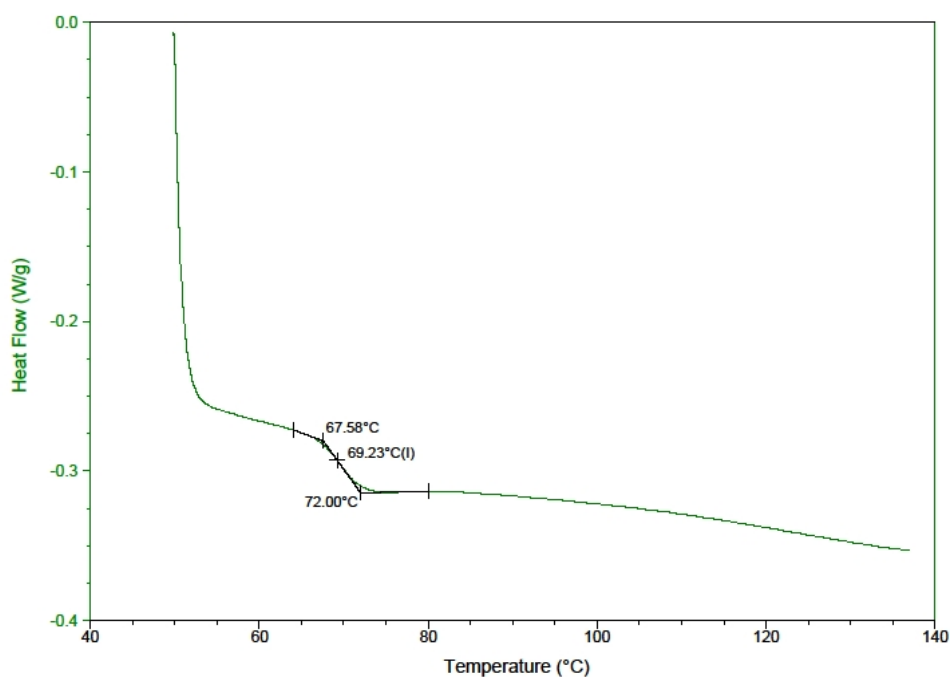


Gambar 14. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 4 phr.

Pada gambar 14 dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 65°C sampai dengan 80°C sampel mengalami penurunan kapasitas dengan penambahan Anhidrat Maleat sebanyak 4 Phr. Dengan menggunakan software pengolah data Thermal Analysis diketahui Temperatur Transisi Gelas (T_g) adalah 68,82°C,

dibandingkan dengan tanpa penambahan Anhidrat Maleat dan penambahan Anhidrat Maleat 2 phr Tg meningkat dari suhu 66,16°C sampai dengan 67,15°C menjadi 68,82°C. Hal ini terjadi karena salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau pada suhu yang tinggi, sehingga kebebasan rotasi pada suhu Transisi gelas (Tg) menjadi berkurang dan nilai Transisi gelas (Tg) menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan literatur Rahman, (2010) yang menyatakan Temperatur transisi gelas (Tg) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur transisi gelasnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras/kaku menjadi lunak seperti karet. Transisi gelas (Tg) juga merupakan fungsi kebebasan rotasi, apa saja yang membatasi rotasi mesti menaikkan Transisi gelas (Tg). Semakin ruah/*bulky* gugus-gugus substituen yang terikat ke rangka polimer, maka kebebasan rotasinya menjadi berkurang dan Transisi gelas (Tg) menjadi lebih tinggi.

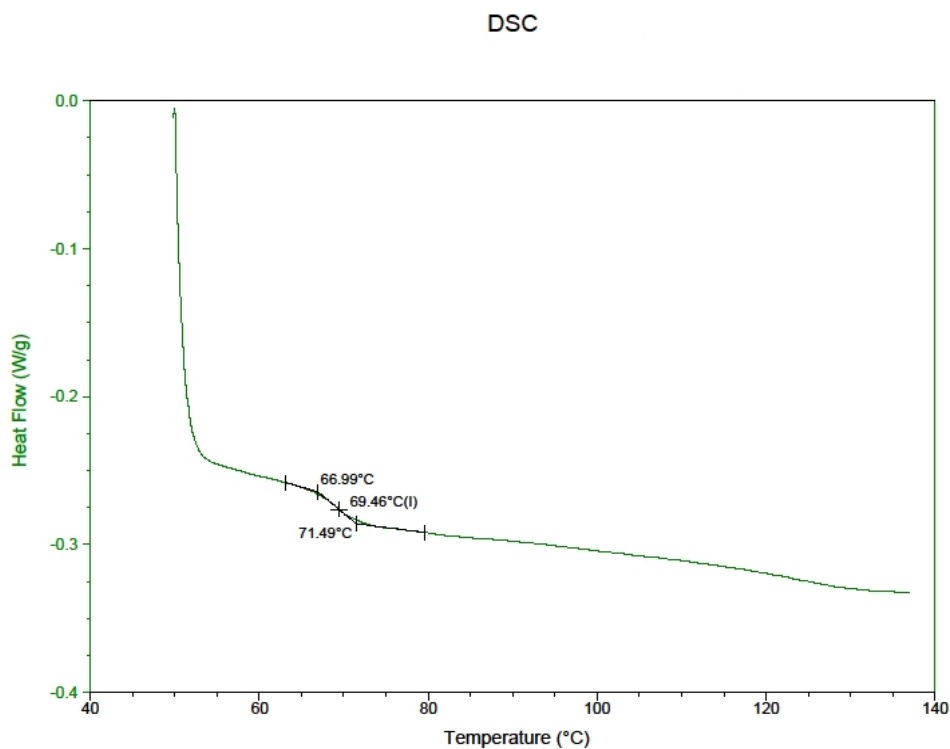
DSC



Gambar 15. Grafik Thermografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 8 phr.

Pada gambar 15 dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 65°C sampai dengan 80°C sampel mengalami penurunan kapasitas panas dengan penambahan Anhidrat Maleat sebanyak 8 phr. Dengan menggunakan software pengolahan data Thermal Analysis diketahui Temperatur Transisi Gelas (T_g) adalah 69,23°C. Dibandingkan dengan T_g dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 phr maka dengan penambahan 8 phr Anhidrat Maleat pada suhu Transisi gelas (T_g) meningkat menjadi 69,23°C. Peningkatan Transisi gelas (T_g) terjadi karena dengan kecepatan rotor dan waktu reaksi sehingga Transisi gelas (T_g) mengalami kebebasan rotasi dimana apa saja yang membatasi rotasi pasti menaikkan Transisi gelas (T_g). Sebaliknya jika suhu berada dibawah Transisi gelas (T_g), maka polimer amorfus dan semi kristal cenderung keras karena rantai polimernya

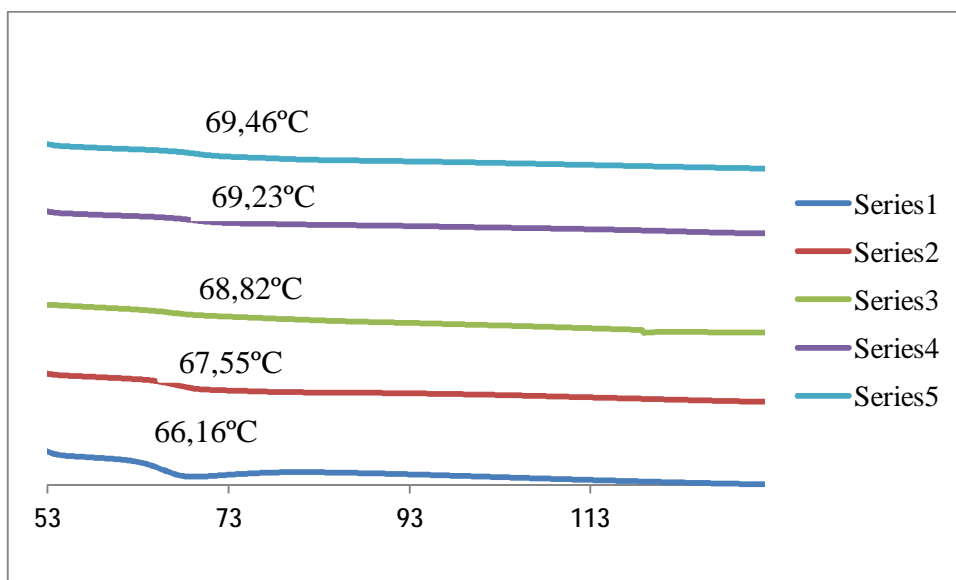
terkunci dalam posisi yang tidak beraturan. Hal ini sesuai dengan literatur Steaven, (1975) yang menerangkan bahwa pada suhu dibawah Transisi gelas (T_g), polimer amorfus dan semi kristal cenderung keras dan rapuh karena rantai polimer terkunci dalam posisi yang tidak beraturan dan melingkar. Di atas Temperatur Transisi gelas (T_g), polimer melepaskan sifat-sifat gelasnya yang kaku dan cenderung menjadi lebih elastis. Umumnya titik Transisi gelas (T_g) bergantung pada pengolahan material, begitu pula karakteristik alami material seperti struktur, ikatan dan berat molekul. Karena dibutuhkan energi untuk melepaskan ikatan ini, transisi gelas muncul pada kurva Diffrential Scanning Calorimetry (DSC) sebagai proses endotermik.



Gambar 16. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr

Pada gambar 16 dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 66°C sampai dengan 75°C sampel mengalami penurunan kapasitas panas dengan penambahan

Anhidrat Maleat sebanyak 16 phr. Dengan menggunakan software pengolah data Thermal Analysis diketahui Temperatur Transisi Gelas (T_g) adalah $69,46^{\circ}\text{C}$. Dibandingkan dengan Transisi gelas (T_g) dengan penambahan Anhidrat Maleat 8 phr maka dengan penambahan 16 phr Anhidrat Maleat pada suhu Transisi gelas (T_g) meningkat menjadi $69,46^{\circ}\text{C}$. Kenaikan sampel terjadi dikarenakan meningkatnya konsentrasi monomer Anhidrida maleat, kecepatan rotor dan waktu reaksi mengakibatkan naiknya drajat grafting Anhidrat Maleat dengan penambahan Anhidrat Maleat sebanyak 16 phr. Semakin banyak Anhidrat Maleat yang ditambahkan maka derajat grafting Anhidrat Maleat akan semakin semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan literatur Bettini, (1999) yang menyatakan bahwa penelitian pencangkakan Anhidrat Maleat 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 Anhidrat Maleat.



Gambar 17. Grafik Termografi DSC Tanpa Penambahan Anhidrat Maleat (1), Penambahan Anhidrat Maleat Sebanyak 2 phr (2), 4 phr (3), 8 phr (4) dan 16 phr (5)

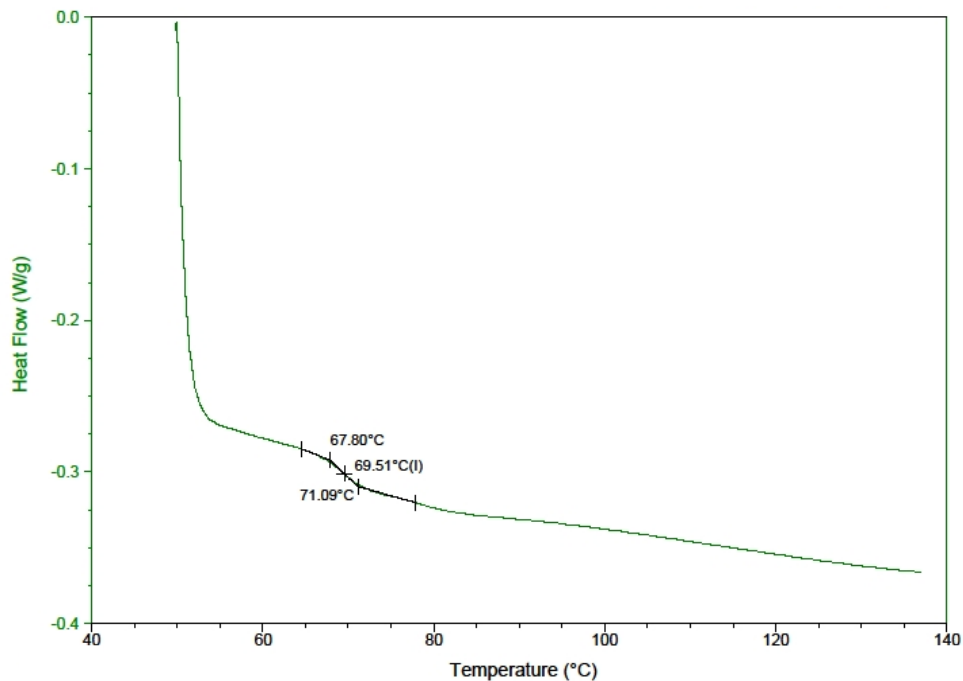
Hasil karakterisasi dalam bentuk grafik termografi DSC sampel Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat diperlihatkan seperti pada gambar 17. Dari grafik termografi DSC dapat dilihat bahwa Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat dengan konsentrasi monomer 2, 4, 8 dan 16 phr memiliki suhu transisi gelas (T_g) masing-masing $67,55^{\circ}\text{C}$, $68,82^{\circ}\text{C}$, $69,23^{\circ}\text{C}$ dan $69,46^{\circ}\text{C}$.

Suhu transisi gelas (T_g) memiliki kecenderungan yang meningkat dengan terjadinya pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis. Meningkatnya konsentrasi Anhidrat Maleat terlihat meningkatkan suhu transisigelas (T_g) produk pencangkakannya. Hal ini juga menunjukkan bahwa telah terjadi pencangkakan gugus maleat pada Karet Alam Siklis. Semakin banyak gugus maleat yang tercangkok maka produk Karet Alam Siklis menjadi lebih *bulky* atau lebih kaku (*rigid*), polar dan meningkatnya massa molekulnya. Suhu transisi gelas (T_g) juga meningkat dengan terjadinya pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis.

Suhu transisi gelas (T_g) merupakan suhu dimana polimer amorfus melepaskan sifat-sifat gelasnya. Ketika polimer dipanaskan, energi kinetik molekul-molekulnya bertambah, namun gerakannya masih dibatasi sampai vibrasi dan rotasi daerah pendek sepanjang polimer terus mampu mempertahankan struktur gelasnya. Jadi Transisi gelas (T_g) merupakan fungsi kebebasan rotasi, apa saja yang membatasi rotasi mesti menaikkan Transisi gelas (T_g). Semakin meruah/*bulky* gugus-gugus substituen yang terikat ke rangka polimer, maka kebebasan rotasinya menjadi berkurang dan Transisi gelas (T_g) menjadi lebih tinggi. Polaritas juga dapat mempengaruhi Transisi gelas (T_g). Gugus yang lebih polar menimbulkan Transisi gelas (T_g) yang lebih besar karena naiknya interaksi

Kebebasan rotasi menurun dengan adanya ikatan hidrogen intramolekul. Struktur yang *bulky* dan meningkatnya sifat polar serta bertambahnya massa molekul suatu zat akan meningkatkan suhu transisi gelas zat (Kealey, 2000).

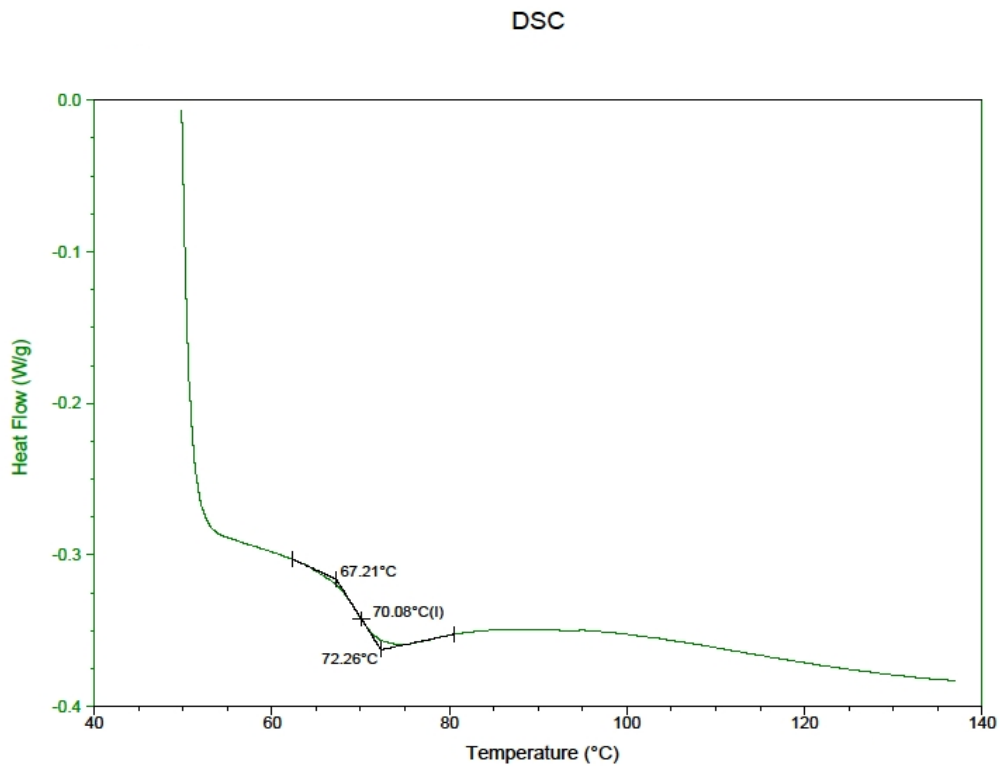
DSC



Gambar 18. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr Dan Kehadiran Devinilbenzen 0,5 gram.

Dapat dilihat pada gambar 18 dari grafik termografi karet alam siklis yang ditambahkan anhidrat maleat 16 phr dan inisiator devinilbenzen 0,5 gram mengalami peningkatan yang sangat signifikan sebesar 69,51°C. Sampel mengalami perebuhan, tingkat suhu pada proses perubahan suhu yang menyebabkan terjadinya transisi fase amorfus keras (*glass*) ke fase/bentuk lunak (*rubbery*) atau sebaliknya, disebut suhu transisi gelas (T_g). Tingkat suhu pada perubahan dari fase kristal ke fase gelas, atau sebaliknya, juga disebut suhu transisi gelas. Tiap senyawa polimer murni mempunyai satu Transisi gelas (T_g) spesifik, di atas suhu itu polimer (misalnya bahan plastik) melunak dan mudah dibentuk atau dicetak. Transisi gelas (T_g) polimer murni dapat pula digeser turun

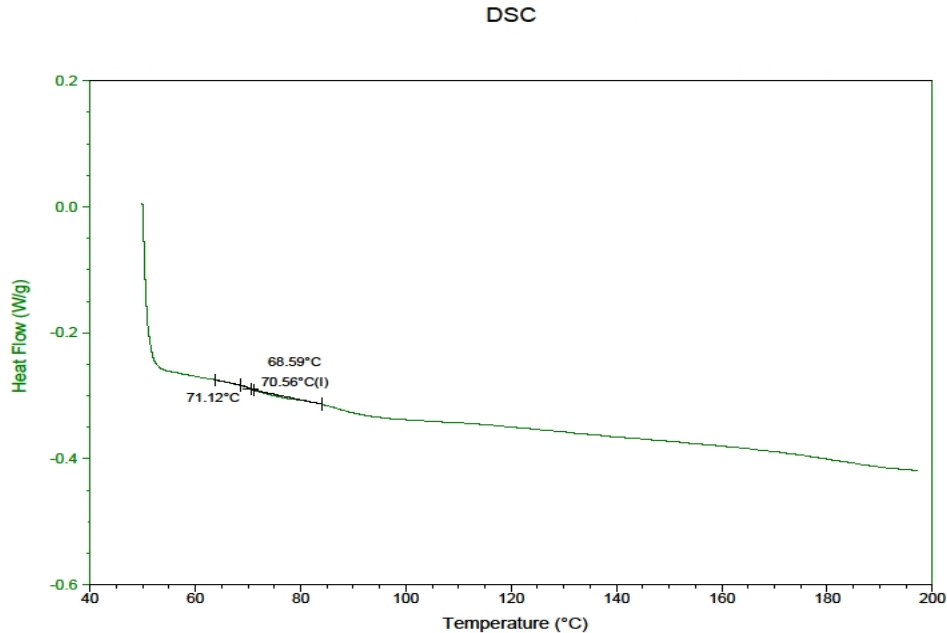
dengan menambah bahan pelunak (*plasticizer*). Proses transisi gelas memerlukan kisaran suhu, tidak tiba-tiba terjadi.



Gambar 19. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Dengan Penambahan Anhidrat Maleat 16 phr Dan Kehadiran Devinilbenzen 1 gram

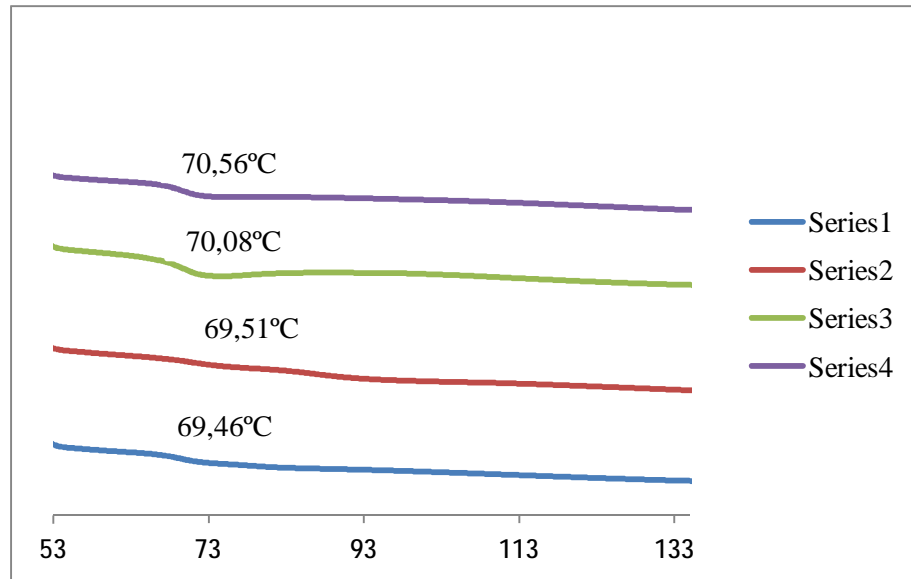
Dapat dilihat Pada gambar 19 grafik termografi karet alam siklis yang ditambahkan anhidrat maleat 16 phr dan inisiator devinil benzen 1 gram mengalami Sampel mengalami kenaikan aliran panas sebesar 70,08°C sampel mula-mula dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet. Hal ini sesuai dengan literatur Rahman, (2010) yang menyatakan bahwa Temperatur transisi gelas (Tg) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur

transisi gelasnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet.



Gambar 20. Grafik Termografi Karet Alam Siklis Dengan Penamahan Anhidrat Maleat 16 phr Dan Kehadiran Devinilbenzen 2 gram

Dapat dilihat Pada gambar 20 grafik termografi karet alam siklis yang ditambahkan anhidrat maleat 16 phr dan inisiator devinil benzen 2 gram mengalami Sampel mengalami kenaikan aliran panas sebesar 70,56°C sampel mula-mula dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet. Hal ini sesuai dengan literatur Rahman, (2010) yang menyatakan bahwa Temperatur transisi gelas (Tg) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur transisi gelasnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet.



Gambar 21. Grafik Termografi Gabungan Karet Alam Siklis Tercangkok Anhidrat Maleat 16 phr Dengan Kehadiran Devinilbenzen yaitu: (1), 0,5 gr (2). 1 gr (3). 2 gr

Hasil karakterisasi dalam bentuk thermogram Differential Scanning Calorimetry (DSC) sampel Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat diperlihatkan dalam 21. Dari thermogram Diffrential Scanning Calorimetry (DSC) dapat dilihat bahwa Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat dengan penambahan devinilbenzen memiliki konsentrasi monomer 0,5 gr, 1 gr dan 2 gr memiliki suhu transisi gelas (T_g) masing-masing $69,46^{\circ}\text{C}$, $69,51^{\circ}\text{C}$, $70,08^{\circ}\text{C}$ dan $70,56^{\circ}\text{C}$.

Suhu transisi gelas (T_g) memiliki kecendrungan yang meningkat dengan terjadinya pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis. Suhu transisi gelas produk pencangkakan Anhidrat Maleat dengan kehadiran inisiator devinilbenzen. Devinilbenzen meningkat dibandingkan dengan Karet Alam Siklis blanko. Meningkatnya konsentrasi Anhidrat Maleat terlihat meningkatkan suhu transisi gelas (T_g) produk reaksi pencangkokannya. Hal ini juga menunjukkan bahwa telah terjadi pencangkakan gugus maleat pada Karet Alam Siklis. Semakin

banyak gugus maleat yang tercangkok maka produk Karet Alam Siklis menjadi lebih *bulky* atau lebih *rigid*, polar dan meningkatnya massa molekulnya. Struktur yang *bulky* dan meningkatnya sifat polar serta bertambahnya massa molekul suatu zat akan meningkatkan suhu transisi gelas zat itu (Kealey, 2000).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh penambahan Anhidrat Maleat dan divinilbenzen dengan metode differential scanning calorimetry (DSC) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karet Alam Siklis yang sudah mengalami reaksi pencangkakan dengan penambahan anhidrat maleat dengan konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik DSC. Hal ini dapat dilihat bahwa pada karet alam siklis dengan penambahan AM 16 phr mengalami peningkatan suhu Tg dari 67,55°C menjadi 69,46°C.
2. Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat 16 Phr dengan penambahan divinil benzen sebanyak 0,5 gram, 1 gram dan 2 gram memberikan pengaruh terhadap sifat thermal Karet Alam Siklis berdasarkan karakteristik DSC. Hal ini dapat dilihat bahwa karet alam siklis dengan penambahan 16 phr dan divinilbenzen sebesar 2 gram mengalami peningkatan Tg dari 69,51°C menjadi 70,56 °C.

Saran

- Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan monomer yang berbeda dan jumlah konsentrasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, Ciesielski. 1999. *Introduction to Rubber Technology*. Rapra Technology Limited United Kingdom.
- Anonim. 2010. *Upaya Industri Karet Nasional Dalam Menghadapi Persaingan Pasar Karet Remah di Dunia Internasional*. Diakses pada tanggal 15 September 2012.
- Balai Penelitian Sembawa. 2010. *Saptabina Usahatani Karet Rakyat (edisi ke -5)*. Pusat Penelitian Karet. Balai Penelitian Sembawa. Palembang.
- Bhattacharya, Amin. B. N. Misra, 2004. *Grafting : a versatile means to modify polymers, techniques, factor and applications, prog. Polym. Sci.* 29:767814.
- Beilen, Jan Van Yves Poirier, Bill Orts. 2006. *Alternative Sources of Natural Rubber*. CPL Press Sciences Publisher. Newbury. Berks. UK
- Bettini, S. H. P. J. A. M. Agnelli. 1999. *Grafting of maleic anhydride onto polypropylene by reactive processing. I. Effect of maleic anhydride and peroxide concentrations on the reaction*. J. Appl. Polym. Sci. 74
- Chonlada, Sangkaworn. *A study of Product, Pricing and Promotional Practice*. Journal of Marketing Practices of Hotel and Resort, Chiang Mai.
- Flint, C. F. dan B. J. Eaton. 1938. *The Chemistry and Tecnology of Rubber Latex*. D. Van Nostrand Company. Inc. New york.
- Gaylord, N. G. 1983. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, vol. New york.
- 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).
- Janssen, Hendrik Jan Jacob. 1954. United States Patent Office, 2.814.656
- Jaehung, Cha. 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.
- Krump, H. P. Alexy. A. S. Luyt. 2005. *Preparation of a maleated Fischer-Tropsch paraffin wax and FTIR analysis of grafted maleic anhydride*. Polymer Testing 129-135.
- Lee, D. F. 1963. *The Cyclization of Natural Rubber*. Proceedings of the Royal Society of London. The Royal Society. London.

- Li, Y. M. 2001. *Mechanical Behavior of Multi-Phase Clay-Modified Polypropylene Blend Systems*. Texas A&M University: Doctor of Philosophy.
- Malcom, P. S. 2001. *Polimer Chemistry : An Introduction*. Diindonesiakan oleh Lis Sofyan. Cetakan Pertama. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Makhnunah, Ninis. 2013. *Sintesis dan karakterisasi poli(Butilen Itakonat) dengan penambahan devinil benzen sebagai agen penyabung silang*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Mirzataheri, M. 2000. *The Cyclization of Natural Rubber*. Iran J. Chem. & Chem. Eng.
- Nakason, C. A. Kaesaman., P. Supasanthitikul. 2001. *The grafting of maleic anhydride onto natural rubber*. Polymer Testing 23; 35-41.
- Rahman. 2010. *Therma Relaxion of Gelatin and date flesh measured by isothermal condition in differential scanning calorimetry and its relation to the structural and mechanical glass transision*. International J of food properties.
- Riyajan, S. 2006. *Cationic Cyclization of Deproteinized Natural Rubber Latex using Sulfuric Acid Elastomer and Plastic*. 104-109.
- 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.
- Saelao, J. P, Phinyocheep. 2005. *Influence of styrene on grafting efficiency of maleic anhydride onto natural rubber*. J. Appl. Polym. Sci. 95-28-38.
- Siregar, Said. 2012. *Spesifikasi Resprena 35 Dan Karet Alam Siklis Standart*. Dapertemen Perindustrian, Jakarta 2.
- Subramaniam. 1987. *Tentang Komposisi Lateks Karet Alam (Ceylon rubber Latex)*. Hal 10.
- Syafira, Lina Fatayati. 2012. *Evaluasi Pengolahan dan Mutu Bahan Olahan Karet Rakyat (Bokar) di Tingkat Petani Karet*. Balai Penelitian Sembawa. Pusat Penelitian Karet
- Tarachiwin, L. Sakdapipanich, J. Ute, K. Kitayama, T. Tanaka. 2005. *Stuctural Characterization of terminal group of natural rubber2: Decompotition of branch points by phospholipase and chemical treatments*.
- Tim Penulis, P. S. 2008. *Panduan Lengkap karet*. Cet. 1. Jakarta. Penerbit Penebar swadaya.
- Thio, Goan Loo. 1980. *Tuntunan Praktis Mengelola Karet Alam*. PT. Kinta. Jakarta.

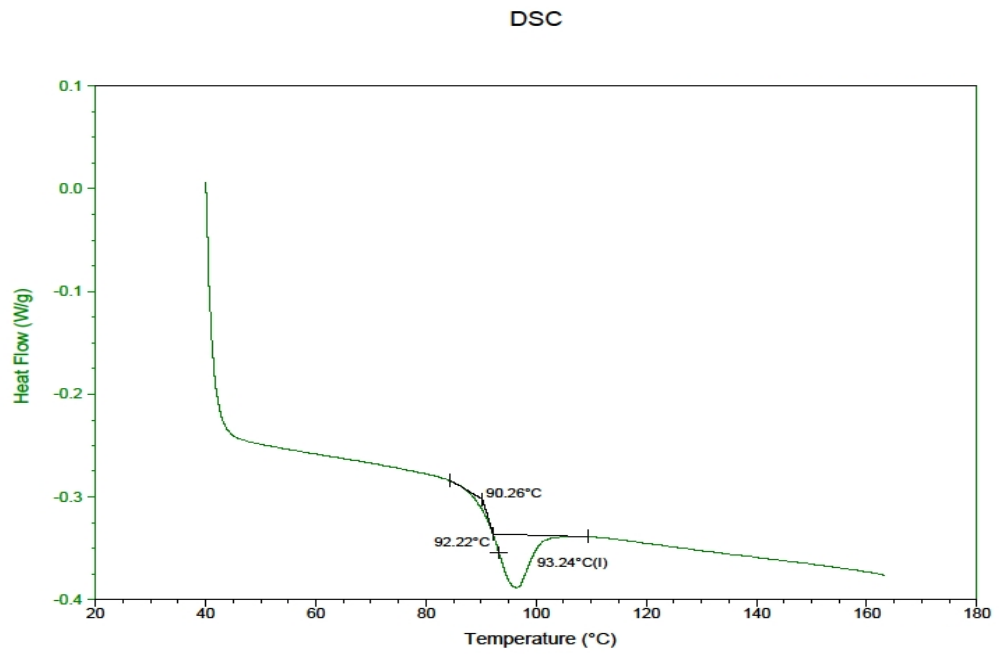
- Tumorrski. 1961. *Cyclization of Diene Polymer I: Cyclization of Natural Rubber in Phenol Solution*. Moscow Institute of Fine Chemical Technology. Moscow.
- Yunus, Dede. 2013. *Sifat Karet*. <http://karetller.blogspot.com/2012/11/sifat-karet.html>. Diakses Pada Tanggal 27 Oktober 2018.
- Zhen, Yao. 1998. *Semicontinuous The Bulk Copolymerization of Styrene and Maleic Anhydride: Experiments And Reactor Model*. J appl polym Sci 67: 1905-1912.

Lampiran 1. Rancangan Penelitian Pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet
 Alam Siklis, dengan Penambahan Divinil Benzen (DVB)

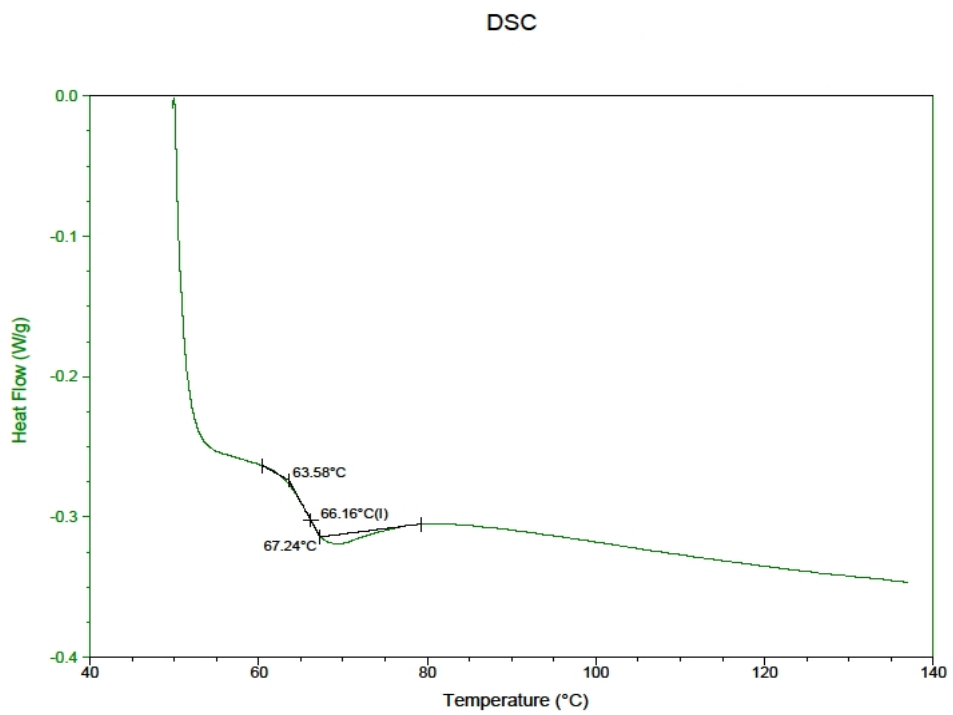
		CNR (g)	Anhidrat Maleat		Divinil Benzen		Kec. Rotor (rpm)	T (°C)	T (min)
			(phr)	(g)	Mol ratio/MA)	(g)			
IR/1	1	30	-	-	-	-	-	-	-
	2	30	-	-	-	-	80	150	8
	3	30	2	0.6	-	-	80	150	8
	4	30	4	1.2	-	-	80	150	8
	5	30	8	2.4	-	-	80	150	8
	6	30	16	4.8	-	-	80	150	8
15	7	30	16	4.8	0.5	2.55	80	150	8
16	8	30	16	4.8	1.0	5.11	80	150	8
17	9	30	16	4.8	2.0	10.22	80	150	8

Lampiran 2.

Karet Alam Siklis Segar

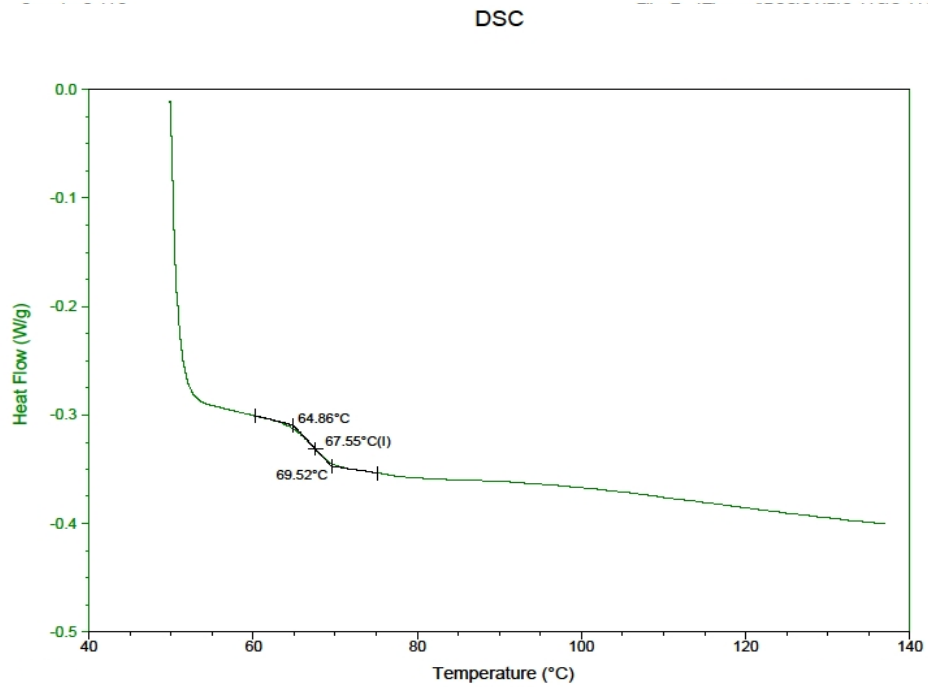


Karet Alam Siklis Tanpa Penambahan Anhidrat Maleat

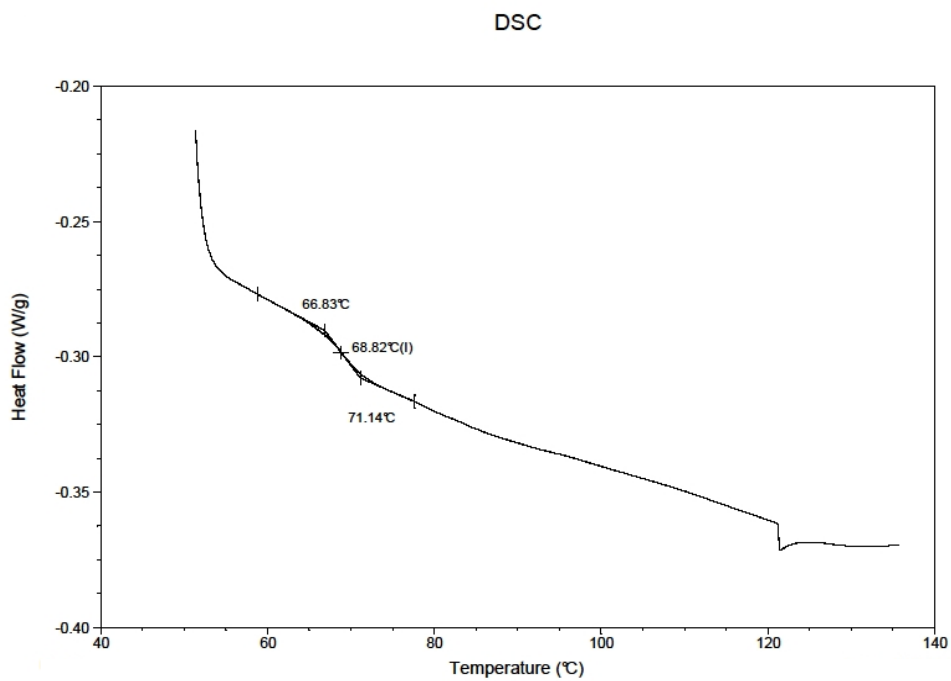


Lampiran 3

Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 2 phr



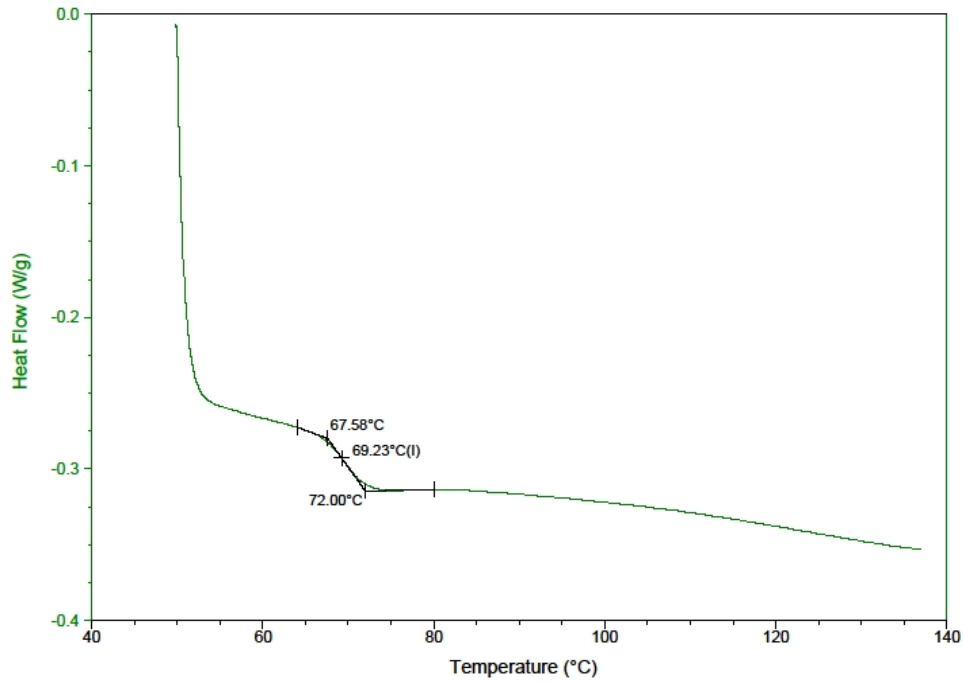
Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 phr.



Lampiran 4.

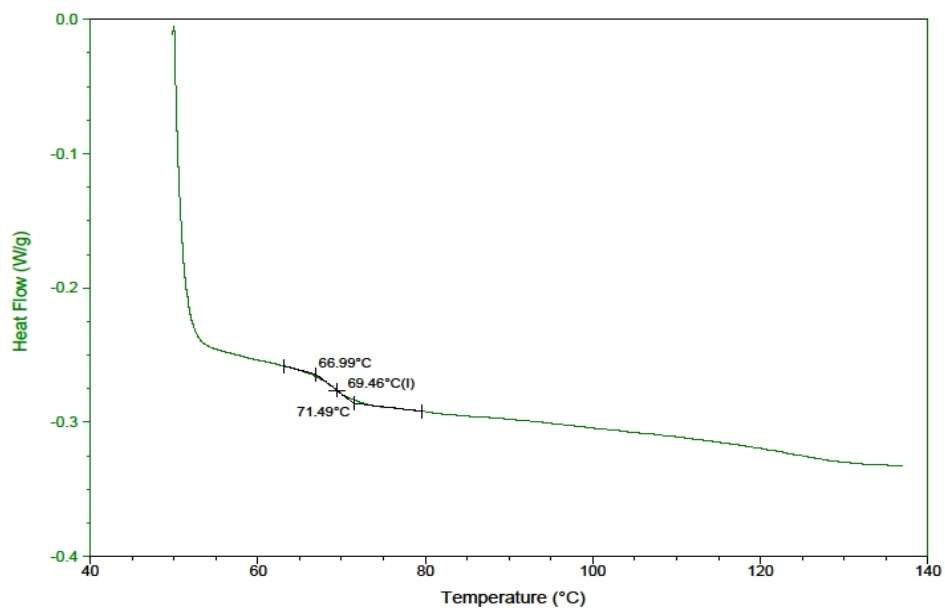
Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 8 phr

DSC



Karet Alam Siklis dengan penambahan AM 16 phr

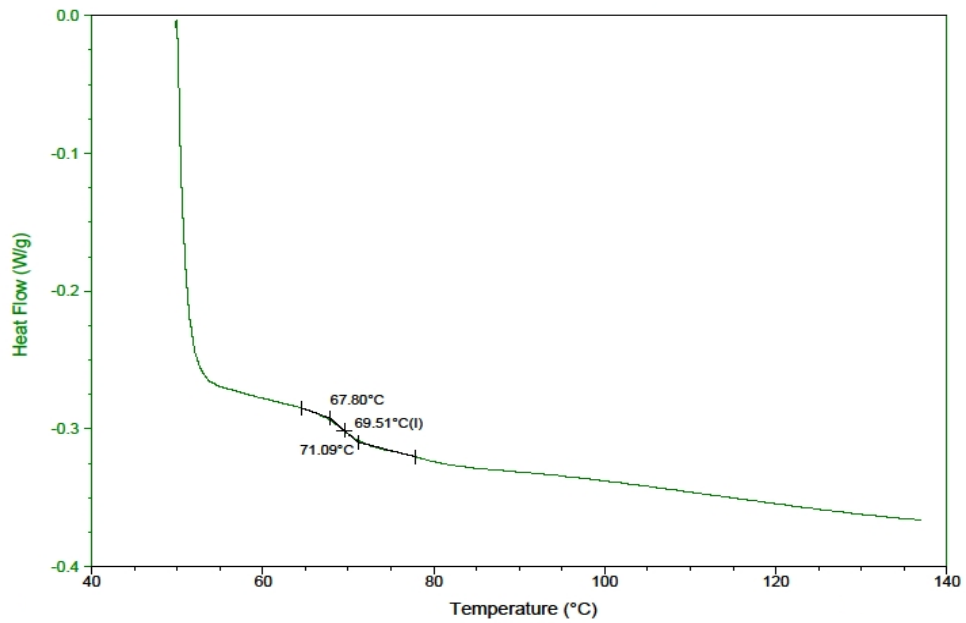
DSC



Lampiran 5.

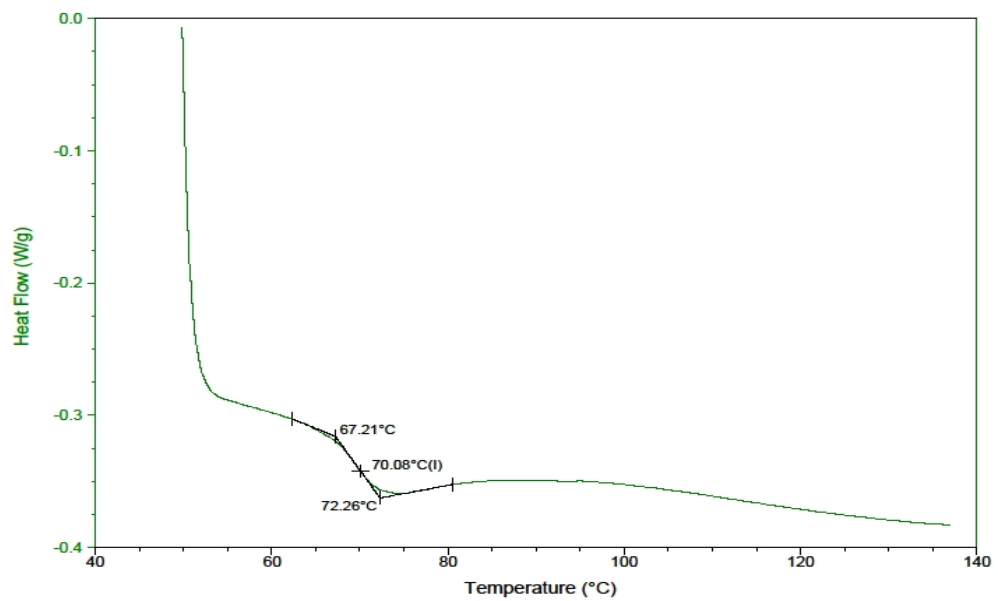
Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dengan kehadiran devinilbenzen 0,5 gram.

DSC



Karet Alam Siklis dengan penambahan Anhidrat Maleat 16 phr dengan kehadiran devinilbenzen 1 gram

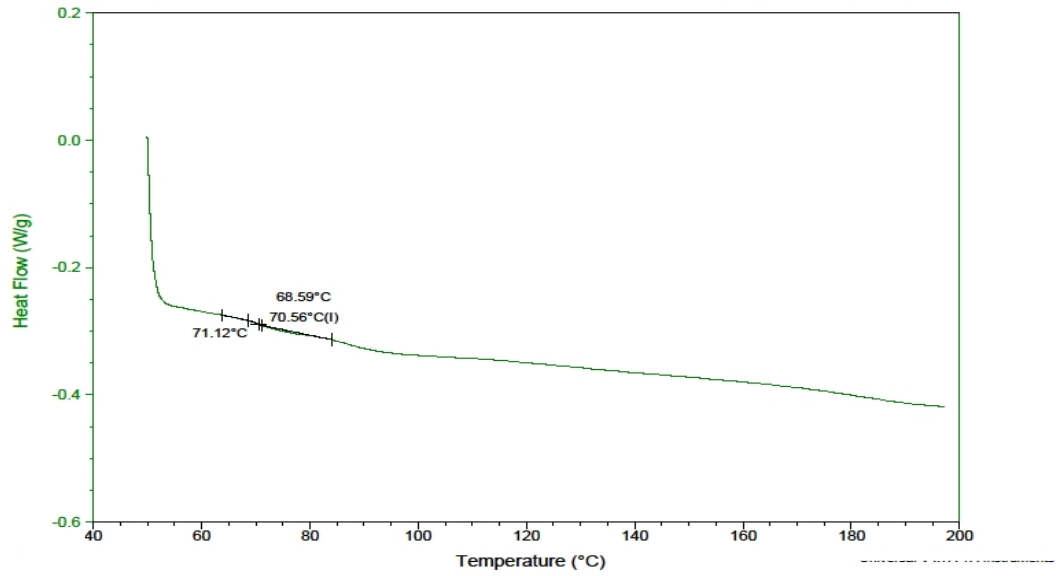
DSC



Lampiran 6

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

DSC



Lampiran 7.



Karet alam siklis

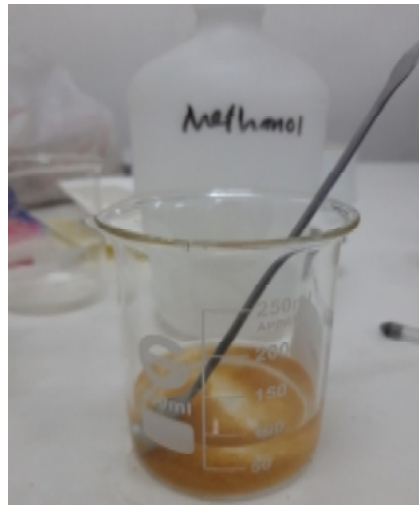


Karet alam siklis di haluskan



Di timbang sebanyak 2 gr

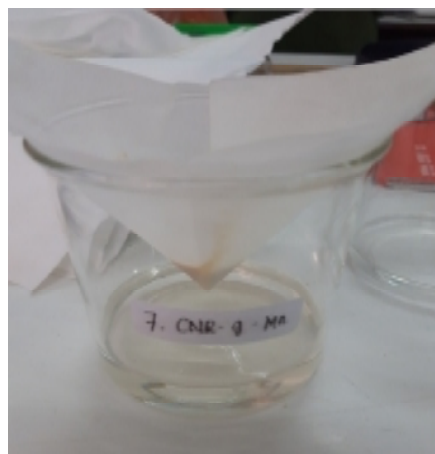
Lampiran 8.



Ditambahkan methanol



Disaring dengan kertas saring



larutan dan endapan terpisah

Lampiran 9.



Endapan yang diambil



Endapan di masukan ke dalam oven dengan suhu 120°C .



Ditambah kan larutan xylen.

