

## **Analisis Metode Differential Scanning Calorimetry Terhadap Sifat Thermal Produk Pencangkakan Anhidra Maleat Pada Karet Alam Siklis**

**Enisa Cita Mentari**

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian, <sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

[enisacitamentari@gmail.com](mailto:enisacitamentari@gmail.com)

### **Abstrak**

*Penelitian ini akan dilakukan modifikasi Karet Alam Siklis dengan Anhidrat Maleat dengan penambahan komonomer devinil benzen untuk menghasilkan produk pencangkakan yang memiliki karakteristik atau sifat yang lebih polar untuk pemanfaatan yang lebih luas. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menghasilkan produk olahan karet yang berkualitas dan tentunya bernilai jual tinggi sehingga dapat menambah keuntungan bagi para petani karet. Salah satu peningkatan nilai ekonomis karet adalah dengan membuat produk pencangkakan Anhidrat Maleat pada Karet Alam Siklis. Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium untuk menghasilkan material baru. Kemudian dilakukan penentuan banyaknya Anhidrat Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis. Adapun penambahan Anhidrat Maleat yang tercangkok pada karet alam siklis dengan variasi konsentrasi : 2, 4, 8 dan 16 phr. Dengan penambahan komonomer devinil benzen dengan variasi : 0,5, 1 dan 2 mol rasio. Sifat thermal dengan penentuan Suhu Transisi gelas ( $T_g$ ) ditentukan dengan metode Differential Scanning Calorimetry (DSC). Berdasarkan pengolahan dengan Differential Scanning Calorimetry (DSC) diperoleh bahwa semakin banyak Anhidrat Maleat yang tercangkok maka  $T_g$  semakin tinggi.*

**Kata Kunci:** *Tanaman Karet, Karet Alam Siklis, Anhidrat Maleat, Devinil Benzen, Differential Scanning Calorimetry*

## 1. PENDAHULUAN

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  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{TiCl}_4$ ). 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 pencangkokan 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/ $\text{P}_2\text{O}_5$ , Stannic Klorida/ $\text{SnCl}_4$ , Asam Sulfat/ $\text{H}_2\text{SO}_4$ , penggunaan bahan bakukaret serta hasil (*yield*) yang berbeda. Modifikasi kimia dengan pencangkokan (*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 Karet 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).

## 2. METODE

### 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).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kalorimetri Differensial/Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Prinsip metode *Defferential Scanning Calorimetry* (DSC) ialah mengukur perubahan kapasitas panas ( $\Delta C_p$  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 gelas 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).

Pada grafik termografi karet alam siklis segar 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 ( $T_g$ ) yaitu 92,22°C. Pada grafik thermografi karet alam siklis tanpa penambahan anhidrat maleat dapat dilihat bahwa pada kisaran suhu 60°C sampai dengan 70°C suhu Transisi gelas ( $T_g$ ) mengalami penurunan yang sangat draktis 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*.

Dari grafik thermografi DSC dapat dilihat bahwa Karet Alam Silkis segar memiliki suhu transisi gelas ( $T_g$ ) 92°C dan Kareet 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*.

Pada grafik thermografi karet alam siklis dengan penambahan anhidrat maleat 2 phr 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 tercampok 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 pencangkakan 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 polipropilena (pp) menggunakan proses reaktif di dalam Haake torque rheometer di- peroleh kesimpulan bahwa meningkatnya konsentrasi monomer Anhidrida Maleat, mengakibatkan naiknya drajat grafting Anhidrat Maleat. Dengan meningkatnya jumlah Anhidrat Maleat yang tercampok pada Karet Alam Siklis mengakibatkan struktur Karet Alam Siklis menjadi ruah/bulky dan suhu Transisi gelas menjadi meningkat.

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 (Tg) 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.

Pada kisaran suhu 65°C sampai dengan 80°C sampel mengalami penurunan kapasitas panas dengan penambahan Anhidrat Maleat sebanyak 8 phr. Dengan menggunakan software pengolah data Thermal Analysis diketahui Temperatur Transisi Gelas (Tg) adalah 69,23°C. Dibandingkan dengan Tg dengan penambahan Anhidrat Maleat 4 phr maka dengan penambahan 8 phr Anhidrat Maleat pada suhu Transisi gelas (Tg) meningkat menjadi 69,23°C. Peningkatan Transisi gelas (Tg) terjadi karena dengan kecepatan rotor dan waktu reaksi sehingga Transisi gelas (Tg) mengalami kebebasan rotasi dimana apa saja yang membatasi rotasi pasti menaikkan Transisi gelas (Tg). Sebaliknya jika suhuberada dibawah Transisi gelas (Tg), 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 Differential Scanning Calorimetry (DSC) sebagai proses endotermik.

Pada kisaran suhu  $66^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $75^{\circ}\text{C}$  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.

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 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 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).

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 perebuan, tingkat suhu pada proses perubahan suhu yang menyebabkan terjadinya transisi fase amorfuskeras (*glass*) ke fase/bentuk lunak (*rubbery*) atau sebaliknya, disebut suhu transisi gelas (Tg). 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 (Tg) spesifik, di atas suhu itu polimer (misalnya bahan plastik) melunak dan mudah dibentuk atau dicetak. Transisi gelas (Tg) polimer murni dapat pula digeser turun dengan menambah bahan pelunak (*plasticizer*). Proses transisi gelas memerlukan kisaran suhu, tidak tiba-tibaterjadi.

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.

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.

Hasil karakterisasi dalam bentuk thermogram Differential Scanning Calorimetry (DSC) sampel Karet Alam Siklis tercangkok Anhidrat Maleat diperlihatkan dalam 21. Dari thermogram Differential 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 (Tg) masing-masing 69,46°C, 69,51°C, 70,08°C dan 70,56°C.

Suhu transisi gelas (Tg) memiliki kecenderungan 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 (Tg) produk reaksi 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 *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).

#### 4. 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 tercangkak 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.

#### REFERENSI

- 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.
- Beilen, Jan Van Yves Poirier, Bill Orts. 2006. *Alkternative 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.
- Bhattacharya, Amin. B. N. Misra, 2004. *Grafting : a versatile means to modify polymers, techniques, factor and applications, prog*. Polym. Sci. 29:767814.
- Fuadi, M., & Arianingrum, W. (2019). Studi Pembuatan Minuman Instan Cangkang Telur Berkalsium Tinggi. *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 2(1).
- Masyhura, M. D. Surnaherman. 2018. Pemanfaatan Biji Nangka Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Yoghurt Instan. *Jurnal]. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 21(2).
- Maysura, M. D., Rangkuti, K., & Fuadi, M. (2019). Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Dalam Upaya Diversifikasi Pangan. *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 2(2), 52-54.
- Siregar, M. S., Masyura, M. D., & Ardilla, D. (2018). Penambahan Komonomer Divinyl Benzena untuk Meningkatkan Derajat Pencangkakan Anhidrida Maleat pada Karet Alam Siklis. *Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen*, 1(1).
- Suarti, B., & Budijanto, S. (2021). Bio-active compounds, their antioxidant activities, and the physicochemical and pasting properties of both pigmented and non-pigmented fermented de-husked rice flour. *AIMS Agriculture and Food*, 6(1), 49-64.
- Thamrin, M., & Ardilla, D. (2016). Analysis Of Production Efficiency Factor Rice Rainfed Through Ptt Approach. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 20(2). Nusa, M. I., Masyhura, M. D., & Hakim, F. A. (2019). Identifikasi Mutu Fisik Kimia Dan Organoleptik Penambahan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale*) Pada Pembuatan Es Krim Sari Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus L.*). *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 2(2), 47-51.