

Pengaruh *Annealing* Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Polietilen–*Grafting* –Maleat Anhidride (PE-g-MAH)

Oleh

Erniwati Halawa

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Medan
ernihalawa@gmail.com

ABSTRAK

Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang yang sederhana. Plastik yang merupakan salah satu polimer telah mengambil peran teknologi yang penting karena sifatnya yang ringan dan mudah dibentuk. Plastik mengalami perkembangan dan penggunaan luas yang berkembang dengan cepat, salah satu jenis polimer adalah polietilen (PE). Dalam rangka perluasan aplikasinya, PE perlu dimodifikasi untuk memperbaiki sifat-sifatnya. Salah satunya dengan cara penempelan molekul maleat anhidride (MAH) pada PE atau dikenal dengan cara *grafting* atau pencangkakan molekul. Proses penempelan MAH ini dapat mengakibatkan perubahan struktur pada PE. Perubahan struktur ini berkaitan dengan kemungkinan perubahan kristalinitas. Kristalinitas akan berpengaruh pada sifat fisis (densitas) dan sifat mekanik (modulus elastisitas dan kekuatan luluh). Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian, yaitu uji tarik dengan menggunakan *tensile tester*, uji densitas dengan menggunakan densitometer kolom dan pengujian dengan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa PE yang ter*grafting* yang mendapatkan perlakuan *annealing* mengalami perubahan sifat fisis dan mekanik, dimana nilainya semakin besar dengan penambahan waktu pemanasan sampai pada waktu tertentu.

Kata Kunci: *Polimer, Polietilen, Low Density Poly Ethylene, Maleat Anhidride*

Pendahuluan

Plastik yang merupakan salah satu polimer telah mengambil peran teknologi yang penting, karena sifat sifatnya yang ringan dan mudah dibentuk. Plastik mengalami perkembangan dan penggunaan luas yang berkembang dengan cepat salah satunya adalah polietilen (PE). PE termasuk golongan termoplastik. Dalam proses pembuatannya terdapat beberapa jenis PE, yaitu: HDPE

(*High Density Poly Ethylene*) atau plastik PE berat jenis tinggi, LDPE (*Low Density Polu Ethylene*) atau plastik PE berat jenis rendah, dan LLDPE (*Linear Low Density Polu Ethylene*). Pada LDPE setiap 1000 rantai atom C biasanya mempunyai 20 – 30 cabang, derajat kristalinitas (33 – 35) % dan berat molekul lebih besar dari 50000. LDPE digunakan untuk pembuat produk yang tipis seperti kantong kemasan minuman dan makanan, tas, karung, pakaian

anti air, serat sintesis, dan peralatan olahraga.

Dalam rangka perluasan aplikasinya maka PE perlu dimodifikasi untuk memperbaiki sifatnya. salah satunya adalah dengan cara penempelan molekul maleat anhidride (MAH) pada PE atau dikenal dengan cara *grafting* atau pencangkokkan molekul. Jika MAH direaksikan dengan PE maka reaksi yang dominan adalah reaksi ikat silang. Dalam hal ini PE dan MAH dicampurkan melalui satu proses yang disebut dengan *blending* sehingga menjadi lelehan, kemudian didinginkan hingga berbentuk gumpalan.

Penempelan MAH pada PE menghasilkan struktur kimia yang baru yaitu PE-g-MAH. MAH pada molekul dapat menyebabkan PE-g-MAH akan mempunyai respon yang berbeda terhadap pemanasan (*annealing*). Untuk penelitian ini digunakan sampel LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan PE-g-MAH dengan derajat penempelan yang berbeda, maka ada sampel PE-g-MAH I dan PE-g-MAH II. PE-g-MAH II mempunyai kadar *grafting* MAH yang lebih besar dari PE-g-MAH I.

Modifikasi PE dapat mengakibatkan terjadinya perubahan struktur pada polimer dalam hal ini kristalinitasnya. Struktur polimer (kristalinitas) akan berpengaruh pada sifat fisis (densitas) dan mekaniknya (modulus elastisitas dan kekuatan luluh).

Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa alat dan bahan uji sebagai berikut : Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), *Tensile tester*, Densitometer kolom,

Super dumbbell cutter tipe ISO 527-2-5A, Oven, Rak sampel, Mesin *hot press*, Mesin *cold press*, *Glossing plate*, Plat aluminium, *Spacer* dengan ketebalan < 0,2 mm, Jangka sorong, Mikrometer digital

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PE-g-MAH I sebagai sampel A₁, PE-g-MAH II sebagai sampel A₂, LDPE sebagai sampel B, Air, Methanol dan *Float standard* 10 buah dengan kerapatan (0,88-0,925) gr cm⁻³

Prosedur Penelitian

• Pencetakan sampel dengan mesin *hot press*

Proses pencetakan sampel menjadi lembaran-lembaran tipis digunakan alat bantu berupa cetakan sampel, yang terdiri dari dua plat aluminium, dua buah *glossing plate* dan *spacer* berbentuk persegi panjang. *Glossing plate* diletakkan di atas plat aluminium dan *spacer* diletakkan di atas *glossing plate*. Sampel diletakkan di atas *glossing plate* yang dibatasi oleh *spacer*. Kemudian ditutup dengan *glossing plate* dan plat aluminium. Sampel dalam cetakan ini diletakkan pada mesin *hot press* dengan temperature 140° C dengan lama *pressing* 20 detik dan diberi tekanan sebesar 80 kgf /cm². Setelah dikeluarkan dari mesin *hot press*, sampel didinginkan dalam mesin *cold press* hingga telah berbentuk lembaran

Langkah-langkah di atas dilakukan untuk tiga jenis sampel yaitu LDPE, PE-g-MAH I dan PE-g-MAH II. Lembaran-lembaran plastik ini digunakan untuk beberapa pengujian, yaitu uji tarik, uji kerapatan dan FTIR.

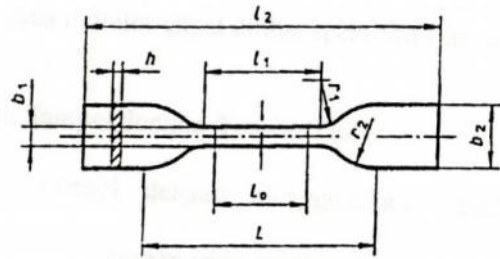
• **Pemanasan sampel**

Sampel yang telah dicetak menjadi lembaran-lembaran plastik dipanaskan dalam oven dengan lama pemanasan yang berbeda-beda proses ini disebut dengan *annealing*. Proses *annealing* ini dilakukan untuk temperatur 119⁰C. Ketiga sampel yang digunakan masing-masing mendapat perlakuan yang sama. Pemanasan ini dilakukan untuk lama pemanasan sebagai berikut : 3 jam, 7 jam, 16 jam, 25 jam, 75 jam, 144jam, 240 jam, 360 jam, 500 jam.

Tujuan perbedaan lama pemanasan ini adalah untuk melihat perubahan yang signifikan pada sifat fisis dan mekaniknya yaitu perubahan pada densitas, modulus elastistas, dan kekuatan luluh.

• **Pemotongan sampel dengan dumbbell tipe ISO 527-2-5A**

Sampel yang telah selesai dipanaskan dalam oven tidak langsung dipotong dengan *dumbbell* tapi dikondisikan terlebih dahulu dalam ruangan dengan temperatur 23⁰C dan RH = 50% min selama 2 hari. Tujuannya supaya sampel mempunyai kondisi yang sama setelah mengalami pemanasan dengan waktu yang berbeda-beda. Setelah sampel dikondisikan maka dilakukan pemotongan dengan menggunakan *dumbbell* tipe ISO 527-2-5A. untuk satu jenis sampel dibutuhkan minimal 3 potong. Hasil sampel yang telah dipotong dengan *dumbbell* tipe ISO 527-2-5A ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Bentuk Sampel yang Dipotong dengan *Dumbbell* Tipe ISO 527-2-5A

Tabel 1. Bagian-bagian dari sample yang diuji dengan *tensile tester*

Bagian-bagian yang diukur	Standar d (mm)	Hasil pengukuran (mm)
(a) <i>Width of narrow section</i>	4 ± 0.1	3.97
(b) <i>Length of narrow section</i>	25 ± 1	25.00
(c) <i>Width over all</i>	12.5 ± 1	12.57
(d) <i>Length over all</i>	75 ~	75.00

Sampel yang telah dipotong diukur ketebalannya dengan menggunakan mikrometer digital.

• **Pengujian sampel dengan Spektroskopi FTIR**

Pengujian dengan menggunakan FTIR-4300 SHIMADZU ini dilakukan dengan merujuk pada ASTM E 1252-88. Pengujian dengan spektroskopi FTIR ini bertujuan untuk melihat perbedaan spektrum antara sampel LDPE, PE-g-MAH I, PE-g-MAH II pada kondisi 0 jam sebagai *control sample*. Sampel diletakkan pada tempat sampel, kemudian FTIR

dinyalakan dan pada monitor dapat dilihat spektrum yang dihasilkan.

• Pengujian Tarik Sampel dengan *Tensile Tester*

Penarikan sampel dengan menggunakan *tensile tester* merupakan salah satu pengujian yang penting dalam penelitian ini karena dapat diperoleh beberapa data sifat-sifat mekanik sampel antar lain modulus elastisitas dan kekuatan luluh.

Kondisi pengukuran *tensile tester* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- *Test Method* : ISO-527-2
- *Type of specimens* : ISO-527-2-5A
- *Test speed* : 1 mm/min
- *Chart speed* : 50mm/min
- *Load scale* : 2% of 100 kgf
- *Suhu/RH* : 23°C / 50%
- *Thickness* : micrometer
- *Grip* : serrated

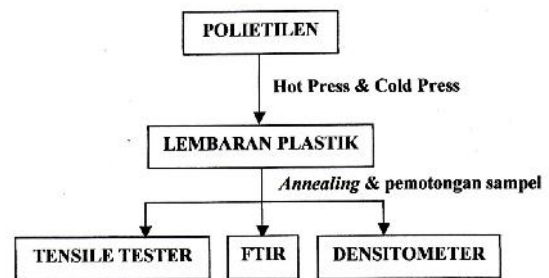
Rangkaian proses uji tarik dilakukan dengan merujuk pada standar ISO 527-1:1993(E).

• Pengujian kerapatan (densitas) sampel dengan Densitometer Kolom

Pengujian dilakukan dengan menggunakan densitometer kolom dengan merujuk pada standar uji ASTM D 1505-68 (Reapproved 1979). Persiapan awal adalah membuat kolom densitometer. Bahan yang dipakai adalah air dan methanol. Rentang kerapatan yang diperoleh adalah (0.88 – 0.925) gr cm⁻³. Alat bantu yang digunakan adalah *float standard*, yaitu bahan yang telah diketahui kerapatannya.

Float standard dimasukkan ke dalam kolom densitometer, setelah beberapa menit posisinya dicatat kemudian dibuat kurva standar.

Kemudian masing-masing sampel dimasukkan, setelah kurang lebih 4 jam posisi sampel dapat dicatat. Penunjukkan skala pada kolom untuk *float standard* dijadikan sebagai acuan untuk menentukan kerapatan sampel yang diuji. Secara singkat prosedur penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut:

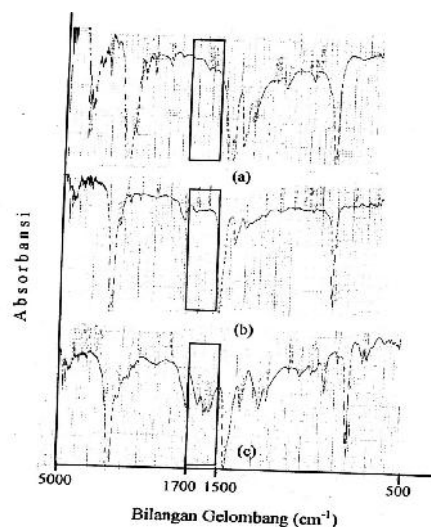


Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Hasil Penelitian Dan Pembahasan

1. Hasil Pengujian dengan menggunakan spektroskopi FTIR

Dari pengujian dengan menggunakan spektroskopi FTIR diperoleh spektrum dari beberapa sampel yang diuji seperti pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. (a) Spektrum LDPE, (b) PE-g-MAH I, (c) PE-g-MAH II

Pada gambar 3 di atas ditunjukkan bahwa pada bilangan gelombang (1500 – 1700) cm^{-1} , yaitu daerah yang dibatasi dengan kotak persegi panjang, spektrum PE-g-MAH I menunjukkan serapan yang lebih besar bila dibandingkan dengan LDPE, sedangkan spektrum PE-g-MAH II memperlihatkan serapan yang lebih kecil. PE-g-MAH I dan PE-g-MAH II sama-sama merupakan LDPE yang tergrafting MAH. Tetapi dilihat dari spektrumnya pada bilangan gelombang (1500 – 1700) cm^{-1} menunjukkan struktur yang berbeda. Hal ini terjadi karena kadar MAH yang dicangkokkan pada LDPE berbeda.

2. Hasil pengujian dengan menggunakan tensile tester

Hasil pengujian terhadap sifat fisis dan mekanik sampel yang diuji dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Perubahan Sifat Fisis dan Mekanik PE pada Kondisi 0 jam

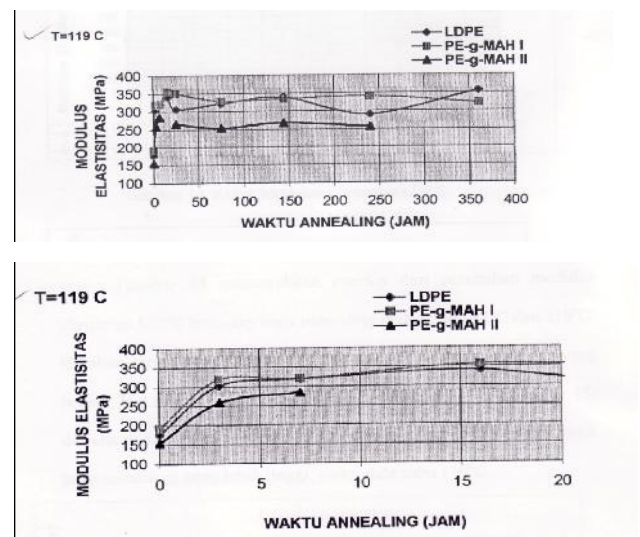
Sampel	Modulus Elastisitas (MPa)	Kekuatan Luluh (MPa)	Densitas (gr cm^{-3})
LDPE	175.9629	8.651	0.916
PE-g-MAH I	192.3820	8.469	0.918
PE-g-MAH II	154.3553	6.095	0.914

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa pada kondisi 0 jam modulus elastisitas, kekuatan luluh, dan densitas dari LDPE mengalami perubahan dengan adanya modifikasi struktur yang dilakukan terhadap LDPE tersebut. Modulus elastisitas PE-g-MAH I lebih besar dari LDPE, sedangkan PE-g-MAH II lebih kecil. Kekuatan luluh untuk PE-g-MAH I tidak menunjukkan

perubahan yang berarti sehingga dapat dikatakan sama dengan LDPE tetapi pada PE-g-MAH II lebih kecil. Sementara densitas PE-g-MAH I dan PE-g-MAH II terhadap LDPE tidak menunjukkan perubahan yang signifikan.

a. Hasil pengujian modulus elastisitas

Hasil pengujian modulus elastisitas untuk sampel-sampel yang telah mengalami proses pemanasan untuk lama pemanasan : 3 jam, 7 jam, 16 jam, 25 jam, 75 jam, 144jam, 240 jam, 360 jam, 500 jam ditunjukkan pada gambar berikut ini.



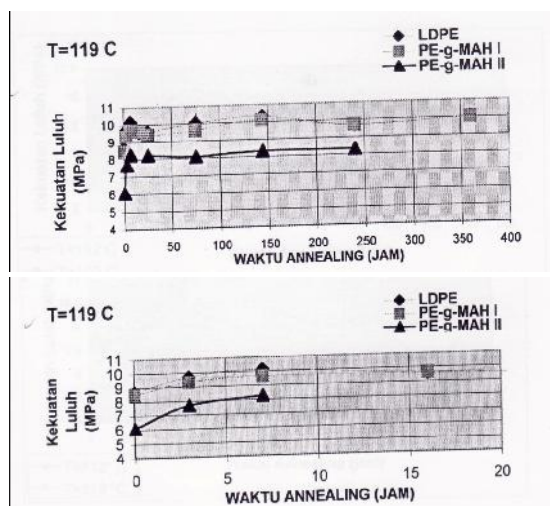
Gambar 4. Grafik Modulus Elastisitas LDPE, PE-g-MAH I, dan PE-g-MAH II

Gambar 4 menunjukkan grafik modulus elastisitas dari ketiga sampel dimana modulus elastisitas ketiganya mengalami perubahan yang optimal pada lama pemanasan di bawah 10 jam. Pemanasan di atas waktu 10 jam tidak begitu mempengaruhi besar modulus elastisitas ketiga sampel. Dan ditunjukkan juga bahwa modulus

elastisitas PE-g-MAH I terhadap LDPE lebih besar, sedangkan modulus elastisitas PE-g-MAH II terhadap LDPE lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa struktur kimia yang berbeda dapat memberikan pengaruh yang berarti pada sifat bahan.

b. Hasil pengujian kekuatan luluh

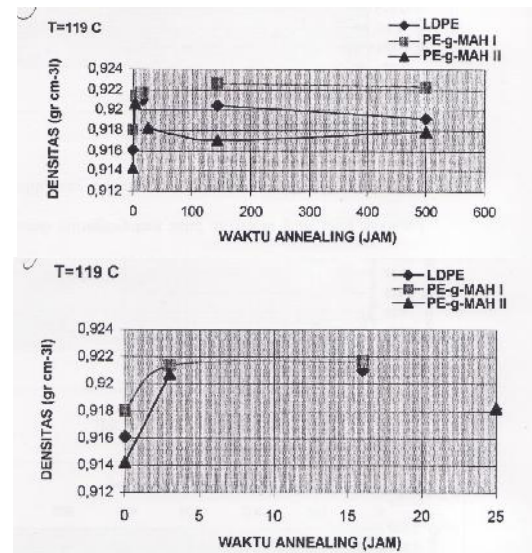
Seperti halnya modulus elastisitas, perubahan yang terjadi pada kekuatan luluh terlihat jelas pada lama pemanasan dibawah 10 jam. Kekuatan luluh berubah naik dengan lama pemanasan yang semakin besar (gambar 5). Kekuatan luluh pada lama pemanasan di atas 10 jam mencapai titik optimal. Kekuatan luluh PE-g-MAH I terhadap LDPE tidak menunjukkan perubahan yang berarti sehingga bisa dikatakan sama. Tetapi kekuatan luluh PE-g-MAH II terhadap LDPE lebih kecil karena pengaruh *grafting* MAH yang lebih besar dibandingkan dengan PE-g-MAH I.



Gambar 5. Grafik Kekuatan Luluh LDPE, PE-g-MAH I, dan PE-g-MAH II

3. Hasil pengujian dengan menggunakan Densitometer Kolom

Perubahan densitas terhadap lama pemanasan mempunyai karakter yang sama dengan sifat mekanik dimana densitas LDPE, PE-g-MAH I, dan PE-g-MAH II mengalami kenaikan yang besar pada lama pemanasan dibawah 10 jam, dan relatif stabil atau mencapai titik optimal di atas 10 jam. Pada gambar 6 ditunjukkan bahwa densitas PE-g-MAH II terhadap LDPE hampir sama, beda halnya dengan PE-g-MAH I terhadap LDPE yang lebih kecil.



Gambar 6. Grafik Densitas LDPE, PE-g-MAH I, dan PE-g-MAH II

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Perubahan struktur pada polietilen (PE) yang mendapat perlakuan *annealing* mengakibatkan perubahan pada sifat fisis (densitas) dan sifat mekaniknya (modulus elastisitas dan kekuatan luluh) dimana

nilainya semakin besar dengan pertambahan waktu pemanasan sampai pada waktu tertentu (10 jam) kemudian tidak mengalami perubahan yang berarti.

2. Semakin besar kadar penempelan molekul maleat anhidride (MAH) pada PE dalam hal ini LDPE yang mengalami perlakuan *annealing*, semakin kecil modulus elastisitas, kekuatan luluh, dan densitasnya.

Rodriquez Ferdinand. 2003. *Principles of Polymer System*, McGraw-Hill International Edition

Stevens M.P. 2001. *Kimia Polimer*, Jakarta, PT. Pradnya Paramita

Daftar Pustaka

Anil Kumar, Rakesh K.G.2003. *Fundamentals of Polymer*, The McGraw-Hill Companies Inc

Dawkins J.V. 2001. *Developments in Polymer Charactersation*, McGraw-Hill International Editions

Fred W.B.,JR. 2004. *Textbook of Polymersciences-3rd ed.*,John Wiley and Sons (SEA) Pte.Ltd, Singapore

Lawrence H.V.2002. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Jakarta, Penerbit Erlangga.

Machado A.V.2005. *Free Radical Grafiing of Maleic Anhydride Onto Polyolefins during Extrusion*, Department of Polymer Engineering, University of Minho, 4800 Guimaraes, Portugal

Prasad A. 2006. *Polymer Data Handbook*. Oxford University Press, Inc.

