

CHARACTERISTIC OF ACRYLIC ACID GRAFTED POLYETHYLENE FILM PREPARED BY GAMMA IRRADIATION METHOD

Karakteristik Film Polietilen Tergrafting Asam Akrilat yang Diperoleh dengan Metoda Radiasi Gamma

John Hendri¹, Irwan Ginting Suka¹, Wasinton Simanjuntak¹, Annisa¹, and Gatot²

¹ Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Lampung University, Bandar Lampung, 35144, Indonesia

² Centre for the Application Technology of Isotopes and Radiation, National Nuclear Energy Agency Jl. Cinere, Pasar Jumat, Jakarta Selatan

Received 8 November 2007; Accepted 29 November 2007

ABSTRACT

In this study, high density polyethylene (PE) film (thickness 80 μm) was modified by grafting of acrylic acid (AA) onto the film using 15 kGy of γ irradiation as initiator, applied at different exposure times. In addition to irradiation dose, other variables investigated are concentration of AA, the type of solvent, and polymerization time carried out at 60 °C. The success of the graft copolymerization processes was confirmed by analysing the grafted film using FTIR spectroscopy, which revealed the existence of absorption band at wave number of 1721 cm^{-1} (assigned to C=O), and that at 3385 cm^{-1} (assigned to -OH), and the physical endurance of the sample was evaluated by carrying out tensile strength measurement. The percent of grafting was determined according to the gravimetric method. The results indicated that the highest percent of grafting was obtained by application of 2-hour irradiation time, with monomer concentration of 30 % in water as a solvent, grafting temperature of 60 °C. Activity of grafted was evaluated by measurement of the absorption capacity toward water and Cu^{2+} ion, and revealed the increase of the absorption capacity with increased percent of grafting.

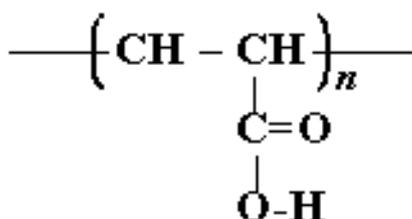
Keywords: Graft copolymerization, acrylic acid, low density polyethylene, gamma irradiation, water absorbency, absorption of cupric ion

PENDAHULUAN

Polietilen adalah salah satu dari poliolefin yang paling banyak digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan berbagai jenis peralatan rumah tangga dan kemasan makanan maupun minuman. Pemanfaatannya yang sangat luas dimungkinkan karena polimer ini memiliki banyak sifat-sifat yang bermanfaat antara lain daya tahan terhadap zat kimia dan benturan yang baik, mudah dibentuk dan dicetak, ringan dan harganya yang murah [1]. Akan tetapi, karena kekristalan dan sifat hidrofobnya yang tinggi, energi permukaannya yang rendah, serta terbatasnya situs aktif yang ada pada permukaan PE, membatasi pemanfaatan PE tersebut dalam beberapa bidang aplikasinya seperti perekatan, pengecatan, dan pencetakan. Secara umum, beberapa sifat tertentu seperti komposisi kimia, hidrofilitas, kekasaran, kekristalan, daya hantar listrik, daya adhesi, dan kelumasan dibutuhkan untuk pemanfaatan polimer tersebut [1,2]. Untuk meningkatkan kesesuaian sifatnya (*compatibility*), salah satu cara yang sudah dikembangkan adalah dengan memodifikasi permukaan PE agar dapat berinteraksi dengan bahan lain sehingga memenuhi persyaratan sesuai dengan peruntukan yang diinginkan.

Salah satu metoda modifikasi yang diketahui efektif untuk memasukkan sifat-sifat yang diinginkan ke dalam PE adalah teknik *grafting* (tempel/cangkok) [3, 4]. Kelebihan teknik *grafting* ini adalah PE dapat difungsionalisasi berdasarkan sifat yang dimiliki oleh monomer yang terikat secara kovalen tanpa mempengaruhi struktur dasar PE. Modifikasi suatu polimer dengan teknik *grafting* melibatkan pembentukan situs aktif berupa radikal bebas atau ion terlebih dahulu pada polimer induk. Pembentukan situs aktif pada polimer induk dapat dilakukan dengan dua cara, yakni metode kimia dan metode fisika. Dengan metode kimia, radikal terbentuk pada PE akibat abstraksi atom hidrogen oleh radikal inisiator seperti BPO (*dibenzoyl peroxide*), AIBN (*azobisisobutyronitrile*), atau bahan pengoksidasi seperti garam cerium [5]. Pembentukan situs aktif dengan metode fisika dapat dilakukan dengan berbagai cara, meliputi radiasi laser [6], elektron beam [7], sinar UV [8], plasma dan radiasi sinar- γ [9] terhadap polimer induk untuk menghasilkan radikal-radikal yang mampu untuk menginisiasi reaksi *grafting*. Teknik *grafting* dengan inisiator radiasi sinar- γ diketahui merupakan suatu teknik yang efisien untuk memodifikasi polimer antara lain disebabkan pembentukan situs aktif yang cepat dan homogen, penetrasi yang dalam dan

* Corresponding author.
Email address : hendri58id@yahoo.com



Gambar 1. Struktur molekul poli asam akrilat

kontaminasi zat kimia yang minim pada polimer induk [10]. Modifikasi polimer dengan teknik ini dapat dilakukan pada polimer komersial berbentuk film/membran, karena teknik ini tidak terpengaruh oleh masalah reologi polimer yang mungkin timbul sebagai akibat gugus yang di-*grafting*-kan pada sampel. Reaksi *grafting* yang diinisiasi oleh sinar- γ telah digunakan untuk modifikasi/fungsionalisasi beberapa substrat polimer seperti selulosa [11], polipropilen (PP) [12], dan polietilen tereftalat (PET) [13].

Teknik *grafting* telah dimanfaatkan antara lain untuk mengubah sifat-sifat polimer induk dengan tujuan meningkatkan adhesi logam dan oksida logam [14], amobilisasi enzim pada polimer [15], memberikan sifat kepekaan polimer terhadap perubahan suhu [16, 17], memberikan sifat kepekaan polimer terhadap perubahan pH [18], sifat katalis [19], sifat penukar ion [20], memberikan sifat anti oksidan dan antibakterial [21, 22]. Berbagai keberhasilan modifikasi film PE serta tersedianya berbagai metode modifikasi yang sudah baku seperti dipaparkan sebelumnya, merupakan dasar gagasan penelitian ini untuk meng-*grafting* asam akrilat (AA) pada film PE dengan memanfaatkan radiasi sinar- γ sebagai penginisiasi. Struktur molekul dari asam akrilat diperlihatkan pada Gambar 1.

Gugus karboksil dari hidrogel poliAA telah banyak dimanfaatkan sebagai situs aktif untuk memasukkan berbagai fungsi ke dalam polimer misalnya sebagai adsorben ion logam dan katalis [9], zat warna [23], amobilisasi enzim [24] dan pengikat kitosan [21]. Dengan meng-*grafting* AA ke suatu polimer komersial seperti film PE menggunakan sinar gamma, komponen poliAA dalam rantai *grafting* diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memasukkan berbagai fungsi ke dalam film PE melalui gugus karboksil yang dimilikinya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji variabel kinetika *grafting* AA pada film PE dengan radiasi gamma seperti pengaruh konsentrasi AA, waktu polimerisasi dan pengaruh pelarut organik seperti metanol. Keberhasilan reaksi *grafting* akan dievaluasi dengan menggunakan data analisis spektroskopi inframerah untuk mendapatkan fungsionalitas sampel. Film PE ter-*grafting* AA yang diperoleh dengan metode radiasi gamma di atas, diuji daya tarik, daya serap terhadap air dan reaktivitasnya terhadap ion tembaga.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah polietilen jenis HDPE, asam akrilat (Wako-Japan), aseton, NaOH, metanol dan aquades, buffer pH 5, indikator (2-piridilazo)-2-naphthol, CuCl_2 .

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah tabung polimerisasi, labu refluks dan kondensor, pompa vakum, penangas air, oven, neraca elektronik, termometer, viskometer Cannon-fenske dan peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium. Sumber radiasi gamma Iradiator Panorama Serbaguna (IPRASENA), serta spektroskopi FT-IR.

Prosedur Penelitian

Pemurnian Polietilen

Percobaan pertama adalah pemurnian film polietilen (PE) dari bahan aditif yang terkandung di dalamnya yang akan digunakan untuk percobaan selanjutnya. Film PE yang digunakan terbuat dari PE komersial dengan kerapatan tinggi (HDPE) dengan ketebalan 80 μm dan ukuran 3 x 10 cm^2 . Film tersebut direfluks dengan aseton selama 24 jam pada suhu 60 $^\circ\text{C}$ lalu dikeringkan [25]. Film PE yang telah dikeringkan selanjutnya dianalisis dengan FTIR untuk mendapatkan fungsionalitas acuan, sehingga perubahan fungsionalitas setelah film PE di-*grafting* dengan asam akrilat dapat diketahui.

Iradiasi film polietilen dengan sinar radiasi gamma

Film PE diradiasi dengan sinar gamma (γ) menggunakan Iradiator Panorama Serbaguna (IPRASENA). Sumber radiasi berasal dari sumber isotop Co^{60} dengan dosis 15 kGy, dosis ini merupakan dosis radiasi yang cukup tinggi untuk polietilen sehingga dapat membentuk situs radikal yang banyak [30]. Radiasi dilakukan di Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR, Jakarta).

Pengaruh konsentrasi monomer

Film PE yang telah diradiasi dimasukkan dalam tabung polimerisasi bersama-sama dengan asam akrilat dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, dan 40% dalam persen volume (v/v). Sebagai pelarut digunakan pelarut air dalam 50 mL larutan. Tabung polimerisasi dialiri gas nitrogen lalu ditutup dengan rapat. Tabung polimerisasi lalu diletakkan di atas penangas air dan reaksi polimerisasi *grafting* dilakukan pada suhu 65 $^\circ\text{C}$ dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 jam, sambil dialiri gas nitrogen [9].

Setelah reaksi polimerisasi film PE diambil dari tabung polimerisasi, kemudian direfluks dengan air

selama 24 jam pada suhu 80 °C, kemudian direfluks kembali dengan menggunakan metanol untuk menghilangkan homopolimer yang terbentuk atau sisa asam akrilat yang tidak berpolimerisasi *grafting* ke film PE, lalu dikeringkan. Homopolimer atau poliasam akrilat diketahui larut dalam air dan metanol sehingga digunakan air dan metanol untuk menghilangkannya. Persentase *grafting* ditentukan berdasarkan perbandingan berat rantai *grafting* AA pada film PE (selisih berat film PE setelah dan sebelum di-*grafting*) dengan berat awal PE film sebelum di-*grafting*, dengan rumus berikut:

$$\text{Persen grafting (\%)} = \frac{\text{berat rantai grafting}}{\text{berat awal film PE}} \times 100$$

Percobaan ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi monomer terhadap reaksi *grafting* yang berlangsung, serta untuk menentukan konsentrasi asam akrilat optimum. Dengan prosedur yang sama dilakukan percobaan pengaruh waktu polimerisasi terhadap *grafting* asam akrilat pada film PE.

Kekuatan tarik

Untuk mengukur kekuatan tarik sampel film PE dan PE yang telah ter-*grafting* dengan AA, dicetak terlebih dahulu dengan alat pencetak kemudian diukur tebal dan lebarnya, lalu spesimen uji tersebut dijepit pada kedua ujungnya kemudian ditarik oleh sebuah beban sampai putus dengan kecepatan 100 cm/menit. Jarak perjalanan pendulum setelah sampel patah diambil sebagai ukuran kekuatan tarik. Pengujian kekuatan tarik ini menggunakan alat *tensile strength*.

Pengukuran Daya Serap Air

Pengukuran daya serap air ditentukan dengan cara merendam film PE ter-*grafting* AA dengan berbagai persentase *grafting* dalam air pada 25 °C selama 24 jam (sampel dengan tipe-H). Setelah perendaman, sampel diangkat dari larutan, dan sisa air pada permukaan film dikeringkan dengan kertas saring. Untuk menentukan daya serap air dari film PE ter-*grafting* AA dengan tipe-Na, film PE ter-*grafting* AA dicelupkan dalam larutan yang mengandung NaOH 0,5 M pada 25 °C selama 2 jam [16]. Daya serap air ditentukan dari perbandingan selisih berat film PE setelah (W_2) dan sebelum (W_1) direndam dalam air terhadap (W_0) dengan rumus:

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$$

Pengukuran Kemampuan Adsorpsi ion Cu^{2+}

Film PE yang telah ter-*grafting* dengan AA dengan berat tertentu dicelupkan ke dalam 40 mL larutan buffer yang mengandung ion logam Cu^{2+} sebanyak 0,0179 mol/L. Reaksi adsorpsi ion Cu^{2+} oleh film PE ter-*grafting* AA dilakukan pada 25 °C selama 24 jam. Setelah reaksi, film PE ter-*grafting* AA diangkat dari larutan dan

konsentrasi ion Cu^{2+} dalam larutan dihitung kembali dengan metode titrasi kelat [16], dengan menggunakan larutan standar EDTA dan indikator (2-piridilazo)-2-naphthol.

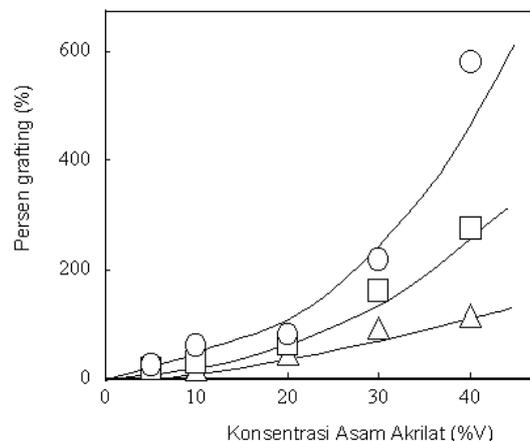
Karakterisasi sampel menggunakan spektroskopi FT-IR

Karakterisasi dengan FTIR bertujuan untuk membandingkan gugus fungsi yang ada dalam film PE yang tidak dan yang telah di-*grafting* dengan asam akrilat, sehingga proses *grafting* dapat dievaluasi. Karakterisasi ini dilakukan, menggunakan instrumen dan metode yang tersedia di LIPI Serpong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modifikasi permukaan polimer untuk dapat diaplikasikan dalam bidang adhesive, membran dan biomaterial telah menjadi penelitian yang sangat berkembang saat ini. Berbagai metoda telah digunakan untuk modifikasi permukaan polimer, salah satunya adalah radiasi dengan menggunakan sinar- γ dikenal sebagai sinar- γ *clean agent*, karena produk yang dihasilkan dengan metode ini tidak mengandung residu bahan kimia, seperti halnya yang sering ditemukan pada penerapan teknik *grafting* lainnya. Karena keunggulan tersebut, metode ini telah luas digunakan dalam bidang kesehatan dan obat-obatan [27, 28]. Reaksi polimerisasi *grafting* antara asam akrilat (AA) pada film polietilen (PE) yang telah diradiasi sinar- γ dengan dosis 15 kGy, diperlihatkan pada Gambar 2.

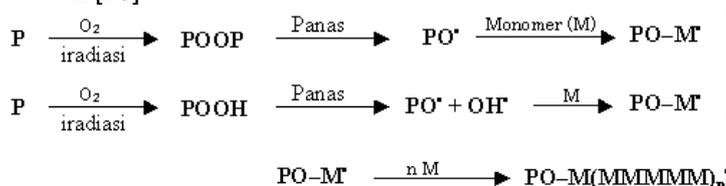
Persentase *grafting*, yakni jumlah AA yang ter-*grafting* (tertempel/tercangkuk) pada film PE semakin besar dengan semakin meningkatnya konsentrasi AA dan waktu polimerisasi *grafting* yang digunakan. Persentase *grafting* maksimum diperoleh pada



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi monomer pada *grafting* asam akrilat ke polietilen yang diradiasi pada dosis 15 kGy dengan sinar- γ selama (*) 1 jam, (□) 2 jam dan (○) 3 jam. Suhu polimerisasi: 65 °C.

konsentrasi monomer asam akrilat 40% dalam persen volume. Hal ini memperlihatkan bahwa AA dapat digrafting dengan mudah pada film PE yang telah diradiasi dengan sinar- γ . Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa, meskipun dengan persentase grafting yang sangat kecil sekalipun, telah dapat mengubah permukaan film poliolefin yang bersifat hidrofob menjadi bersifat hidrofilik [14, 23, 24].

Reaksi polimerisasi *grafting* AA pada film PE dengan menggunakan radiasi sinar- γ sebagai penginisiasi dapat dijelaskan sebagai berikut. Polimer film PE yang telah diradiasi dalam udara atau oksigen akan membentuk makroradikal, peroksida (POOP) dan hidroperoksida (POOH). Ketika polimer film PE yang telah diradiasi tersebut dipanaskan dalam larutan monomer, peroksida dan hidroperoksida terdekomposisi menjadi $PO\bullet$ radikal, yang dapat merupakan situs aktif untuk menginisiasi reaksi polimerisasi *grafting* AA pada film PE [29].



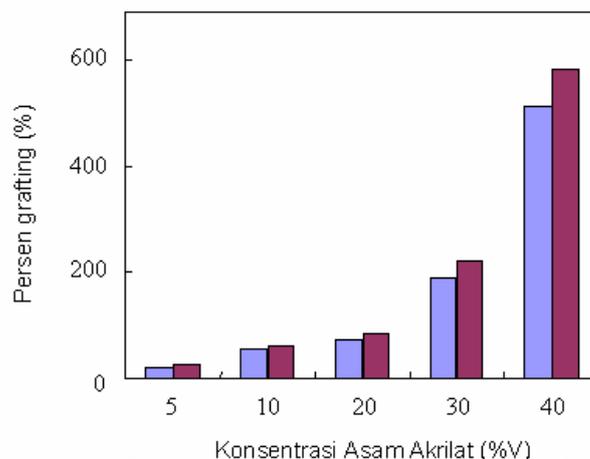
Meningkatnya persentase grafting dengan meningkatnya konsentrasi monomer secara teoritis dapat dipahami dengan melihat persamaan :

$$G = K_p K_t^{-1} [M] n K_i [RM^*O] t$$

Persentase grafting (G) berbanding lurus dengan konsentrasi monomer dalam matriks polimer (M) selama keadaan seimbang. Konsentrasi monomer yang konstan hanya akan diperoleh jika kerapatan difusi monomer kedalam film dapat mengimbangi propagasi [30]. Pada konsentrasi larutan monomer yang tinggi, difusi monomer ke dalam matriks polimer akan meningkat, disamping itu kemungkinan tumbukan antara molekul dengan radikal polimer akan meningkat pula. Persentase grafting akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi monomer. Pada konsentrasi monomer yang lebih tinggi, persentase grafting cenderung berkurang hal ini disebabkan terbentuknya homopolimer, yang dicirikan dengan meningkatnya viskositas larutan sehingga mengakibatkan hambatan difusi monomer ke dalam matriks polimer.

Pengaruh Pelarut Terhadap Persentase grafting

Difusi monomer menuju situs aktif yang ada pada PE akibat radiasi gamma, membutuhkan media pembawa yaitu pelarut. Dalam penelitian ini, pengaruh pelarut seperti metanol terhadap persentase grafting juga dikaji, dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 3. Persentase grafting dalam pelarut metanol lebih rendah daripada menggunakan pelarut air. Hal ini diduga



Gambar 3. Pengaruh pelarut metanol pada *grafting* AA ke Film PE yang telah diradiasi sinar- γ . Suhu polimerisasi 65 °C, 3 jam.

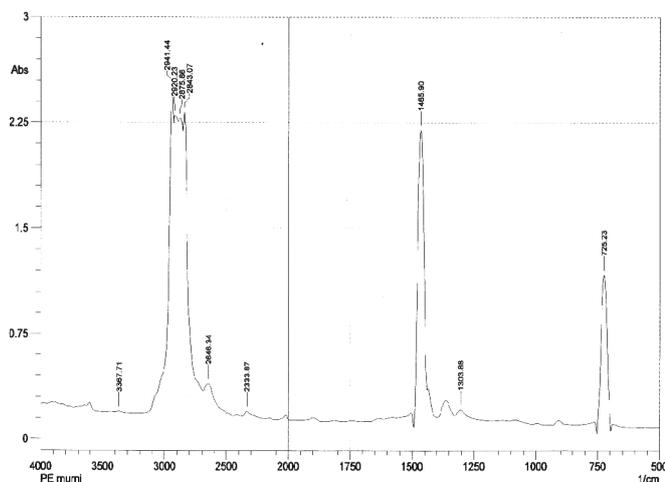
disebabkan dalam reaksi antara monomer (dalam pelarut metanol) dengan radikal aktif PE pada 65 °C, sebagian metanol mengalami peruraian membentuk radikal, radikal ini akan bereaksi terminasi dengan situs aktif radikal yang ada pada PE atau radikal poli AA yang telah ter-*grafting* ke film PE, sehingga mengurangi situs aktif tempat untuk AA berpolimerisasi *grafting*. Gejala yang sama juga diperlihatkan dalam *grafting* N-isopropilakrilamida pada polietilen berporos [16]. Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa perbedaan persentase grafting pada berbagai jenis pelarut dapat dihubungkan dengan kemampuan melarutkan monomer, perbedaan difusi monomer oleh pelarut dan pembentukan radikal bebas pelarut [30].

Karakterisasi Kopolimer Grafting

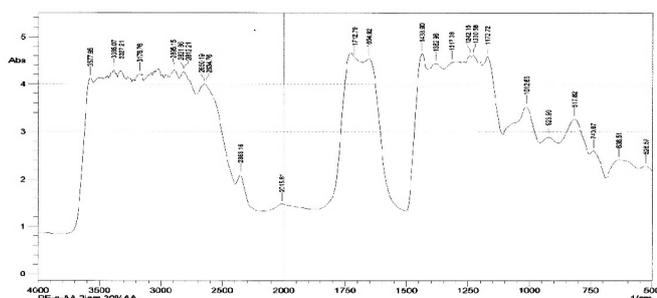
Spektroskopi inframerah

Untuk mengetahui terjadinya *grafting* pada film PE, dilakukan pengujian sifat serapan gelombang inframerah dengan FTIR. Pengukuran dilakukan pada sampel PE (Gambar 4) dan sampel PE ter-*grafting* asam akrilat dengan persentase grafting sebesar 30% (Gambar 5). Dari Gambar 4 terlihat bahwa film PE murni memiliki sedikit serapan dengan puncak yang kuat antara lain pada bilangan gelombang sekitar 2900 cm^{-1} yang merupakan daerah aluran CH, pita serapan vibrasi tekuk $-CH_2-$ pada bilangan gelombang 1465 cm^{-1} serta pita serapan $CH_2-CH_2-CH_2$ pada bilangan gelombang 725 cm^{-1} . Pita-pita serapan ini merupakan serapan khas untuk polietilen pada bilangan gelombang yang telah disebutkan [1].

Gambar 5 memperlihatkan bahwa pada film PE ter-*grafting* asam akrilat 30%, muncul pita-pita serapan baru (tambahan) dari gugus-gugus fungsi poli asam akrilat, seperti pita serapan vibrasi ulur gugus karbonil C=O dari asam karboksilat pada bilangan gelombang 1712 cm^{-1} , kemudian pita serapan gugus hidroksil OH



Gambar 4. Spektrum IR polietilen murni

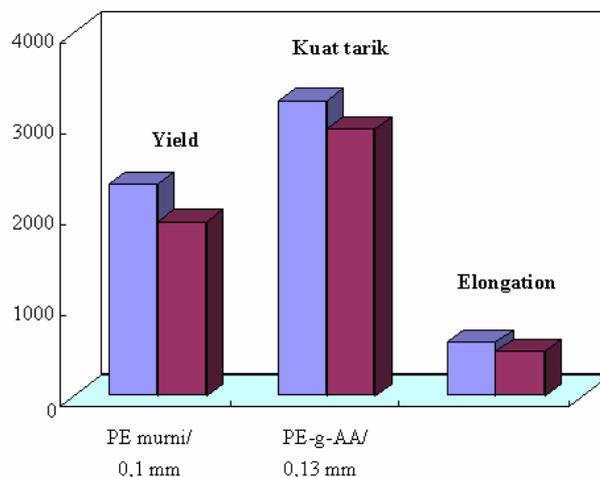


Gambar 5. Spektrum IR polietilen tergrafting asam akrilat (PE-g-AA)

asam karboksilat pada bilangan gelombang 3385 cm^{-1} . Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa asam akrilat telah ter-grafting pada film PE. Semua spektrum film PE dan PE-g-AA memiliki serapan yang sama, hal ini menunjukkan bahwa pengondisian film PE akan tetap memberikan spektrum inframerah yang sama. Juga terlihat bahwa proses pencangkakan tidak mengubah puncak serapan pada daerah sidik jari (*finger print*) film PE murni. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencangkakan tidak sampai mengubah struktur asli dari film PE.

Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik dari film PE murni dan film PE tergrafting AA diuji kekuatan tariknya dengan menggunakan alat *tensile strength* dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 6. Sampel film PE tergrafting AA yang digunakan mengandung AA sekitar 50%. Nilai (*yield*) kekuatan tarik pada film polietilen murni sebesar $2343,13\text{ kg/cm}^2$, perpanjangan putus (*elongation*) sebesar 600% (Gambar 7), serta kuat tarik sebesar $3264,71\text{ kg/m}^2$. Hal ini disebabkan struktur film PE murni linear sehingga struktur PE lentur dan pada saat ditarik dengan alat *tensile strength*, sampel tersebut mempunyai regangan antar molekulnya [25].



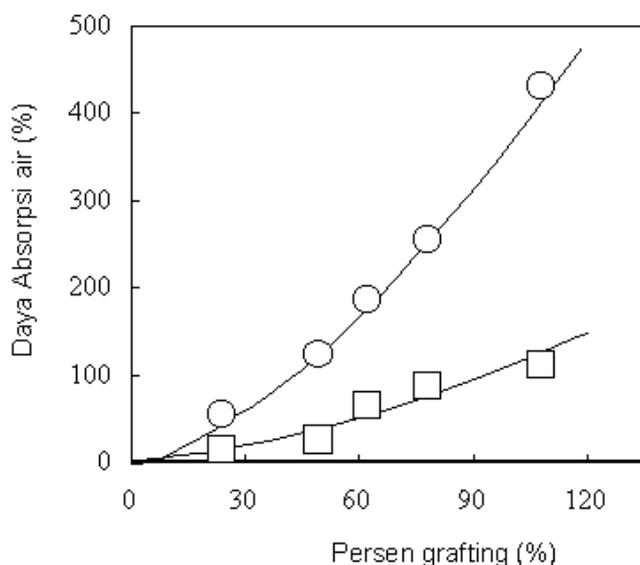
Gambar 6. Hasil analisis kuat tarik film PE dan film PE ter-grafting asam akrilat 30%. Yield : (■) PE, (■) PE-g-AA 30% ; Kuat tarik : Yield : (■) PE, (■) PE-g-AA 30%; Elongation : (■) PE, (■) PE-g-AA

Dengan penambahan asam akrilat, terjadi penurunan nilai *yield* pada film polietilen menjadi sebesar $1925,6\text{ kg/cm}^2$, perpanjangan putus 500% (Gambar 6), serta kuat tarik sebesar 2953 kg/m^2 . Penurunan ini disebabkan pada film yang telah tergrafting asam akrilat, terjadi pengikatan antara PE dan asam akrilat sehingga struktur PE menjadi bercabang. Percabangan ini yang mengakibatkan bentuk polietilen menjadi kaku, sehingga pada saat ditarik dengan *tensile strength* sampel tersebut mempunyai regangan yang lebih kecil antar molekulnya.

Daya Serap Air Film PE Tergrafting Asam Akrilat

Reaksi polimerisasi *grafting* AA ke film PE, dapat mengubah permukaan film PE yang sebelumnya bersifat hidrofob menjadi hidofil oleh AA yang tergrafting pada film PE, sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap air. Daya serap air film PE tergrafting AA setelah direndam dalam air pada $25\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam (tipe-H) dan setelah direndam dalam larutan NaOH pada $25\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam (tipe-Na) diperlihatkan pada Gambar 7 sebagai fungsi dari persentase grafting.

Daya serap air film PE tergrafting AA (tipe-H dan Na) semakin besar dengan semakin meningkatnya jumlah AA yang ter-grafting pada film PE. Kecenderungan yang sama juga diperlihatkan oleh film PE tergrafting asam akrilat bersama-sama dengan N-isopropilakrilamida yang dinisiasi oleh XT [31]. Hal ini membuktikan bahwa benar permukaan film PE yang tadinya bersifat hidrofob berubah menjadi hidrofilik setelah di-grafting dengan AA.

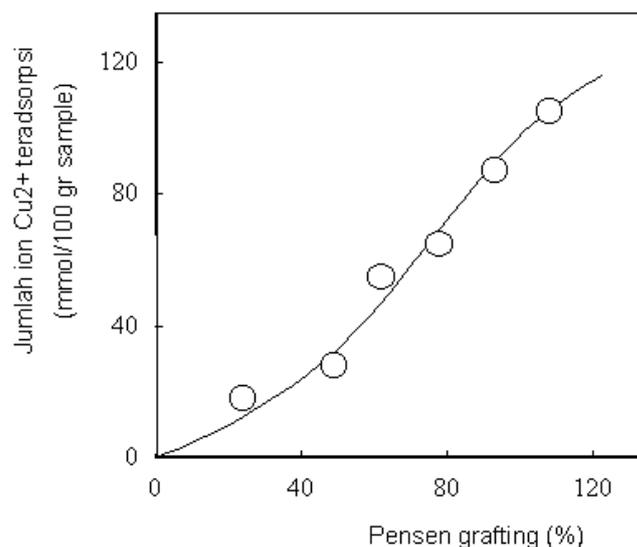


Gambar 7. Daya serap air film PE ter-grafting dengan asam akrilat diukur pada 25 °C. (○) tipe-Na dan (□) tipe-H

Daya Adsorpsi terhadap ion Cu^{2+}

Untuk mengetahui kemampuan asam metakrilat ter-grafting film PE membentuk kompleks dengan ion logam, gugus karboksil yang ada pada asam metakrilat ter-grafting film PE, direaksikan dengan ion Cu^{2+} pada pH = 5. Jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi dinyatakan dalam milimol per 100 g AA ter-grafting film PE, yakni milimol ion Cu^{2+} per 0,466 milimol jumlah gugus karboksilat yang terdapat dalam AA ter-grafting film PE. Persentase grafting, yakni jumlah gugus karboksil yang terdapat dalam AA ter-grafting film PE sangat berperan dalam penentuan kemampuan sampel AA ter-grafting film PE untuk mengadsorpsi ion Cu^{2+} .

Gambar 8 memperlihatkan hubungan antara persentase grafting dengan jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi pada permukaan AA ter-grafting film PE. Jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi pada permukaan film semakin meningkat dengan semakin banyaknya gugus karboksilat yang terdapat pada AA ter-grafting film PE. Terlihat bahwa terjadinya kelat dengan ion Cu^{2+} , sangatlah bergantung jumlah gugus fungsi karboksil dari AA ter-grafting film PE. Dalam penelitian ini digunakan pH larutan = 5 karena dari beberapa penelitian sebelumnya [32,33,34] diketahui bahwa pH=5 adalah kondisi yang terbaik untuk reaksi absorpsi logam Cu^{2+} . Secara umum, MAA ter-grafting film PE menunjukkan kemampuan yang baik untuk mengadsorpsi ion Cu^{2+} .



Gambar 8. Hubungan antara jumlah ion Cu^{2+} teradsorpsi dengan persentase grafting AA ter-grafting film PE. (25 °C, 24 jam, $[\text{Cu}^{2+}] = 1,79 \times 10^{-2}$ mol/l).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian di atas disimpulkan bahwa asam akrilat (AA) dapat di-grafting dengan mudah pada film polietilen (PE) dengan metoda radiasi gamma. Karakterisasi film PE ter-grafting AA dengan FTIR dan kekuatan tarik menunjukkan bahwa gugus karboksilat telah terikat pada permukaan film PE sehingga mengubah permukaan film PE yang bersifat hidrofob menjadi hidrofilik, tanpa merusak struktur dasar film PE. Potensi aplikasi film PE ter-grafting AA seperti daya absorpsi air dan reaktivitas terhadap ion logam, sangat bergantung pada jumlah AA yang ter-grafting, yakni dengan bertambahnya jumlah AA yang ter-grafting pada film PE akan meningkatkan daya serap air dan reaktivitas terhadap ion tembaga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Peacock, A.J., 2000, *Hand Book of Polyethylene. Structures, Properties, and Applications*, Marcel Dekker, Inc.
2. Chan, C.M., 1994, *Polymer Surface Modification and Characterization*, Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati. 1–5.
3. Allmer, K., Hult, A. and Ranby, B., 1988, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.* 26, 2099– 2111.
4. Choi, S. H., Hwang, Y. M., Ryoo, J. J., Lee, K. P., Ohta, K., Takeuchi, T., Jin, J. Y and Fujimoto, C., 2003, *Electrophoresis*, 24, 3181–3186.
5. Moad, G., Chiefari, J., Mayadunne, R. T. A., Moad, C. L., Postma, A., Rizzardo, E and Thang, S. H., 2002, *Macromol. Symp.*, 182, 65–80.

6. Saito, N., Yamashita, S and Matsuda. T., 1997, *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.*, 35,747–750.
7. He, C and Z. Gu., 2003, *J. Appl. Polym. Sci.*, 89, 3931–3938.
8. Macmanus, L. F., Walzak, M. J and McIntyre, N. S., 1999, *J. Polym. Sci. Part A. Polym. Chem.*, 37, 2489–2501.
9. El-Sawy, N. M and Sagheer, F. A., 2001, *Eur. Polym. J.*, 37, 161–166.
10. Hegazy, E.A., El-Rehim, H. A., Kamal, H and Kandeel, K. A., 2001, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B.*, 185, 235–240.
11. Hassanpour, S., 1999, *Radiation Physics and Chemistry*, 55, 41–45.
12. Sundardi, F., 1978, *J. Appl. Polym. Sci.*, 22, 3163–3176.
13. Hu, S. G., Jou, C.H and Yang, M.C., 2002, *J. Appl. Polym. Sci.*, 86, 2977–2983.
14. Kang E. T., Neoh, K. G., Shi, J. L., Tan, K. L and Liaw, D. J., 1999, *Polym. Adv. Technol.* 10,20–29.
15. Ambrosio, A. D., Rebullia, P., Revelli, N., Morelati, F., Marangoni, F., Sirchia, G and Bellobono, A., 1997, *J. Biomed. Mater. Res.*, 37, 566–572.
16. Huang, J., Wang, X., Chen, X and Yu, X., 2003, *J. Appl. Polym. Sci.*, 89, 3180–3187.
17. Irwan, G. S., 2006, *Seminar Nasional Kimia dan Kongres Nasional Himpunan Kimia Indonesia*, Jakarta 22 Februari 2006, Hal. 27.
18. Peng, T and Cheng, Y. L., 2000, *J. Appl. Polym. Sci.*, 76, 778–786.
19. Kubota, H., 1992, *Eur. Polym. J.*, 3, 267–270.
20. Maziad, N. A., Sayed, M. S and Hegazy, E. A., 2002, *Polym. Int.*, 51, 150–155.
21. Huh, M. W., Kang, I. K., Lee, D. H., Kim, W. S., Lee, D.H., Park, L.S., Min, K.E. and Seo, K.H., 2001, *J. Appl. Polym. Sci.*, 81,2769–2778.
22. Sun, T., Xie, W., Xu, P., 2003, *Macromol. Biosci.*, 3, 320–323.
23. Chansook, N and Kiatkamjornwong, S., 2003, *J. Appl. Polym. Sci.*, 89, 1952–1958.
24. Aoyama, Y., Irwan, G. S., Kuroda, S., Kubota, H and Kondo, T. 2001. *Polymer Preprints, Japan*, 50: 256.
25. Liu, W., Wang, Y. Z and Sun, Z., 2003, *J. Appl. Polym. Sci.*, 88, 2904–2911.
26. Islam, M. A., Dimov, A and Malinova, A. L., 1992, *Journal of Membrane Science.*, 66, 69–78.
27. Risbud, M. V., Hardikar, A. A., Bhat, S. V., Bhonde, R.R., 2000, *J. Controlled Release.*, 68, 23–30.
28. Gupta, B. and Anjum, N., 2003, *Adv. Polym. Sci.*, 162, 35–61.
29. Chapiro, A., 1962, *Radiation Chemistry of Polymeric System*, Interscience, London Chapter 12.
30. Gatot, T. R., 1997, Tesis Magister Sains Ilmu Kimia, Universitas Indonesia, Jakarta.
31. Kondo, T., Kubota, H and Katakai, R., 1999, *J. Appl. Polym. Sci.*, 71, 251–258.
32. Onari, Y., 1986, *J. Appl. Polym. Sci.*, 31, 1663–1670.
33. Hegazy, E. A., El-Rehim, H. A. A., Khalifa, N. A., Atwa, S. M and Shawky, H. A. 1997. *Polym. Int.* 43: 321–332.
34. Güclü, G., Gürdağ, G and Özgümüş, S., 2003, *J. Appl. Polym. Sci.*, 90, 2034–2039.