

KARAKTERISTIK FILM POLIETILEN TERGRAFTING ASAM AKRILAT DIPEROLEH DENGAN METODA RADIASI GAMMA (Characteristic of Acrylic Acid Grafted Polyethylene Film Prepared by Gamma Irradiation Method)

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

¹Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35144

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional, P3TIR, Pasar Jum'at, Jakarta

ABSTRAK

Telah dilakukan pencangkakan (grafting) radiasi asam akrilat (AA) pada film polietilen kerapatan tinggi (PE, tebal 80 μm) dengan bantuan radiasi sinar gamma (g). Film PE diradiasi dengan sinar-g pada dosis 15 kGy selama 2 jam. Jumlah AA yang tergrafting pada permukaan film PE (persen grafting) dihitung menggunakan metode gravimetri. Persen grafting dipengaruhi oleh konsentrasi AA, jenis pelarut dan waktu polimerisasi yang digunakan. Kondisi optimum dari grafting radiasi telah didapat pada waktu 2 jam, konsentrasi monomer asam akrilat 30% menggunakan pelarut air dan suhu reaksi polimerisasi grafting pada 60 °C. Film PE tergrafting AA dikarakterisasi dengan spektroskopi FTIR dan *tensile strength* untuk analisis fisiknya. Berdasarkan data spektroskopi IR, munculnya puncak-puncak pada bilangan gelombang 1712 cm^{-1} (C=O), 3385 cm^{-1} (OH) mengindikasikan bahwa asam akrilat telah sukses tergrafting pada film PE (PE-g-AA). Karakteristik film PE tergrafting asam akrilat yang dihasilkan diukur dari daya serap air dan reaktivitasnya terhadap ion tembaga. Peningkatan daya serap air dan reaktivitas terhadap ion tembaga film PE tergrafting AA, semakin besar dengan semakin besarnya jumlah AA yang tergrafting pada film PE, menunjukkan bahwa grafting dengan bantuan sinar gamma dapat digunakan untuk meningkatkan hidrofilitas dan reaktivitas terhadap ion logam permukaan film PE.

Kata kunci: kopolimerisasi, low density polyethylene, iradiasi gamma irradiation, absorpsi tembaga.

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 g 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

Makalah diterima 17 Maret 2007

1. PENDAHULUAN

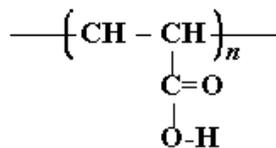
Polietilen adalah salah satu dari poliolefin yang paling banyak digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan berbagai jenis peralatan rumah tangga dan kemasan makanan maupun minuman. Pemanfaatannya yang sangat luas dimungkinkan karena polimer ini memiliki banyak sifat-sifat yang bermanfaat antara lain daya tahan terhadap zat kimia dan benturan yang baik, mudah dibentuk dan dicetak, ringan dan harganya yang murah (Peacock, 2000). 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 (Chan, 1994; Peacock, 2000). 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) (Allmer *et al.*, 1998; Choi *et al.*, 2003). 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 (Moad *et al.*, 2002). Pembentukan situs aktif dengan metode fisika dapat dilakukan dengan berbagai cara, meliputi radiasi laser (Saito *et al.*, 1997), elektron beam (He and Gu, 2003), sinar UV (Macmanus *et al.*, 1999), plasma dan radiasi sinar- γ (El-Sawy and Sagheer, 2001) 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 kontaminasi zat kimia yang minim pada polimer induk (Hegazy *et al.*, 2001). 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 digraftingkan pada sample. Reaksi grafting yang diinisiasi oleh sinar- γ telah digunakan untuk modifikasi/fungsionalisasi beberapa substrat polimer seperti selulosa (Hassanpour *et al.*, 1998), Polipropilen (PP) (Sundardi *et al.*, 1978), dan Polietilen tereftalat (PET) (Hu *et al.*, 2002).

Teknik grafting telah dimanfaatkan antara lain untuk mengubah sifat-sifat polimer induk dengan tujuan meningkatkan adhesi logam dan oksida logam (Kang *et al.*, 1999), amobilisasi enzim pada polimer (Ambrosio *et al.*, 1997), memberikan sifat kepekaan polimer terhadap perubahan suhu (Huang *et al.*, 2003; Irwan, 2006), memberikan sifat kepekaan polimer terhadap perubahan pH (Peng and Cheng, 2000), sifat katalis (Kubota, 1992), sifat penukar ion

(Maziad *et al.*, 2002), memberikan sifat anti oksidan dan antibakterial (Huh *et al.*, 2001; Sun *et al.*, 2003). Berbagai keberhasilan modifikasi film PE serta tersedianya berbagai metode modifikasi yang sudah baku seperti dipaparkan sebelumnya, merupakan dasar



Gambar 1. Struktur molekul poli asam akrilat

gagasan penelitian ini untuk menggrafting 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 (El-Sawy and Sagheer, 2001), zat warna (Chansook and Kiatkamjornwong, 2003), amobilisasi enzim (Aoyama *et al.*, 2001), dan pengikat kitosan (Huh *et al.*, 2001). Dengan menggrafting 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 sample. Film PE tergrafting AA yang diperoleh dengan metode radiasi gamma di atas, diuji daya tarik, daya serap terhadap air dan reaktifitasnya terhadap ion tembaga.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan yang digunakan

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. Bahan-bahan yang digunakan adalah polietilen jenis HDPE, asam akrilat (Wako-Japan), metanol dan aquades.

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°C lalu dikeringkan. Film PE yang telah dikeringkan selanjutnya dianalisis dengan FTIR untuk mendapatkan fungsionalitas acuan, sehingga perubahan fungsionalitas setelah film PE digrafting 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 (Gatot, 1997). Radiasi dilakukan di Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR, Pasar Jum'at, 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 diatas penangas

air dan reaksi polimerisasi grafting dilakukan pada suhu 65°C dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 jam, sambil dialiri gas nitrogen.

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. Persen grafting ditentukan berdasarkan perbandingan berat rantai grafting AA pada film PE (selisih berat film PE setelah dan sebelum digrafting) dengan berat awal PE film sebelum digrafting, 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 tergrafting 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 tergrafting AA dengan berbagai persen 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 tergrafting AA dengan tipe-Na, film PE tergrafting AA dicelupkan dalam larutan yang mengandung NaOH 0,5 M pada 25 °C selama 2 jam. 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 berikut :

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

Pengukuran Kemampuan Adsorpsi ion Cu^{2+}

Film PE yang telah tergrafting 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 tergrafting AA dilakukan pada 25 °C selama 24 jam. Setelah reaksi, film PE tergrafting AA diangkat dari larutan dan konsentrasi ion Cu^{2+} dalam larutan dihitung kembali dengan metode titrasi kelat (Islam *et al.*, 1992), 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 digrafting dengan asam akrilat, sehingga proses grafting dapat dievaluasi. Karakterisasi ini dilakukan, menggunakan instrumen dan metode yang tersedia di LIPI Serpong.

3. 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 ? Sinar- γ dikenal sebagai *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 (Risbud *et al.*, 2000; Gupta and Anjum 2003;). Reaksi polimerisasi grafting antara asam akrilat (AA) pada film polietilen (PE) yang telah diradiasi sinar- γ dengan dosis 15 kGy, diperlihatkan pada Gambar 2.

Persen grafting, yakni jumlah AA yang tergrafting (tertempel/tercangkuk) pada film PE semakin besar dengan semakin meningkatnya konsentrasi AA dan waktu polimerisasi grafting yang digunakan. Persen grafting maksimum diperoleh pada 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 . Menurut Tazuke (1983) meskipun dengan persen grafting yang sangat kecil sekalipun, telah dapat mengubah permukaan film PE yang bersifat hidrofob menjadi bersifat hidrofilik.

Reaksi polimerisasi grafting AA pada film PE dengan menggunakan radiasi sinar- γ sebagai penginisiasi dapat dijelaskan sebagai berikut Chapiro (1962). 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 Gambar 3.

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

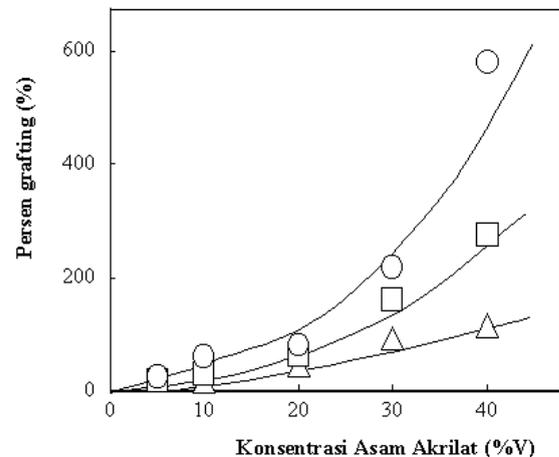
$$G = K_p K_t^{-1} [M] \ln K_t [RM^*O]$$

Persen 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 (Gatot, 1997). 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. Persen grafting akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi monomer. Pada konsentrasi monomer yang lebih tinggi, persen 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 Persen Grafting

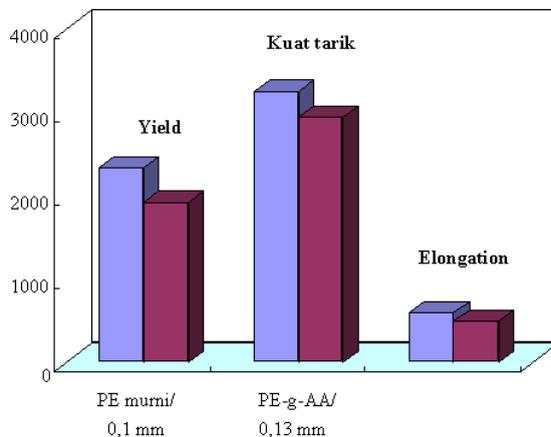
Difusi monomer menuju situs aktif yang ada pada PE akibat radiasi gamma, membutuhkan media pembawa yaitu pelarut.



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.

CH₂-CH₂ pada bilangan gelombang 725 cm⁻¹. Pita-pita serapan ini merupakan serapan khas untuk polietilen pada bilangan gelombang yang disebutkan diatas (Peacock, 2000).

Gambar 6 memperlihatkan bahwa pada film PE tergrafting 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 asam karboksilat pada bilangan gelombang 3385 cm⁻¹. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa asam akrilat telah tergrafting pada film PE. Semua spektrum film PE dan PE-g-AA memiliki serapan yang sama, hal ini menunjukkan bahwa pengkondisian 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



Gambar 7. Hasil analisis kuat tarik film PE dan film PE tergrafting asam akrilat 30%. Yield : (□) PE, (○) PE-g-AA 30% ; Kuat tarik : Yield : (□) PE, (○) PE-g-AA 30% ; Elongation : (□) PE, (○) PE-g-AA

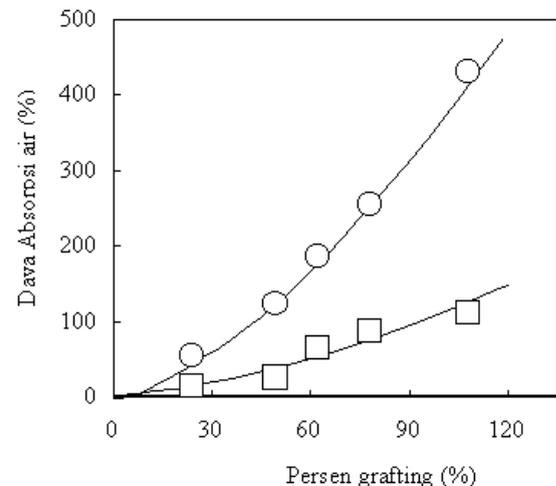
tidak sampai mengubah struktur asli dari film PE.

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 7. Sampel film PE tergrafting AA

yang digunakan mengandung AA sekitar 50%. Nilai (*yield*) kekuatan tarik pada film polietilen murni sebesar 2343,13 kg/cm², perpanjangan putus (*elongation*) sebesar 600% (Gambar 8), serta kuat tarik sebesar 3264,71 kg/m². 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 (Lit *et al.*, 2003).

Dengan penambahan asam akrilat, terjadi penurunan nilai *yield* pada film polietilen menjadi sebesar 1925,6 kg/cm², perpanjangan putus 500% (Gambar 7), serta kuat tarik sebesar 2953 kg/m². 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.



Gambar 8. Daya serap air film PE tergrafting dengan asam akrilat diukur pada 25°C. (○) tipe-Na dan (□) tipe-H

Daya Serap Air Film PE Tergrafting Asam Akrilat

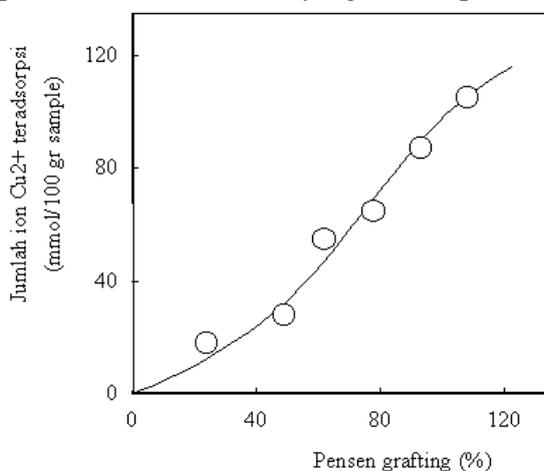
Reaksi polimerisasi grafting AA ke film PE, dapat mengubah permukaan film PE yang sebelumnya bersifat hidrofob menjadi hidofil oleh AA yang tergrafting pada film PE, sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap air air. Daya serap air film PE tergrafting AA setelah direndam dalam air

pada 25°C selama 24 jam (tipe-H) dan setelah direndam dalam larutan NaOH pada 25°C selama 2 jam (tipe-Na) diperlihatkan pada Gambar 8 sebagai fungsi dari persen grafting.

Daya serap air film PE tergrafting AA (tipe-H dan Na) semakin besar dengan semakin meningkatnya jumlah AA yang tergrafting pada film PE. Kecendrungan yang sama juga diperlihatkan oleh film PE tergrafting asam akrilat bersama-sama dengan N-isopropilakrilamida yang dinisiasi oleh XT (Kondo *et al.*, 1999). Hal ini membuktikan bahwa benar permukaan film PE yang tadinya bersifat hidrofob berubah menjadi hidrofilik setelah digrafting dengan AA.

Daya Adsorpsi terhadap ion Cu^{2+}

Untuk mengetahui kemampuan asam metakrilat tergrafting film PE membentuk kompleks dengan ion logam, gugus karboksil yang ada pada asam metakrilat tergrafting film PE, direaksikan dengan ion Cu^{2+} pada pH = 5. Jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi



Gambar 9. Hubungan antara jumlah ion Cu^{2+} teradsorpsi dengan persen grafting AA tergrafting film PE. (25°C, 24 jam, $[\text{Cu}^{2+}] = 1,79 \times 10^{-2}$ mol/l).

dinyatakan dalam milimol per 100 gram AA tergrafting film PE, yakni milimol ion Cu^{2+} per 0,466 milimol jumlah gugus karboksilat yang terdapat dalam AA tergrafting film PE. Persen grafting, yakni jumlah gugus karboksil yang terdapat dalam AA tergrafting film PE sangat berperan dalam penentuan

kemampuan sampel AA tergrafting film PE untuk mengadsorpsi ion Cu^{2+} .

Gambar 9 memperlihatkan hubungan antara persen grafting dengan jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi pada permukaan AA tergrafting film PE. Jumlah ion Cu^{2+} yang teradsorpsi pada permukaan film semakin meningkat dengan semakin banyaknya gugus karboksilat yang terdapat pada AA tergrafting film PE. Terlihat bahwa terjadinya kelat dengan ion Cu^{2+} , sangatlah bergantung jumlah gugus fungsi karboksil dari AA tergrafting film PE. Dalam penelitian ini digunakan pH larutan = 5 karena dari beberapa penelitian sebelumnya (Onari, 1986; Hegazy *et al.*, 1997; Güçlü *et al.*, 2003) diketahui bahwa pH=5 adalah kondisi yang terbaik untuk reaksi absorpsi logam Cu^{2+} . Secara umum, MAA tergrafting film PE menunjukkan kemampuan yang baik untuk mengadsorpsi ion Cu^{2+} .

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian di atas disimpulkan bahwa asam akrilat (AA) dapat digrafting dengan mudah pada film polietilen (PE) dengan metoda radiasi gamma. Karakterisasi film PE tergrafting 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 tergrafting AA seperti daya absorpsi air dan reaktifitas terhadap ion logam, sangat bergantung pada jumlah AA yang tergrafting, yakni dengan bertambahnya jumlah AA yang tergrafting pada film PE akan meningkatkan daya serap air dan reaktifitas terhadap ion tembaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Allmer, K., Hult, A and Ranby, B. 1988. Surface Modification of Polymers. I. Vapour Phase Photografting with Acrylic Acid. *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.* 26: 2099– 2111.
- Ambrosio, A. D., Rebulli, P., Revelli, N., Morelati, F., Marangoni, F., Sirchia, G

- and Bellobono, A. 1997. Use of Photografting Technique for the Immobilization of Blood-grouping Antibodies onto Microtiter Plates. *J. Biomed. Mater. Res.* 37: 566–572.
- Aoyama, Y., Irwan, G. S., Kuroda, S., Kubota, H and Kondo, T. 2001. Reactivity of Polymer Catalyst Prepared by Acrylic Acid-Grafted Polyethylene. *Polymer Preprints, Japan*, 50: 256.
- Chan, C. M. 1994. *Polymer Surface Modification and Characterization*. Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati. 1–5.
- Chansook, N and Kiatkamjornwong, S. 2003. Ce(IV)-Initiated Graft Polymerization of Acrylic Acid onto Poly(ethylene terephthalate) Fiber. *J. Appl. Polym. Sci.* 89: 1952–1958.
- Choi, S. H., Hwang, Y. M., Ryoo, J. J., Lee, K. P., Ohta, K., Takeuchi, T., Jin, J. Y and Fujimoto, C. 2003. Surface Grafting of Glycidyl Methacrylate on Silica Gel and Polyethylene Beads. *Electrophoresis*. 24: 3181–3186.
- El-Sawy, N. M and Sagheer, F. A. 2001. Radiation-induced graft polymerization of acrylic acid onto poly(tetrafluoroethylene-perfluorovinyl ether) copolymer films: complexation with some transition metals and biological activity. *Eur. Polym. J.* 37: 161–166.
- Gatot, T. R. 1997. Sintesis dan Karakterisasi Kopolimer Cangkok Akrilamida dan N,N Dimetil Akrilamida Pada Serat Polipropilen dengan Teknik praradiasi. Tesis Magister Sains Ilmu Kimia. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Güçlü, G., Gürdag, G and Özgümüş, S. 2003. Competitive Removal of Heavy Metal Ions by Cellulose Graft Copolymers. *J. Appl. Polym. Sci.* 90: 2034–2039.
- Gupta, B. and Anjum, N. 2003. Plasma and Radiation-Induced Graft Modification of Polymers for Biomedical Applications. *Adv. Polym. Sci.* 162: 35–61.
- Hassanpour, S. 1999. Radiation grafting of styrene and acrylonitrile to cellulose and polyethylene. *Radiation Physics and Chemistry*. 55: 41–45.
- He, C and Z. Gu. 2003. Studies on Acrylic Acid grafted Polyester Fabrics by Electron Beam Preirradiation Method. I. Effects of Process Parameters on Graft Ratio and Characterization of Grafting. *J. Appl. Polym. Sci.* 89: 3931–3938.
- Hegazy, E. A., El-Rehim, H. A. A., Khalifa, N. A., Atwa, S. M and Shawky, H. A. 1997. Anionic/Cationic Membranes Obtained by a Radiation Grafting Method for Use in Waste Water Treatment. *Polym. Int* 43: 321–332.
- Hegazy, E.A., El-Rehim, H. A., Kamal, H and Kandeel, K. A. 2001. Advances in Radiation Grafting. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B.* 185: 235–240.
- Hu, S. G., Jou, C.H and Yang, M.C. 2002. Surface grafting of polyester fiber with chitosan and antibacterial activity of pathogenic bacteria. *J. Appl. Polym. Sci.* 86: 2977–2983.
- Huang, J., Wang, X., Chen, X and Yu, X. 2003. Temperature-Sensitive Membranes Prepared by the Plasma-Induced Graft Polymerization of Nisopropylacrylamide into Porous Polyethylene Membranes. *J. Appl. Polym. Sci.* 89: 3180–3187.
- 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. Surface Characterization and Antibacterial Activity of Chitosan-Grafted Poly(ethylene Terephthalate) Prepared by Plasma Glow Discharge. *J. Appl. Polym. Sci.* 81: 2769–2778.
- Islam, M. A., Dimov, A and Malinova, A. L. 1992. Environment-Sensitive Properties of Polymethacrylic Acid-Grafted Polyethylene Membranes. *Journal of Membrane Science.* 66: 69–78.
- Kang E. T., Neoh, K. G., Shi, J. L., Tan, K. L and Liaw, D. J. 1999. Surface Modification of Polymers for Adhesion Enhancement. *Polym. Adv. Technol.* 10: 20–29.
- Kondo, T., Kubota, H and Katakai, R. 1999. Effect of Ultrasonic Irradiation on Ceric-Salt Initiated Grafting of Methyl Methacrylate onto Regenerated

- Cellulose Film. *J. Appl. Polym. Sci.* 71: 251–258.
- Kubota, H. 1992. Catalytic Activity of 4-Vinylimidazole-Grafted Polyethylene: Effect of Method of Introduction of Grafted Chains by Means of Photografting. *Eur. Polym. J.* 3: 267–270.
- Liu, W., Wang, Y. Z and Sun, Z. 2003. Effects of Polyethylene-Grafted Maleic Anhydride (PE-g-MA) on Thermal Properties, Morphology, and Tensile Properties of Low-Density Polyethylene (LDPE) and Corn Starch Blends. *J. Appl. Polym. Sci.* 88: 2904–2911.
- Macmanus, L. F., Walzak, M. J and McIntyre, N. S. 1999. Study of Ultraviolet Light and Ozone Surface Modification of Polypropylene. *J. Polym. Sci. Part A. Polym. Chem.* 37: 2489–2501.
- Maziad, N. A., Sayed, M. S and Hegazy, E. A. 2002. Use of Radiation Grafted PVC-acrylamide Membranes in Radioactive Waste Treatment. *Polym. Int.* 51: 150–155.
- Moad, G., Chiefari, J., Mayadunne, R. T. A., Moad, C. L., Postma, A., Rizzardo, E and Thang, S. H. 2002. Initiating Free Radical Polymerization. *Macromol. Symp.* 182: 65–80.
- Onari, Y. 1986. Chelating Polymer Bearing Triazolylazophenol Moiety as the Functional Group. *J. Appl. Polym. Sci.* 31, 1663–1670.
- Peacock, A. J. 2000. *Hand Book of Polyethylene. Structures, Properties, and Applications.* Marcel Dekker, Inc.
- Peng, T and Cheng, Y. L. 2000. pH-Responsive Permeability of PE-g-PMAA Membranes. *J. Appl. Polym. Sci.* 76: 778–786.
- Risbud, M. V., Hardikar, A. A., Bhat, S. V., Bhonde, R.R. 2000. pH-Sensitive Freeze-dried Chitosan-Polyvinyl Pyrrolidone Hydrogels as Controlled Release System for Antibiotic Delivery. *J. Controlled Release.* 68: 23–30.
- Saito, N., Yamashita, S and Matsuda. T. 1997. Laser-Irradiation-Induced Surface Graft Polymerization Method. *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* 35: 747–750.
- Sun, T., Xie, W., Xu, P. 2003. Antioxidant Activity of Graft Chitosan Derivatives. *Macromol. Biosci.* 3: 320–323.
- Sundardi, F. 1978. Graft Copolymerization of Hydrophilic Monomers onto Irradiated Polypropylene Fibers. *J. Appl. Polym. Sci.* 22 : 3163–3176.