

Sintesis Hidrogel Superabsorben Polietilen Oksida-Alginat dengan Teknik Radiasi Gamma dan Karakterisasinya

ERIZAL^{1*}, I WAYAN REDJA²

¹Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN),
Jln. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta, 12440.

²Fakultas Farmasi Universitas Pancasila, Jln. Srengseng Sawah, Jagakarsa,
Jakarta Selatan, 12640.

Diterima 2 Juli 2009, Disetujui 6 Februari 2010

Abstract: In order to develop the applications of radiation for biomaterial preparation, a non-toxic superabsorbent has been synthesized. A series of superabsorbent hydrogel were prepared from aqueous solution containing 5% polyethylene oxide (PEO) with different concentration of alginate (0.5–2.0%) were irradiated at the doses of 20, 30, and 40 kGy by gamma radiation. The gel fraction, swelling kinetics and the equilibrium degree of swelling (EDS) of the hydrogels were studied. It was found that the incorporation of even 2% alginate (sodium salt) increased the EDS of the hydrogels from 20g/g to 320 g/g. At a dose of 20 kGy, PEO-alginate hydrogels with high gel fraction (~80%) and very high EDS (~ 320 g/g) were obtained. The hydrogels were also found to be sensitive to the ionic solution of NaCl. The PEO-alginate hydrogels could be considered as candidate biomaterials in health care.

Key words: Alginate, polyethylene oxide, irradiation, hydrogel, superabsorbent.

PENDAHULUAN

HIDROGEL superabsorben (HSA) adalah suatu istilah mencakup jenis polimer yang berbasis kemampuan mengabsorpsi sejumlah kuantitas air. Setiap jenis polimer ini mempunyai cara yang berbeda dalam mencapai fenomena superabsorben dan laju absorpsi. Namun demikian, HSA sangat efektif mengabsorpsi air. HSA pada hakikatnya adalah polimer berikatan silang yang mempunyai kemampuan mengabsorpsi air ratusan kali beratnya, tidak larut dalam air karena adanya struktur tiga dimensi pada jaringan polimernya. HSA merupakan materi yang sangat menarik karena sifat kelarutannya dan daya angkut air yang unik. Karena sifat yang unik tersebut, pada beberapa tahun belakangan ini dilakukan penelitian dan pengembangan HSA secara intensif untuk aplikasi di bidang kesehatan, farmasi, kimia, pengemas makanan, pembuatan kertas, industri holtikultura, dan pengeboran minyak^(1,2,3,4,5). Kopolimer (asam akrilat-akrilamida) merupakan salah satu contoh jenis superabsorben yang populer memiliki daya serap air yang relatif besar, yaitu > 500 kali bobot keringnya. Asam akrilat dan akrilamida merupakan monomer toksis, perlu penanganan khusus

pada pengerjaannya. Mengingat bahwa superabsorben merupakan salah satu bahan yang penting baik untuk keperluan di bidang farmasi maupun kesehatan, maka perlu dilakukan penelitian pembuatan superabsorben berbasis bahan yang tidak toksis.

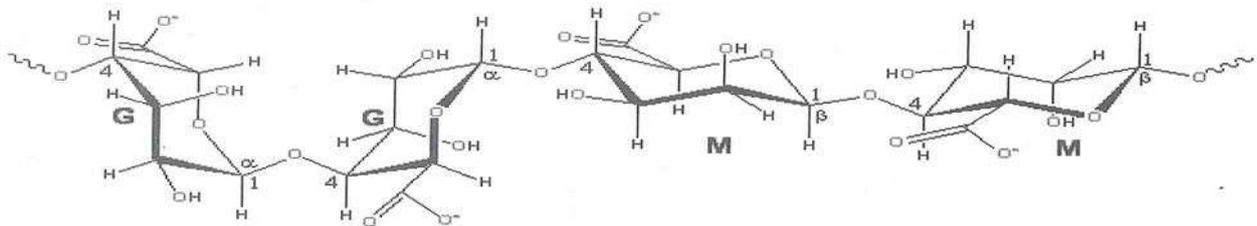
Polietilen oksida (PEO), $-((\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n)$ merupakan salah satu jenis polimer hidrofilik yang cocok sebagai kandidat bahan kesehatan karena bersifat tidak toksis dan biokompatibel dengan tubuh. Karena itu, penelitian yang berkaitan dengan modifikasi PEO sedang dilakukan dengan intensif pada beberapa tahun belakangan ini, antara lain sintesis hidrogel PEO secara enzimatik, *freeze dried* kitosan-PEO hidrogel, modifikasi PEO-karbohidrat hidrogel, imobilisasi molekul PEO untuk bioaplikasi dan hidrogel PEO untuk *tissue engineering*^(6,7,8,9,10).

Penelitian ini pada dasarnya merupakan penelitian pendahuluan yang masih perlu pengembangan lebih lanjut untuk aplikasinya. Hal ini disebabkan karena pembuatan material baru yang berbasis PEO pada umumnya berdasarkan reaksi fisika yang sifat fisiknya relatif kurang baik (mudah rapuh). Karena itu, untuk mendapatkan material baru berbasis PEO dengan sifat fisik yang relatif baik dapat digunakan reaksi ikatan silang, baik dengan metode kimia maupun iradiasi. Metode iradiasi relatif lebih populer dibandingkan metode kimia, karena pengerjaannya relatif cepat, tidak

* Penulis korespondensi, Hp. 08159348695
e-mail: izza3053@yahoo.com

mempunyai katalisator dan inisiator, serta *shaping* dan sterilisasinya dapat dilakukan secara serentak. Salah satu manfaat dari aplikasi iradiasi ini adalah pengekanan zat yang mudah terdegradasi dalam suatu matriks polimer dengan tidak mengubah fungsi kimianya. Metode ini dikenal sebagai metode IPN (*Inter Penetrating Network*)⁽¹¹⁾.

Alginat merupakan salah satu jenis polimer alami yang diperoleh dari proses ekstraksi rumput laut coklat. Alginat pada umumnya digunakan sebagai pengental dan penstabil emulsi dalam industri pangan, kosmetik, dan tekstil. Dalam industri farmasi dan kesehatan, alginat digunakan untuk mikroenkapsulasi sistem pelepasan obat terkendali dan pada awalnya alginat lebih populer untuk kegunaan sebagai pembalut luka bakar⁽¹²⁾. Ditinjau dari struktur kimianya (Gambar 1),



Gambar 1. Struktur molekul alginat (G = glukoronat, M= mannuronat).

alginat merupakan suatu polisakarida asam yang terdiri atas dua tipe asam uronik, yaitu asam β -L-mannuronat (ManA atau "M") dan asam α -D-glukuronat (GulA atau "G"). Gugus COOH pada alginat terionisasi menjadi bentuk gugus $-COO^-$ yang mempunyai afinitas yang tinggi terhadap air. Salah satu kelemahan dari alginat adalah sifatnya yang mudah terdegradasi, terutama oleh perlakuan iradiasi. Karena itu, untuk memanfaatkan alginat diperlukan perlakuan khusus yang menyebabkannya tidak terdegradasi, misalnya dengan menggabungkan (*blend*) alginat dan suatu polimer pada proses radiasi. Menurut Rosiak, dkk.⁽¹³⁾, untuk memasukkan senyawa-senyawa karbohidrat ke dalam suatu matriks polimer yang peka terhadap iradiasi seraya menghindari degradasi dari karbohidrat tersebut dapat dilakukan dengan teknik IPN. Berdasarkan hal ini, jika campuran PEO-alginat diiradiasi, maka PEO akan membentuk struktur jaringan dengan ikatan silang secara kimia dan alginat terkungkung di dalam matriks PEO yang membentuk ikatan silang secara fisik dengan alginat. Karena itu, penggabungan PEO dengan alginat diharapkan dapat membentuk hidrogel superbasorben.

Tujuan penelitian ini mensintesis PEO-alginat dengan cara iradiasi campuran PEO-alginat dalam

air pada komposisi 5:0,5; 5:1; 5:1,5; dan 5:2 persen bobot pada dosis 20,30 dan 40 kGy (laju dosis 10 Gy/j). Hidrogel hasil iradiasi dikarakterisasi dalam hal fraksi gel, rasio *swelling* dalam air, *swelling* maksimum dalam air (EDS), pengaruh dosis iradiasi terhadap rasio *swelling*, rasio *swelling* dalam larutan NaCl. Dari hasil penelitian ini diharapkan hidrogel PEO-alginat bersifat sebagai superbasorben yang layak untuk dipakai di bidang kesehatan.

BAHAN DAN METODE

BAHAN. Polietilen oksida (PEO) dengan bobot molekul rata-rata 600.000 (Sigma Aldrich), urea, NaCl (Merck), natrium alginat (Kimitsu), bahan kimia lainnya kualitas *pro analysis* dipakai tanpa diproses lebih lanjut. Alat

yang digunakan terdiri dari timbangan analitik Mettler Toledo tipe AB 204 dan Preciso 3000D, oven Hereaus Instrumen Vacuterm, *homogenizer*, *stirer*, kassa kawat ukuran 300 mesh, wadah cetakan hidrogel *Sealer Machine*, iradiator CO (Iradiator karet, IRKA).

METODE. Pembuatan hidrogel PEO-alginat. Disiapkan satu seri larutan alginat 0,5; 1; 1,5; dan 2% dalam air suling menggunakan *shaker incubator* pada kecepatan 100 rpm selama 24 jam pada suhu kamar. Ke dalam masing-masing larutan kemudian dimasukkan 5 g PEO dan ditambahkan air suling hingga volume larutan mencapai 100 ml, lalu diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga larutan homogen. Selanjutnya, masing-masing campuran PEO-alginat dikemas dalam kantong plastik ukuran 10x15 cm² dengan ketebalan 0,5 cm dan direkatkan (*seal*). Akhirnya larutan campuran diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 20, 30, dan 40 kGy (laju dosis 10 kGy/jam).

Penentuan fraksi gel. Tiga buah cuplikan hidrogel hasil iradiasi dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven vakum selama 6 jam, lalu ditimbang (W_0). Selanjutnya hidrogel dibungkus dengan kawat kassa ukuran 300 mesh yang telah ditara, direndam dalam air suling sampai terendam sempurna dan dikocok dalam *shaker incubator* pada kecepatan 100 rpm selama 24 jam

pada suhu kamar untuk menghilangkan zat-zat yang tidak bereaksi. Setelah itu, hidrogel dikeluarkan dari *shaker incubator* dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan. Hidrogel ditimbang kembali (W_1), dan fraksi gel dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Fraksi gel} = (W_1 / W_0) \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

W_1 = bobot hidrogel kering hasil pencucian,
 W_0 = bobot hidrogel kering awal

Terhadap data yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (1) pada masing-masing dosis iradiasi yang dilakukan secara triplo, dilakukan penghitungan nilai rata-rata fraksi gelnya. Nilai rata-rata ini selanjutnya dibuat grafik.

Pengujian rasio swelling dan equilibrium degree swelling (EDS) hidrogel dalam air. Tiga buah cuplikan hidrogel hasil iradiasi dengan ukuran 1x1 cm² dikeringkan di dalam oven vakum pada suhu 60°C hingga bobot konstan, lalu ditimbang (W_0). Hidrogel kering kemudian direndam dalam 50 ml air suling. Setelah 60 menit, hidrogel dikeluarkan dari media perendaman. Air permukaan hidrogel disapu (dilap) dengan kertas saring, dan hidrogelnya ditimbang kembali (W_s). Setelah itu, hidrogel direndam kembali ke dalam air dalam wadah yang sama untuk pengujian rasio *swelling* pada interval waktu 60 menit selanjutnya. Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan. Rasio *swelling* hidrogel hasil pengujian pada masing-masing waktu perendaman dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rasio swelling} = W_s / W_0 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

W_s = bobot hidrogel dalam keadaan swelling ,
 W_0 = bobot hidrogel dalam keadaan kering

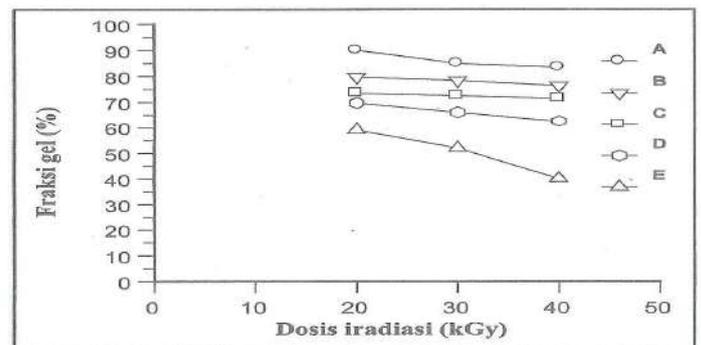
Selain itu, dilakukan pula uji *equilibrium degree of swelling* (EDS), yaitu rasio *swelling* dari hidrogel pada keadaan maksimum. Rasio *swelling* dihitung menggunakan persamaan (2), W_s = bobot hidrogel pada keadaan *swelling* maksimum dan W_0 = bobot hidrogel kering. Terhadap data yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (2) pada masing-masing dosis iradiasi yang dilakukan secara triplo, dilakukan penghitungan nilai rata-rata rasio *swelling*. Nilai rata-rata ini selanjutnya dibuat grafik.

Pengujian rasio swelling hidrogel dalam larutan NaCl. Tahapan pengujian rasio *swelling* hidrogel dalam dalam larutan NaCl mirip dengan pengerjaan

pengujian *swelling* rasio hidrogel dalam air kecuali medium pengujian yang digunakan adalah larutan NaCl 0,15 M.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh dosis iradiasi terhadap fraksi gel. Fraksi gel merupakan salah satu parameter yang umumnya digunakan dalam pengujian hidrogel, yang mencerminkan fraksi jumlah bahan awal, baik berupa monomer maupun polimer, yang diubah menjadi hidrogel pada proses sintesis. Parameter ini juga menunjukkan bahwa nilai efisiensi dari proses dalam sintesis hidrogel bergantung pada kepekaan dari bahan terhadap iradiasi yang dipaparkan. Semakin peka bahan terhadap radiasi, makin tinggi efisiensi dari proses. Pengaruh dosis iradiasi dan konsentrasi alginat terhadap fraksi gel PEO-alginat disajikan pada Gambar 2. Terlihat bahwa dengan naiknya dosis iradiasi hingga 40 kGy, fraksi gel hidrogel PEO (kontrol) dan beragam konsentrasi PEO-alginat menurun. Hal ini menunjukkan

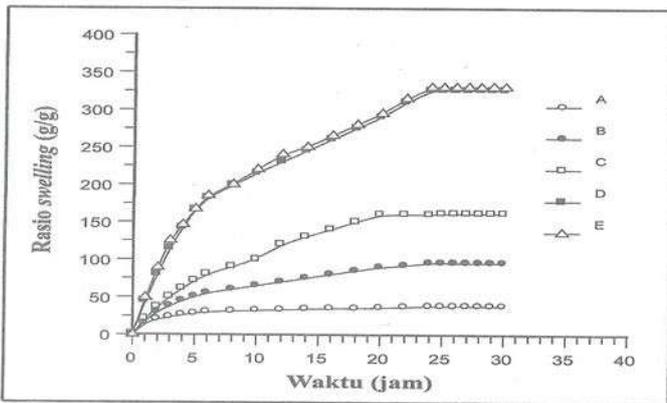


Gambar 2. Pengaruh dosis iradiasi terhadap fraksi gel PEO-alginat hidrogel pada beragam konsentrasi alginat (A= PEO 5%; B= PEO 5%, alginat 0,5%; C= PEO 5%, alginat 1%; D=PEO 5% , alginat 1,5%; E= PEO 5%, alginat 2%).

bahwa baik PEO maupun hidrogel PEO-alginat mengalami degradasi pada dosis >20 kGy, dan dosis iradiasi 20 kGy merupakan dosis maksimal pada sintesis hidrogel PEO-alginat. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Khoylou⁽¹⁴⁾ yang mensintesis superabsorben PEO-tragakan pada rentang dosis 5 hingga 20 kGy. Tragakan merupakan polisakarida terdiri dari asam poli-D-galakturonat dan bassorin, yang mengalami degradasi jika dipapari radiasi. Dosis 20 kGy merupakan dosis maksimal dalam sintesis hidrogel ini.

Swelling hidrogel dalam air. Rasio perbandingan bobot hidrogel dalam keadaan menyerap air (*swelling*) terhadap bobot keringnya atau rasio *swelling* merupakan salah satu parameter utama dari hidrogel, khususnya untuk pengujian suatu bahan kandidat

superabsorben. Fungsi lama waktu perendaman terhadap rasio *swelling* hidrogel dalam air hasil iradiasi dosis 20 kGy dengan variasi konsentrasi alginat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kinetika *swelling* dalam air suling hidrogel PEO-alginat pada beragam konsentrasi hasil sintesis 20 kGy (A= PEO 5%, B= PEO 5%, alginat 0,5 %; C= PEO 5%, alginat 1%; D= PEO 5%, alginat 1,5 %; E= PEO 5%, alginat 2%).

Terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman hidrogel PEO-alginat dalam air serta meningkatnya konsentrasi alginat, rasio *swelling* hidrogel meningkat dan pada suatu saat mencapai keadaan kesetimbangan. Keadaan kesetimbangan ini tercapai pada waktu 24-26 jam. Rasio *swelling* hidrogel PEO-alginat pada semua konsentrasi relatif lebih besar dibandingkan rasio *swelling* hidrogel PEO. Hal ini menunjukkan bahwa penggabungan alginat ke dalam matriks PEO dapat menaikkan rasio *swelling* dari hidrogel. Terjadinya kenaikan rasio *swelling* hidrogel PEO-alginat dengan naiknya konsentrasi alginat disebabkan meningkatnya gugus ion karboksil (-COO-) yang mengontrol daya serap air hidrogel. Dari data hasil penelitian yang disajikan pada Gambar 3, rasio *swelling* hidrogel PEO-alginat pada dosis 20 kGy selang waktu 1 jam pertama mencapai 20-50 g/g yang pada hakikatnya memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan penyerap dalam pembalut wanita, pembalut luka bereksudat, dan pembalut luka bakar yang aman^(15,16).

Mekanisme difusi air dalam hidrogel sangat relevan dengan aplikasinya. Persamaan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan jenis difusi air ke dalam hidrogel⁽¹⁷⁾.

$$F = ktn \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

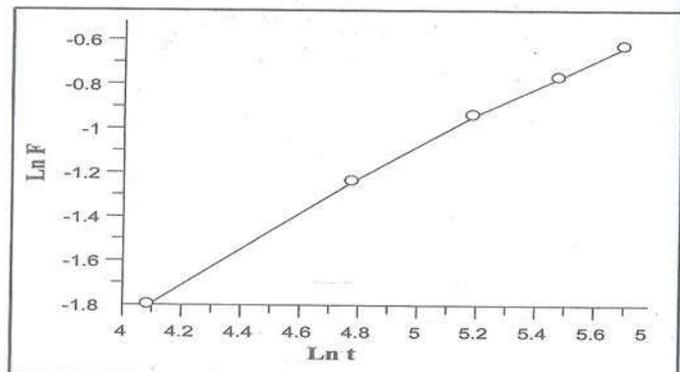
F= fraksi air yang diserap hidrogel pada waktu t

k= konstanta penggabungan air dengan jaringan polimer

n= ekponen difusi yang mencirikan mekanisme transportasi air.

t = waktu difusi air

Gambar garis hubungan antara $\ln F$ terhadap $\ln t$ dari PEO-alginat pada hidrogel (PEO 5%,alginat 2%) disajikan pada Gambar 4. Bentuk gambar grafik yang sama juga diperoleh pada komposisi PEO-alginat lainnya.

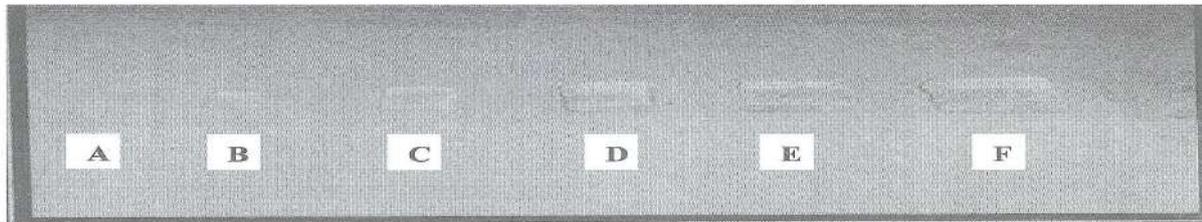


Gambar 4. Hubungan antara $\ln t$ dan $\ln F$ hidrogel PEO-alginat (PEO 5%, alginat 2%) yang disintesis pada dosis 20 kGy ($\ln t = \ln$ fungsi waktu, $\ln F = \ln$ fraksi air yang diserap hidrogel).

Nilai n dan k dihitung dari kemiringan dan perpotongan garis (*intercept*) dari garis linier (Gambar 4), dan hasilnya disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa nilai n terletak antara nilai 0,5 dan 1 dari semua superabsorben yang menunjukkan bahwa difusi air ke dalam matriks hidrogel adalah bersifat sebagai jenis *non-fickian*. Pada Gambar 5 disajikan perubahan ukuran fisik hidrogel PEO-alginat hasil proses difusi air sebagai fungsi waktu yang menyebabkan terjadinya *swelling* hidrogel hingga *swelling* maksimum.

Keadaan A menunjukkan bentuk hidrogel kering sebelum direndam dalam air dengan berat awal $\pm 0,06$ g. Selanjutnya kondisi B, C, D, E secara berurutan adalah perubahan bentuk hidrogel yang mengalami *swelling* setelah direndam dalam air dengan meningkatnya waktu perendaman. Keadaan F adalah bentuk hidrogel pada kondisi *swelling* maksimum yang mencapai berat ± 17 g, dan jika dibandingkan dengan berat kering awal mencapai nilai rasio *swelling* ± 320 g/g kali berat keringnya.

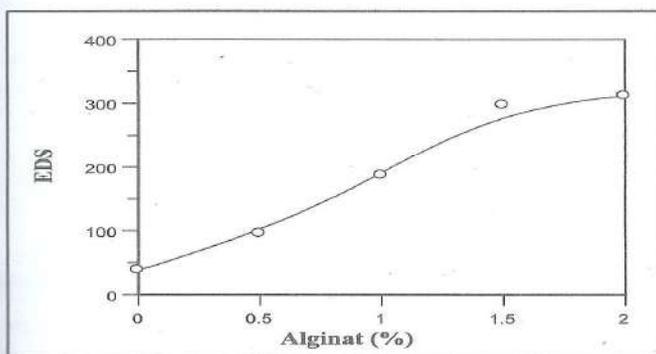
Pengaruh konsentrasi alginat terhadap equilibrium degree of swelling (EDS) hidrogel. Pengaruh konsentrasi alginat terhadap rasio *swelling* maksimum (EDS) hidrogel PEO-alginat hasil iradiasi 20 kGy disajikan pada Gambar 6. Nilai rasio *swelling* hidrogel PEO (kontrol) adalah ~ 40 g/g.



Gambar 5. Perubahan bentuk fisik hidrogel PEO-alginat sebagai fungsi waktu (t): A) t = 0 jam, B) t = 3 jam, C) t = 5 jam, D) t = 7 jam, E) t = 24 jam, F) 48 jam.

Tabel 1. Nilai parameter n dan k hidrogel superabsorbent PEO-alginat (disintesis pada dosis 20 kGy).

Hidrogel	$k \times 10^3$	n
PEO 5%, alginat 0,5%	16,0	0,60
PEO 5%, alginat 1,0%	5,1	0,76
PEO 5%, alginat 1,5%	5,2	0,82
PEO 5%, alginat 2,0%	8,7	0,73



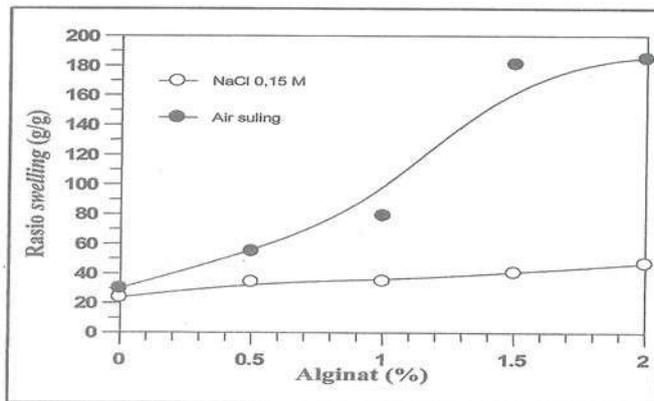
Gambar 6. Pengaruh konsentrasi alginat terhadap equilibrium degree of swelling (EDS) hidrogel PEO-alginat yang disintesis pada dosis 20 kGy.

Penambahan konsentrasi alginat dari 0,5 hingga 1,5% mengakibatkan kenaikan rasio *swelling* yang relatif besar, mencapai 297 berat keringnya (g/g). Sementara itu, dengan penambahan alginat hingga 2% rasio *swelling* mencapai 320 berat kering, atau tidak terlalu jauh nilainya dibanding nilai rasio *swelling* pada penambahan alginat 1,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi alginat 1,5% terjadi kondisi jenuh dari hidrogel, dan kenaikan konsentrasi selanjutnya hanya akan menyebabkan kenaikan rasio *swelling* yang tidak berarti. Karena itu, adanya alginat dalam pori struktur jaringan hidrogel PEO yang berikatan silang memberikan kontribusi pada kenaikan rasio *swelling* hidrogel. Adanya alginat ini memodifikasi ukuran pori rata-rata, distribusi ukuran pori hidrogel, dan interkoneksi pori yang ditimbulkan oleh interaksi inter dan intra antara alginat dan PEO selama proses iradiasi.

Hal ini merupakan faktor penting yang menentukan karakteristik *swelling* dari hidrogel.

Swelling hidrogel dalam larutan NaCl 0,15 M. Untuk komersialisasi superabsorbent sebagai bahan penyerap dalam *personal care*, misalnya absorben dalam popok bayi dan pembalut wanita, sangat penting untuk mengetahui karakternya dalam larutan fisiologis. Hidrogel PEO-alginat pada dasarnya terionisasi dalam larutan air. Karakter *swelling*-nya tergantung pada struktur kimia dan media *swelling*-nya. Karena itu, rasio *swelling* hidrogel PEO-alginat ini dalam larutan NaCl selayaknya berkurang dibandingkan rasio *swelling* dalam air suling. Pada Gambar 7 disajikan pengaruh konsentrasi alginat terhadap rasio *swelling* hidrogel PEO-alginat hasil iradiasi dosis 20 kGy dalam air dan larutan NaCl 0,15 M.

Terlihat bahwa dengan meningkatnya konsentrasi alginat dari 0,5% hingga 2%, rasio *swelling* hidrogel secara berturut-turut berkurang dari 55–34,2 g/g, 79–34,87 g/g, 181–41 g/g, dan 185–46 g/g. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya konsentrasi alginat yang menyebabkan peningkatan rasio *swelling*-nya dalam air, rasio *swelling*-nya dalam larutan NaCl 0,15 M mengalami penurunan dan mencapai nilai konstan pada konsentrasi alginat 1,5%. Demikian pula yang dilaporkan oleh Sanju, dkk.⁽¹⁷⁾ serta Tomar, dkk.⁽¹⁸⁾ bahwa dengan meningkatnya konsentrasi larutan NaCl, pada umumnya rasio *swelling* hidrogel menurun dengan tajam. Penurunan rasio *swelling* hidrogel dalam larutan NaCl ini terjadi akibat tekanan osmosis dan perbedaan konsentrasi ion-ion dalam media dan dalam kerangka jaringan hidrogel. Ion-ion yang terikat pada jaringan hidrogel bersifat imobil (tidak bergerak) yang dapat dianggap terpisah dari larutan luar walau terdapat membran semipermeabel. Jika hidrogel direndam dalam



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi alginat terhadap rasio swelling hidrogel yang disintesis pada dosis 20 kGy serta diuji dalam air dan larutan NaCl 0,15 M.

air, akan terjadi tekanan osmosis yang jauh lebih tinggi dalam matriks dan hidrogel akan mengalami *swelling*. Tetapi, jika hidrogel direndam dalam larutan NaCl, tekanan osmosis dalam matriks lebih rendah karena adanya ion-ion Na^+ dan Cl^- di dalam media. Sementara itu, dengan meningkatnya konsentrasi alginat, tekanan osmosis dalam larutan NaCl tidak berubah. Hal inilah yang mungkin menyebabkan kenaikan konsentrasi alginat tidak menyebabkan perubahan *swelling* yang cukup besar dari hidrogel PEO-alginat.

SIMPULAN

Hidrogel superabsorben PEO-alginat dapat disintesis dengan teknik iradiasi gamma. Meningkatnya dosis iradiasi menyebabkan fraksi gel menurun dan dosis 20 kGy merupakan dosis tertinggi pada sintesis hidrogel PEO-alginat. Semua hidrogel mencapai kondisi kesetimbangan *swelling* pada rentang waktu 24–26 jam dan difusi air ke dalam hidrogel bersifat *non-fickian*. EDS hidrogel PEO (kontrol) adalah ~ 40 g/g, namun penambahan 1,5% alginat menyebabkan kenaikan rasio *swelling* yang tinggi, yaitu menjadi 297 g/g. Penambahan alginat selanjutnya, sampai 2%, hanya menyebabkan kenaikan rasio *swelling* yang relatif kecil (menjadi 320 g/g). Rasio *swelling* hidrogel PEO-alginat yang bersifat polielektrolit peka terhadap kekuatan ionik dari medium. Hidrogel superabsorben PEO-alginat layakdigunakan di bidang kesehatan/farmasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan pada rekan-rekan di fasilitas Iradiator Karet (IRKA) bidang Fasilitas

Radiasi, PATIR-BATAN yang telah banyak membantu dalam iradiasi sampel hingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Davis LC, Novais SM, Martin ND. Detoxification of olive oil using superabsorbent. *Environ Technol.* 2004.(25):59-100.
- Flores G, Herraz M, Ruiz DC. Use of superabsorbent polymer for the preconcentration of volatile compound from complex mixtures. *J Sep Sci.* 2006. 29(17):267-77.
- Hosseinzadeh H, Pourjavavdi A, Zohuriaan M. 2-Hydrolyzed crosslinked kappa carrageenan-g-PAAM as a novel smart superabsorbent hydrogel with low salt sensitivity. *J Biomater Sci, Polym Ed.* 2004.15(12):1499-511.
- Paulino AT, Guilorme, Reis A, Compesse GM, Muniz EZ, Nozaki J. Removal of methylene blue from an aqueous media using superabsorbent hydrogel supported on modified polysaccharide. *J Colloid Interface Sci.* 2006.301(1):55-62.
- Sannino A, Esposito A, De Rosa A, Cozzolino A, Ambrosio L, Nicolas L. Biomedical application of a superabsorbent hydrogel for body water elimination in the treatment of edemas. *J Biomed Mater Res A.* 2003,67(3) :1016-1024.
- Khoylou F, Naimian F. Radiation synthesis of superabsorbent polyethylene oxide/tragacanth hydrogels. *Radiation Physic and Chemistry.* 2009.78:195-8.
- Michael MC, Zhang F, Jhon JK, James WG. Stability PEO in matrix tablets prepared by hot-melt extrusion. *Biomaterials.* 2007.23(21):4241-8.
- Tamai T, Matsukawa K, Inou H, Imura T, Nishikawa N. Preparation of hydrogel by crosslinking of polyethylene oxide derivatives. *Science and Industry.* 2000.34(9):458-67.
- Lopina ST, Wu G, Merrile W, Griffith CL. Hepatocyte culture on carbohydrate -modified star polyethylene oxide hydrogels. *Biomaterials.* 2005.17:559-69.
- Bianca C, Magazu S, Maisano. Synthesis of polyethylene oxide hydrogels by electron radiation. *J of Applied Polymer Science.* 2006.102:820-4.
- Sperling LH. Interpenetrating polymer networks and related materials. Plenum Press. 1981. Chpt. 1.
- Tombs M, Estephen EH. An introduction to polysaccharide biotechnology. London: Taylor & Francis; 1998. p. 123-34.
- Rosiak JM, Ulanski P, Pajewski LA, Yosihii F, Makuuchi K. Radiation formation of hydrogels for biomedical purposes, some remarks and comments. *Radiat Phys Chem.* 1995.46:161-8.
- Khoylou F, Naimian F. Radiation synthesis of superabsorbent polyethylene oxide/tragacanth hydrogel. *Radiation Physic and Chemistry.* 2009, (78):195-198.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 16-6363-2000: Pembalut wanita. Jakarta. 2000.

16. Soerens, Dave A, Malik S. PATENT 6967261 (USA).
17. Sanju F, Manmohan K, Lalit V. Radiation synthesis of superbasorbent poly(acrylic acid)-carrageenan hydrogels. *Radiation Physic and Chemistry*. 2004. (69):481-6.
18. Tomar RS, Indu G, Reena S, Nagpal AK. Synthesis of poly(acrylamide-co-acrylic acid)-based superbasorbent hydrogels by gamma radiation: study of swelling behaviour and network parameters. *Designed Monomers and Polymers*. 2007.10(1):49-66.