

SINTESIS HIDROGEL SUPERABSORBEN POLI (AKRILAMIDA-KO-KALIUM AKRILAT) DENGAN TEKNIK RADIASI DAN KARAKTERISASINYA

Erizal

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya Ps. Jumat PO BOX 7002, JKSKL 12070, Indonesia
E-mail : izza3035@yahoo.com

Diterima 08 Maret 2010; disetujui 02 Juli 2010

ABSTRAK

SINTESIS HIDROGEL SUPERABSORBEN POLI (AKRILAMIDA-KO-KALIUM AKRILAT) DENGAN TEKNIK RADIASI DAN KARAKTERISASINYA. Satu seri hidrogel superabsorben telah disintesis menggunakan teknik radiasi gamma pada suhu ruangan dari akrilamida (AAM) dan kalium akrilat (KA). Larutan yang mengandung 15% kalium akrilat dengan beragam konsentrasi AAM (10-16%) diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 20-40 kGy. Hidrogel hasil iradiasi dikarakterisasi dengan *fourier transform infra red spectroscopy* (FT-IR). Pengaruh dosis iradiasi dan konsentrasi AAM terhadap fraksi gel, kinetika *swelling* dan *equilibrium degree of swelling* (EDS) dievaluasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pada dosis 20 kGy dan konsentrasi AAM 10 % diperoleh fraksi gel optimum 99,08 % dan *swelling* maksimum 420 g/g. Pengujian kemampuan adsorpsi hidrogel terhadap ion logam Cu^{2+} dan ion logam Fe^{3+} juga dilakukan. Hidrogel poli (AAM-ko-KA) dapat mengadsorpsi 95 % ion logam Cu^{2+} dalam waktu 10 menit dan hingga 55 % ion Fe^{3+} dalam waktu 80 menit. Hidrogel tersebut sangat potensial untuk dipakai sebagai *soil conditioner* dan absorben ion logam.

Kata kunci : Asam akrilat, iradiasi gamma, akrilamida, superabsorben

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SUPERABSORBENT POLY (ACRYLAMIDE-CO-POTASSIUM ACRYLATE) HYDROGELS BY RADIATION TECHNIQUE. A series of superabsorbent hydrogels were prepared from acrylamide (AAM) and potassium acrylate (KA) by gamma irradiation technique at room temperature. The solution containing potassium acrylate 15% and different concentrations of AAM (10-16%) were irradiated by gamma rays (20-40 kGy). The hydrogels produced by irradiation were characterized by *fourier transform infra red spectroscopy* (FT-IR). The gel fraction, kinetics of swelling and the equilibrium degree of swelling (EDS) were studied. Under irradiation dose of 20 kGy and concentration of AAM 10 %, poly(AAM-co-KA) hydrogel with high gel fraction (99.08%) and very high EDS (420 g/g) were obtained. The capacity of hydrogel to adsorb metal ion Cu^{2+} and Fe^{3+} were investigated. It is shown than 10 minutes the hydrogel could adsorb Cu^{2+} ion up to 95 %, and Fe^{3+} ion up to 55 % in 80 minutes. This hydrogel has a potential to be used for soil conditioning and ion metal absorbent.

Keywords: Acrylic acid, gamma radiation, acrylamide, superabsorbent

PENDAHULUAN

Hidrogel superabsorben (HSA) adalah suatu istilah yang mencakup jenis polimer yang mempunyai kemampuan mengabsorpsi air ratusan kali berat keringnya. Setiap jenis

polimer ini mempunyai cara yang berbeda dalam mencapai karakteristik superabsorben. Namun demikian, HSA sangat efektif dalam mengabsorpsi air. HSA pada hakikatnya adalah polimer berikatan silang yang mempunyai kemampuan

mengabsorpsi air beberapa ratus kali berat keringnya, dan tidak larut dalam air karena adanya struktur ikatan silang tiga dimensi pada jaringan polimernya. Bentuknya mirip air karena polimer tersebut hampir seluruh bagiannya mengandung air. Karena sifat yang unik tersebut, hidrogel ini mempunyai potensi aplikasi yang luas sebagai bahan penyerap pada popok bayi/wanita dengan kebutuhan yang cukup besar per tahunnya di seluruh dunia [1], hingga dapat digunakan pula untuk wadah penyimpanan air di daerah pertanian yang kering [2], salju buatan [3], sumber air cadangan pada tanaman holtikultura [4], penyerap zat warna [5], pemekatan senyawa menguap [6], eliminasi air tubuh [7], absorpsi bakteri dan jamur pada pembalut luka [8], dan imobilisasi urea untuk pupuk buatan [9].

Salah satu bahan baku yang dapat dipakai untuk pembuatan HSA adalah akrilamida (AAM). Akrilamida merupakan bahan baku paling populer untuk pembuatan polimer poliakrilamida (PAAM), sebagai media penunjang dalam elektroforesis dan matriks penyimpan air (*soil conditioner*) pada daerah kering [10,11]. Sesuai dengan kemajuan di bidang penelitian dan teknologi, maka pada beberapa tahun belakangan ini penelitian yang berkaitan dengan polimer PAAM sedang dikembangkan secara intensif. Aplikasi yang paling menjanjikan ke depan adalah sebagai bahan penyerap (*absorbent*) dalam *personel care* misalnya, popok bayi, pembalut wanita dan pembalut luka serta sebagai bahan biomaterial lainnya [12-15]. Namun demikian, hidrogel PAAM mempunyai kelemahan, antara lain kemampuannya dalam menyerap air (absorpsi) terbatas, yaitu ± 40 kali berat keringnya dan merupakan homopolimer dengan sifat fisik yang relatif rendah, sehingga pengembangan untuk aplikasinya sebagai HSA juga terbatas.

Selain AAM, asam akrilat (AA) dapat dipakai untuk sebagai bahan dasar pembuatan HSA karena merupakan monomer hidrofilik yang dalam bentuk

ioniknya ($-C-OO^-$) mempunyai afinitas yang besar terhadap air. Namun demikian, sintesis AA menjadi poli (asam akrilat)(PAA) sukar dilakukan, baik dengan reaksi kimia maupun radiasi. Hal ini disebabkan karena gugus karboksilat ($-COOH$) dari AA akan mengalami reaksi oksidasi menjadi gas karbon dioksida (CO_2) [16]. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi dari asam akrilat, maka pada pembuatan HSA dari PAA berbasis AA digunakan AA dalam bentuk garam natrium akrilat atau kaliumakrilat [4,17]. Namun demikian, superabsorben PAA hasil sintesis ini merupakan homopolimer yang mempunyai kelemahan, yaitu sukar mempertahankan kandungan air dalam kondisi ditekan, karena hanya sebagian struktur jaringan polimernya yang membentuk ikatan silang. Untuk mengatasi masalah tersebut pada umumnya dapat dilakukan dengan kopolimerisasi PAA menggunakan polimer lain, karena bentuk kopolimer mempunyai sifat fisik yang relatif lebih baik dibandingkan bentuk homopolimer [18]. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan kopolimerisasi AA yang dinetralsir dengan KOH membentuk kaliumakrilat (KA) dengan AAM menggunakan metode radiasi. Penggabungan dua jenis monomer KA dan AAM dengan gugus fungsi masing-masing $-C-O-O-H$ dan $-O-NH_2$ yang mempunyai afinitas tinggi terhadap air dan bersifat sebagai ligan terhadap ion logam, maka hidrogel hasil sintesis campuran ke dua monomer tersebut diharapkan dapat bersifat sebagai superabsorben dengan kemampuan daya serap air yang tinggi dan dapat mengadsorpsi ion-ion logam dalam larutan air.

Tujuan penelitian ini adalah mensintesis HSA poli(AAM-ko-KA) dengan konsentrasi AA 15 % (dinetralkan dengan KOH) dan AAM yang bervariasi (10-16 %) diiradiasi dengan sinar gamma pada rentang dosis 20-40 kGy. Sifat fisiko-kimia hidrogel yang dipelajari meliputi fraksi gel, kinetika *swelling*, EDS, dan kemampuan adsorpsi

hidrogel terhadap ion logam Cu^{2+} dan Fe^{3+} sebagai model ion logam.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Akrilamida, asam akrilat, Tembaga (II) sulfat hidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), Besi(III) klorida hidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) buatan Merck serta bahan kimia lainnya kualitas p.a. Akrilamida dan asam akrilat digunakan dalam penelitian ini tidak diproses lebih lanjut.

Alat

Timbangan analitik (*Mettler Toledo* tipe AB 204 dan *Preciso 3000D*), oven (*Hereaus Instrumen Vacuerm*), *Homogenizer* dan *stirrer*, *Stopwatch*, kasa *stainless steel* ukuran 300 mesh, wadah cetakan hidrogel, spektrofotometer, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR, *Shimadzu Prestige-21*), *sealer machine*, iradiator Co-60 (Iradiator karet, IRKA), gelas ukur, erlenmeyer, gelas piala, dan cawan petri.

Pembuatan HSA poli(AAM-ko-KA)

Disiapkan satu seri larutan akrilamida 10; 12; 14 dan 16 % (b/v) dalam 100 ml air suling dan masing-masing larutan tersebut dicampurkan dengan monomer AA 15 % (v/v) yang telah dinetralkan dengan KOH dalam bentuk larutan garam kalium akrilat (KA), diaduk hingga larutan homogen menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, 30 ml masing-masing campuran AAm-KA dikemas dalam kantong plastik berukuran $10 \times 15 \text{ cm}^2$ dengan ketebalan 0,5 cm dan ditutup kedap udara dengan mesin *sealer*. Campuran dalam kemasan kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 20, 30 dan 40 kGy (laju dosis 10 kGy/jam).

Uji gugus fungsi HSA dengan spektrofotometer FTIR

Hidrogel hasil iradiasi dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama ± 1

jam, kemudian digerus halus. Serbuk hidrogel digerus dengan serbuk halus kalium bromida kering dengan perbandingan (1 : 200), kemudian diuji spektrum infra merahnya pada bilangan gelombang 4000 cm^{-1} - 500 cm^{-1} menggunakan spektrofotometer *Shimadzu Prestige-21*.

Penentuan Fraksi Gel

Tiga buah cuplikan hidrogel hasil iradiasi dikeringkan pada suhu 60°C hingga berat konstan, lalu ditimbang (W_0). Hidrogel selanjutnya dibungkus dengan kawat kasa ukuran 300 mesh yang telah ditara, kemudian direndam dalam air suling sampai terendam sempurna, dan dikocok dalam *shaker incubator* pada kecepatan 100 rpm selama 24 jam pada suhu ruangan untuk mengekstrak senyawa-senyawa yang tidak bereaksi dalam hidrogel. Hidrogel selanjutnya dikeluarkan dari *shaker incubator* dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga berat konstan, kemudian ditimbang kembali (w_1), Fraksi gel dihitung dengan persamaan berikut :

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

W_1 = berat hidrogel kering setelah proses ekstraksi (g)

W_0 = berat hidrogel kering awal (g)

Penentuan rasio swelling dan equilibrium degree of swelling (EDS) HSA dalam air

Tiga buah cuplikan hidrogel dengan ukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$ hasil iradiasi dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga berat konstan (W_0), kemudian direndam dalam 50 ml air suling selama 30 menit. Hidrogel dikeluarkan dari media perendaman, air yang menempel pada permukaan hidrogel dibersihkan dengan kertas saring dan selanjutnya ditimbang kembali (W_s). Proses perendaman diulang lagi untuk pengukuran rasio *swelling* interval waktu 30 menit. Perlakuan yang sama dikerjakan untuk pengukuran *rasio swelling* hidrogel dalam waktu interval 30 menit lainnya pada selang

waktu 6 jam. Rasio *swelling* hidrogel hasil pengujian pada masing-masing waktu perendaman dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

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

W_s = berat hidrogel dalam keadaan *swelling* (g)

W_0 = berat hidrogel dalam keadaan kering (g)

Selain itu, dilakukan pula pengukuran *equilibrium degree of swelling* (EDS) yaitu rasio *swelling* dari hidrogel pada keadaan *swelling* maksimum setelah hidrogel direndam selama 48 jam terhadap berat kering. Rasio *swelling* dihitung menggunakan persamaan 2, dengan W_s = berat hidrogel pada keadaan *swelling* maksimum dan W_0 = berat hidrogel kering.

Penentuan kemampuan adsorpsi Hidrogel terhadap ion Cu^{2+} dan ion Fe^{3+}

Disiapkan larutan Cu^{2+} 0,1 % (~1.000 ppm) dan 0,02 % (20 ppm) larutan Fe^{3+} dalam air suling serta sejumlah \pm 0,02 gr hidrogel kering. Hidrogel kering direndam dalam air hingga *swelling* maksimum menggunakan beker ukuran 100 ml. Selanjutnya, hidrogel hasil *swelling* dimasukkan ke dalam 50 ml larutan ion Cu^{2+} , dikocok dalam *shaker incubator* dengan kecepatan 50 rpm. Setiap interval 10 menit, diambil 5 ml larutan dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 810 nm. Percobaan yang sama dilakukan pula pada pengujian adsorpsi ion logam Fe^{3+} , dan absorbansinya diukur pada panjang gelombang 356 nm. Konsentrasi ion Cu^{2+} dan ion Fe^{3+} yang diadsorpsi oleh hidrogel dihitung dari selisih persentase ion awal dengan persentase ion yang tersisa dalam larutan. Persen ion yang tersisa dalam larutan dan ion terserap dihitung dengan persamaan berikut;

$$X (\%) = A_t/A_0 \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Ion yang terserap dalam hidrogel} = (100 - X) \% \quad (4)$$

Keterangan:

X = ion yang tersisa dalam larutan

A = nilai absorbansi dari larutan ion logam setelah adsorpsi

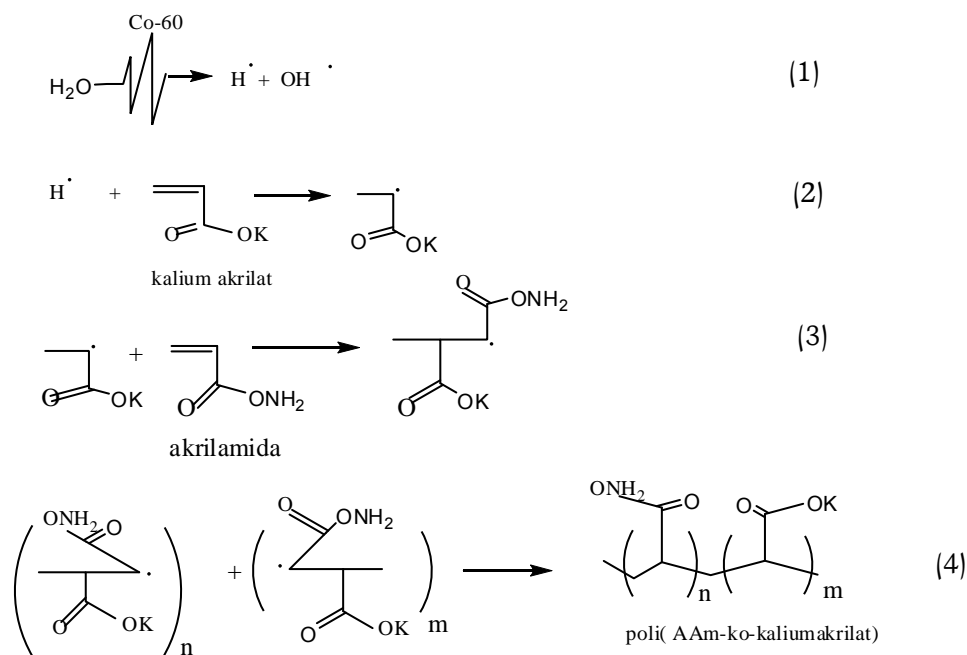
A = nilai absorbansi larutan ion logam awal (sebelum adsorpsi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis HSA poli(AAm-ko-KA)

Sintesis HSA poli(AAmko-KA) dilakukan dengan teknik radiasi polimerisasi menggunakan iradiasi gamma. Reaksi pembentukan kopolimer AAm-KA diperkirakan mengikuti reaksi polimerisasi adisi [12] dengan tahapan reaksi yang disajikan pada Gambar 1.

Mekanisme reaksi sintesis poli(AAm-ko-KA) disajikan pada Gambar 1 yang merupakan reaksi radikal yang diinduksi oleh sinar gamma. Mula-mula air (reaksi 1) mengalami reaksi hidrolisis membentuk radikal $\text{H}\cdot$ dan $\text{OH}\cdot$ (reaksi inisiasi). Radikal $\text{H}\cdot$ bereaksi dengan kalium akrilat (reaksi 2) membentuk radikal kalium akrilat dengan reaksi adisi radikal $\text{H}\cdot$ pada ikatan rangkap dari kalium akrilat. Selanjutnya, radikal kalium akrilat bereaksi dengan akrilamida dengan cara reaksi adisi pada ikatan rangkapnya membentuk dimer radikal (reaksi 3). Reaksi 3 berlangsung secara sinambung (reaksi propagasi). Reaksi akan berakhir (reaksi terminasi) dengan bereaksinya dua radikal membentuk senyawa poli (AAm-ko-KA) yang stabil (reaksi 4). Reaksi adisi seperti ini dapat juga terjadi oleh sebab adisi radikal $\text{OH}\cdot$ pada ikatan rangkap kalium akrilat dengan tahapan reaksi sama dengan reaksi adisi radikal $\text{H}\cdot$. Terjadinya pemutusan ikatan rangkap dalam sintesis ini berasal dari kalium akrilat dan akrilamida, dianalisis menggunakan spektrofotometer FT-IR terhadap poli(AAm-ko-KA) dan hasilnya disajikan pada Gambar 2. Dalam spektrum FT-IR, tidak terlihat adanya gugus ikatan rangkap yang seharusnya timbul pada pita puncak 1620-1680 cm^{-1} , dan yang



Gambar 1. Reaksi sintesis HSA poli(AAM-ko-KA)

terobservasi hanyalah gugus-gugus fungsi pita puncak 3404 cm^{-1} yang mencirikan vibrasi ulur gugus N-H dari akrilamida. Gugus $-\text{CH}_2$ pada rantai hidrogel timbul pada pita puncak 1460 cm^{-1} . Pita puncak spektrum pada bilangan gelombang 2934.6 cm^{-1} ciri khas vibrasi ulur $-\text{C}-\text{H}$ dan pita puncak 1721 cm^{-1} ciri khas dari akrilat. Pita puncak pada 1667 cm^{-1} berasal dari akrilamida, dan pada 1175 cm^{-1} berasal dari gugus $-\text{C}-\text{O}-\text{O}$ vibrasi tekuk akrilat.

Pengaruh dosis iradiasi dan konsentrasi akrilamida terhadap fraksi gel

Pengaruh dosis iradiasi dan konsentrasi akrilamida terhadap fraksi gel poli (AAM-ko-KA) disajikan pada Tabel 1.

Terlihat bahwa iradiasi pada dosis 20 kGy dengan konsentrasi akrilamida 10 % menghasilkan fraksi gel yang relatif tinggi mencapai nilai 99,08 %, dan meningkatnya dosis iradiasi hingga 40 kGy dan konsentrasi akrilamida hingga 16 % menyebabkan kenaikan fraksi gel mencapai 99,90 % yang tidak bermakna. Tidak tercapainya fraksi gel hingga 100 % mungkin disebabkan terbentuknya homopolimer atau peroksida yang larut dalam air.

Pengaruh konsentrasi akrilamida terhadap rasio *swelling* HSA

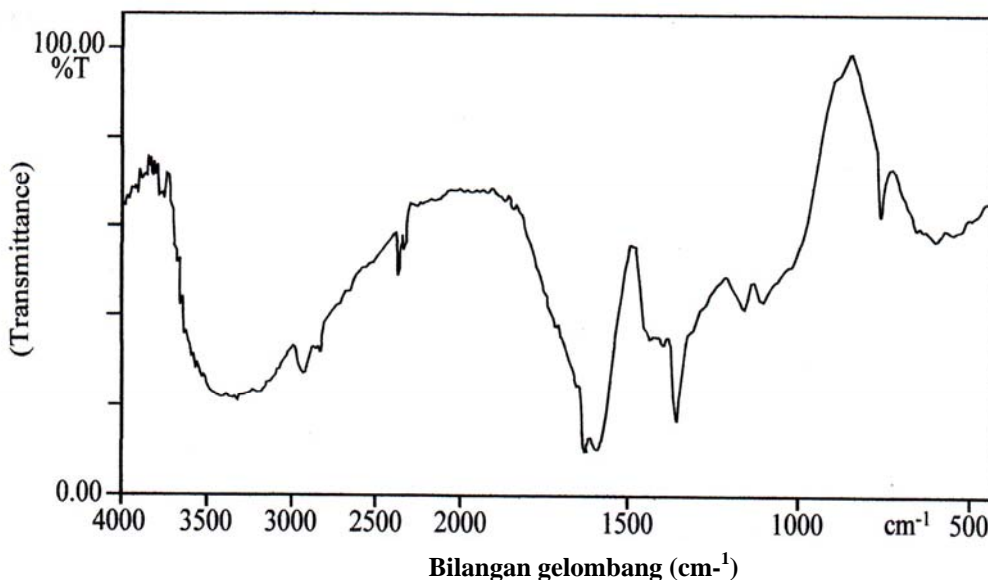
Pengaruh konsentrasi akrilamida terhadap rasio *swelling* HSA hasil iradiasi pada dosis 20 kGy sebagai fungsi waktu

Tabel 1. Fraksi gel (%) hidrogel poli (AAM-ko-KA)

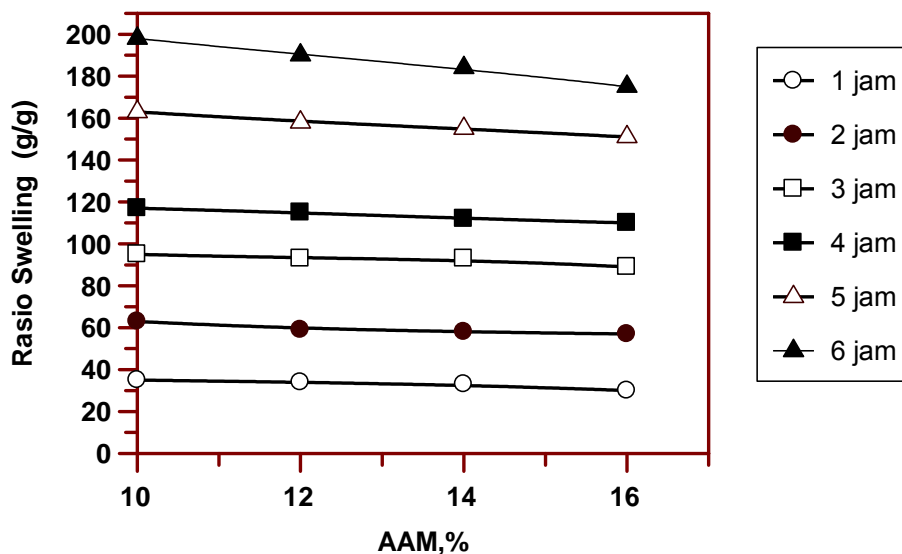
AAM, %	Dosis iradiasi (kGy)		
	20	30	40
10	99,08 ± 0,05	99,23 ± 0,07	99,42 ± 0,04
12	99,29 ± 0,02	99,57 ± 0,05	99,64 ± 0,02
14	99,43 ± 0,06	99,73 ± 0,01	99,89 ± 0,03
16	99,67 ± 0,03	99,82 ± 0,04	99,90 ± 0,03

disajikan pada Gambar 3. Terlihat bahwa dengan meningkatnya waktu perendaman hingga 6 jam, rasio *swelling* HSA maksimal yang dapat dicapai adalah 200 x berat keringnya. Namun demikian, rasio *swelling*

HSA ini mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi AAm hingga 16 % yang terlihat secara bermakna pada perendaman 5-6 jam. Hal yang sama juga dipelajari oleh Thomar dkk [4] bahwa



Gambar 2. Spektrum FT-IR hidrogel poli (AAm-ko-AA) hasil iradiasi dosis 20 kGy dengan konsentrasi AAm = 10 % dan KA = 15 %



Gambar 3. Hubungan konsentrasi AAm (%) vs. rasio *swelling* HSA hasil iradiasi 20 kGy sebagai fungsi waktu perendaman.

dengan meningkatnya konsentrasi AAm pada dosis iradiasi tertentu menyebabkan rasio *swelling* menurun. Hal ini disebabkan karena meningkatnya konsentrasi AAm mengakibatkan jumlah gugus hidrofilik meningkat, tetapi kerapatan jarak baik intra molekul maupun intermolekul dalam matriks HSA juga meningkat. Akibatnya air sukar melakukan penetrasi ke dalam kerangka jaringan matriks HSA, sehingga menyebabkan rasio *swelling* mengalami penurunan [4]. Meningkatnya lama waktu perendaman menyebabkan HSA dengan kandungan AAm 10 % relatif mudah membuka porinya dibandingkan HSA dengan kandungan AAm >10 %, sehingga difusi air ke dalam matriksnya relatif lebih cepat.

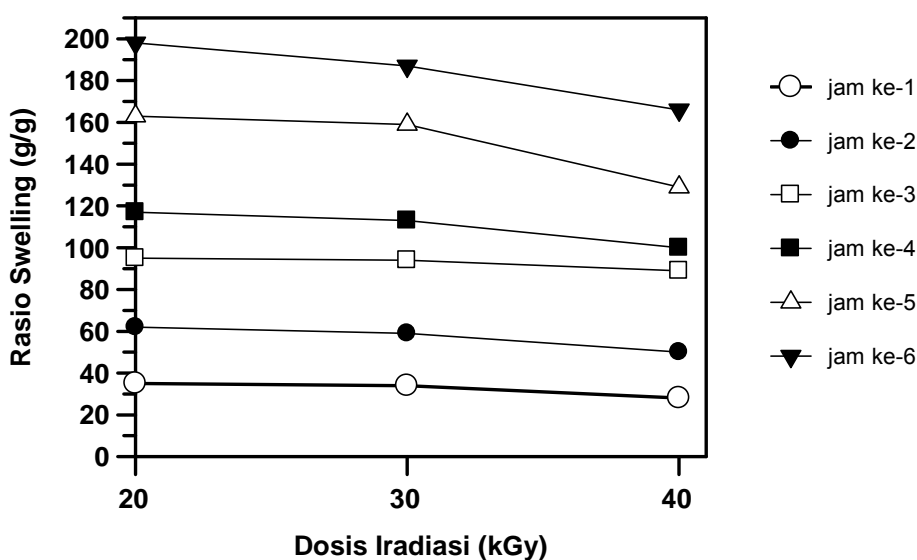
Pengaruh dosis iradiasi terhadap rasio *swelling* HSA

Pengaruh dosis iradiasi terhadap rasio *swelling* HSA dari campuran AA-KA dengan konsentrasi AAm 10 % sebagai fungsi waktu perendaman. disajikan pada Gambar 4. Terlihat bahwa rasio *swelling* HSA mengalami penurunan dengan meningkatnya dosis iradiasi hingga 40 kGy.

Hal ini disebabkan terjadinya kenaikan kerapatan ikatan silang akibat pengaruh naiknya dosis iradiasi dalam struktur jaringan hidrogel, sehingga difusi air ke dalam matriks hidrogel relatif rendah.

Pengaruh dosis iradiasi terhadap EDS HSA

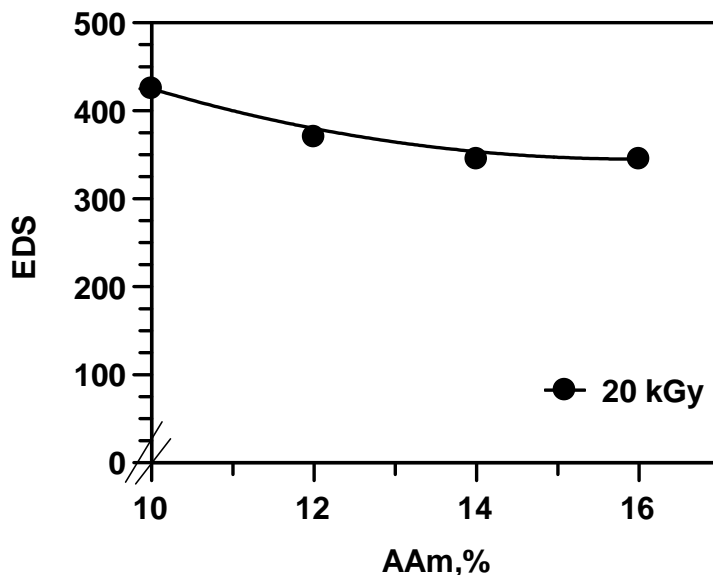
EDS (*equilibrium Degree of Sweling*) suatu HSA merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan rasio *swelling* pada kondisi *swelling* maksimum dalam jangka waktu tertentu. Kondisi *swelling* maksimum terjadi sebagai akibat terjadinya tarik-menarik gugus-gugus hidrofilik berikatan hidrogen dengan air untuk *swelling* dan kecenderungan tarik-menarik antar gugus hidrofilik dalam jaringan HSA pada keadaan kesetimbangan. Pada umumnya, setiap HSA mempunyai nilai EDS tertentu tergantung pada komponen pembentuknya. Oleh karena itu, jangkauan aplikasi HSA ini relatif luas. Pada Gambar 5 disajikan pengaruh konsentrasi AAm terhadap EDS HSA poli (AAm-ko-kalium akrilat) hasil iradiasi 20 kGy yang diukur selama 48 jam perendaman dalam air suling pada suhu kamar. Terlihat bahwa nilai EDS pada



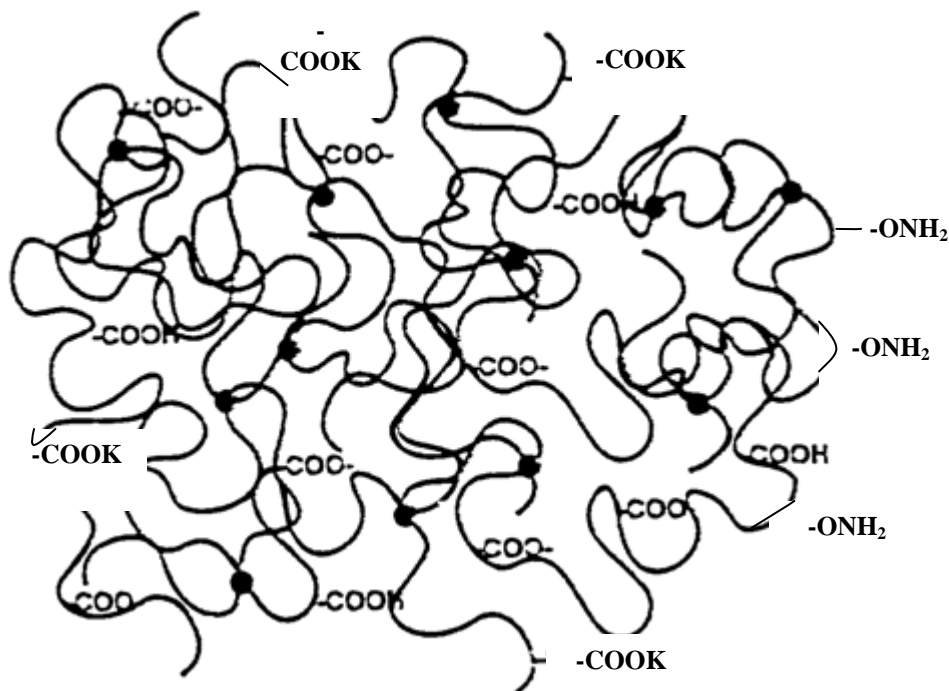
Gambar 4. Hubungan dosis iradiasi dan rasio *swelling* HSA. Konsentrasi AAm = 10 %, Kalium akrilat = 15 %.

konsentrasi AAm 10 % mencapai nilai 420 kali berat keringnya, dan penambahan AAm pada rentang 12-16 % menyebabkan penurunan EDS HSA hingga menjadi 350

kali berat keringnya. Ditinjau dari struktur molekulnya, AAm mempunyai gugus -ONH₂ yang dapat berikatan hidrogen dengan air, dan meningkatnya konsentrasi



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi AAm terhadap EDS HSA diukur pada waktu perendaman 48 jam.



Gambar 6. Kerangka jaringan hidrogel

AAM dalam HSA tersebut diharapkan dapat meningkatkan *swelling* HSA. Tidak terjadinya kenaikan EDS dengan kenaikan konsentrasi AAM dalam HSA karena dengan kenaikan konsentrasi AAM menyebabkan gaya tarik -menarik antar gugus fungsi baik gugus -OH dari akrilat maupun -ONH₂ dari AAM relatif kuat dalam struktur jaringannya (Gambar 6), dibandingkan ikatan hidrogen yang terjadi dengan molekul air, sehingga daya *swelling* HSA berkurang.

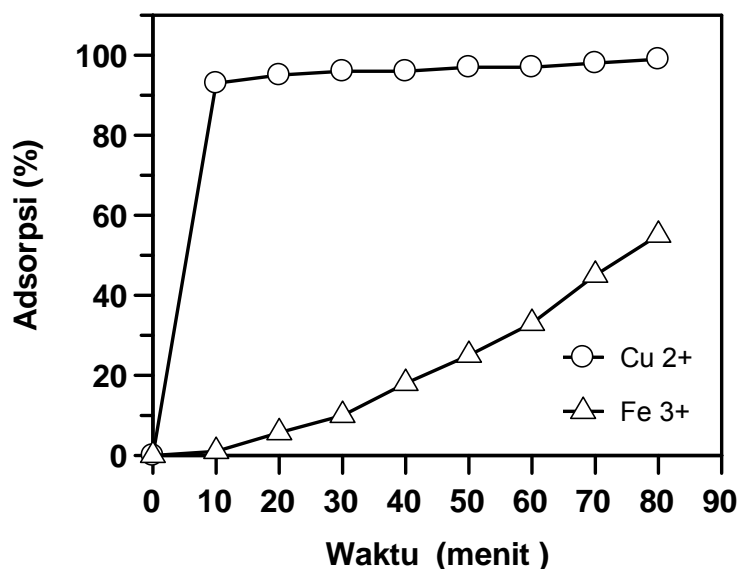
Kemampuan hidrogel *swelling* pada kisaran 300-400 g/g yang relatif besar ini dapat digunakan sebagai wadah penyimpanan air untuk keperluan sumber air bagi tanah kering dan tanaman holtikultura [4,11].

Uji kemampuan HSA dalam mengadsorpsi ion Cu²⁺ dan ion Fe³⁺

Uji kemampuan adsorpsi ion logam Cu²⁺ dan ion Fe³⁺ oleh HSA poli(AAm-ko-KA) disajikan pada Gambar 7. Telihat bahwa

pengadukan lebih lanjut, tidak lagi menyebabkan kenaikan persentase ion logam Cu²⁺ yang dapat diadsorpsi.

Dengan demikian, waktu 10 menit merupakan waktu optimum adsorpsi logam Cu²⁺ oleh HSA. Dalam waktu yang sama (10 menit), adsorpsi ion logam Fe³⁺ oleh HSA relatif lebih kecil, dan hanya mencapai ± 2% dari 20 ppm ion logam yang terdapat dalam larutan, dan dengan meningkatnya waktu perendaman hingga 60 menit nilai adsorpsi mencapai ± 55 %. Pada Gambar 8a, b dan c disajikan kondisi hidrogel sebelum mengadsorpsi ion logam, adsorpsi ion logam dalam hidrogel, dan bentuk padatan hidrogel hasil akhir dari proses adsorpsi ion tidak mengandung air memperlihatkan bahwa ion logam dalam jaringan hidrogel mempunyai kemampuan untuk menggeser posisi air yang terikat pada hidrogel. Proses adsorpsi ion logam dalam hidrogel pada hakikatnya terjadi pada jaringan matriksnya yang mengandung situs-



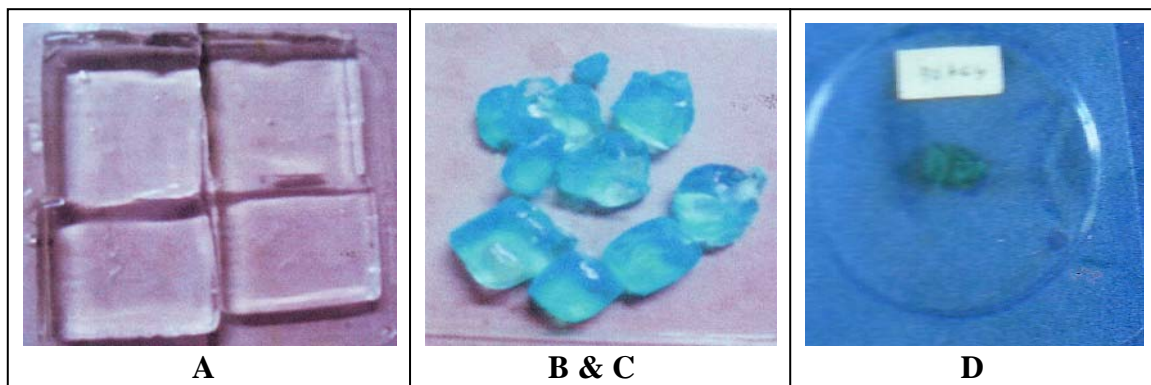
Gambar 7. Pengaruh waktu terhadap adsorpsi ion logam Cu²⁺ dan ion Fe³⁺

HSA dengan waktu pengadukan 10 menit telah dapat mengadsorpsi 95 % dari 1000 ppm ion Cu²⁺, dan meningkatnya waktu

situs aktif berupa gugus karboksilat (-COOH) dan amida (-ONH₂) yang dapat bereaksi dengan ion Cu²⁺ dan ion Fe³⁺

sepanjang rantai molekulnya. Oleh karena itu, interaksi ion logam dengan HSA dapat dipandang sebagai proses adsorpsi kimia. Dengan adanya situs aktif gugus karboksilat (-COOH) dan amida (-ONH₂) dapat dijadikan model interaksi antara ion Cu²⁺ dan ion Fe³⁺ dengan hidrogel poli (AAM-ko-kalium akrilat) sebagai interaksi kimia, yaitu

Fraksi gel dapat mencapai 99,08 % pada dosis 20 kGy, sehingga hidrogel tersebut aman untuk dipakai. Meningkatnya baik dosis iradiasi maupun konsentrasi AAm menyebabkan menurunnya rasio *swelling* hidrogel. *Swelling* maksimum yang dapat dicapai oleh hidrogel adalah 420 g/g. Hidrogel tersebut dapat digunakan untuk



Gambar 8. Kondisi HSA dalam mengadsorpsi ion logam Cu²⁺

- A) Hidrogel dalam keadaan swelling
- B) Hidrogel mengandung ion logam selama proses adsorpsi
- C) Padatan hidrogel yang mengandung ion logam Cu²⁺
- D) logam Cu²⁺. Produk hasil akhir dari adsorpsi berupa padatan yang

Interaksi antara situs aktif dengan ion logam berupa ikatan kovalen koordinasi, atau membentuk ion logam dalam bentuk hidratnya melalui ikatan hidrogen dalam pori hidrogel (Gambar 8). Rendahnya adsorpsi ion logam Fe³⁺ dibandingkan ion Cu²⁺ oleh HSA poli (AAM-ko-kalium akrilat), mungkin disebabkan sifat afinitas ion logam Fe³⁺ relatif lebih rendah dibandingkan ion logam Cu²⁺ pada pembentukan ion kompleks atau sebab lain yang perlu diteliti lebih lanjut.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa hidrogel superabsorben poli(AAm-ko-KA) dapat disintesis menggunakan teknik radiasi sinar gamma.

mengeliminasi kontaminasi ion logam Cu²⁺ dan Fe³⁺ dalam air secara aman karena limbah ion logam tersebut dapat diadsorpsi oleh hidrogel, dan dapat dipisahkan dengan mudah dari sistem. Selain itu, hidrogel tersebut mempunyai potensi digunakan sebagai wadah penyimpanan air dan media pertumbuhan tanaman holtikultura.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan di fasilitas Iradiator Karet (IRKA) bidang Fasilitas Radiasi, PATIR-BATAN yang telah banyak membantu dalam iradiasi sampel, serta Dr. Haryono dari Kimia LIPI, Serpong yang telah membantu analisis FT-IR.

DAFTAR PUSTAKA

1. BUCHNOLZ, F.L., Modern Superabsorbent Polymer Technology, Wiley- VCH, New York, 151 (1998).
2. BUCHNOLZ, F.L., and PEPPAS, N.A., Superabsorbent Polymer Science and Technology, A.C.S. Symposium Series 573, 121-124 (1994).
3. KAMBAYASHI, T., MEKATA, H., UMERU, H., and MATSUNAGA, H., Artificial snowseed and method for making artificial snow, *J. of Flourine Chemistry*, **87**, 123-132 (1998).
4. RAJIV, S.T., INDU, G., REENA, S., AND NAGPAL, A.K., Synthesis of poly(acrylamide-co-acrylicacid)-based superabsorbent hydrogels by gamma radiation : study of swelling behaviour and network parameters, *Designed Monomers and Polymers*, **10**, 49-66 (2007).
5. PAULINO, A.T., GUILORME, REIS A., COMPESE, G.M., MUNIZ E.Z., NOZAKI J., Removal of methylene blue from an aqueous media using superabsorbent hydrogel supported on modified polysaccharide, *J. Colloid interface Sci.*, **301**, 55-62 (2006).
6. FLORES, G., HERRAZ, M., RUIZ, D.C., Use of superabsorbent polymer for the preconcentration of volatile compound from complex mixtures, *J. Sep. Sci.*, **29** (17), 267-277 (2006).
7. SANNINO, A., ESPOSITO, A., DE ROSA, A., COZZOLINO, A., AMBROSIO, L., and NICOLAS, L., Biomedical application of a superabsorbent hydrogel for body water elimination in the treatment of edemas, *J. Biomed. Mater. Res. A.*, **67**, 1016-1024 (2003).
8. BRUGGISSER, R., Bacterial and Fungal Absorption properties of hydrogel dressing with a superabsorbent polymer core, *J. Wound. Care*, **14** (9), 436-442 (2005).
9. LIANG, R., YUAN, H., XI, G., ZHOU, Q., Synthesis of Wheat Straw -g-poly(acrylic acid) Superabsorbent Composites and release of urea from it, *Carbohydrate Polymers*, **12**, 1-7 (2009).
10. RAYMOND, S., and WEINTRAUB, A., *Science*, **130**, 711-713 (1959).
11. [Http://en.Wikipedia.org/wiki/Soil_Conditioner](http://en.Wikipedia.org/wiki/Soil_Conditioner), diunduh tanggal 18 Februari (2010).
12. KARADAG, E., SARAYDIN, D., Swelling of superabsorbent acrylamide/sodium acrylate hydrogels prepared using multifunctional crosslinkers, *Turkey Journal of Chemistry*, **26**, 863-975 (2002).
13. ALI, P., SOLEYMAN, R., BARDAJEE, G.R., and GHAVAMI, S., Novel superabsorbent hydrogel based on natural hybrid backbone: optimized synthesis and its swelling behaviour, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **30**, 2680-2686 (2009).
14. ZHAO, Y., QIAO, Q., YUE, Y., KOU, X., LIU, Z., Clinical and histologic evaluation of a new injectable implant: hydrophylic polyacrylamide gel, *Ann. Plast Surg.*, **53**, 267-272 (2004).
15. BELLO, G., JAKCSON, I.T., KESKIN, M., The Use of Polyacrylamide Gel in Soft-Tissue Augmentation an Experimental Assesment, *Plast. Reconstr. Surg.*, **119**, 1326-1336 (2007).

-
16. SWALLOW, A.J., "Radiation Chemistry of Organic Compound" Pergamon Press, London, 111-113 (1960).
17. RICHARD, A., GEMEINHART, T., CHEN, J., PARK, H.S., PARK, K., pH-Sensitivity of fast superporous hydrogels, *J. Biomaterials Sci. Polymer*, **11**, 1371-1380 (2000).
18. ROSIAK, J.M., ULANSK, I.P., PAJEWSKI, L.A., YOSHII, P., and MAKUUCHI, K., Radiation formation of hydrogel for biomedical purpose. some remarks and comments, *Radiat. Phys. Chem.*, **46**, 161 (1995).
-