

SINTESIS HIDROGEL SUPERABSORBENT POLI(AKRILAMIDA-KO-ASAM AKRILAT) DENGAN TEKNIK IRADIASI DAN KARAKTERISASINYA

Erizal dan Anik Sunarni

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN

Jl. Cinere Ps. Jumat PO BOX 7002, JKSKL 12070

e-mail : izza3053@yahoo.com

ABSTRAK

SINTESIS HIDROGEL SUPERABSORBENT POLI (AKRILAMIDA-KO-ASAM AKRILAT) DENGAN TEKNIK IRADIASI DAN KARAKTERISASINYA. Satu seri hidrogel *superabsorbent* telah berhasil disintesis menggunakan teknik iradiasi sinar gamma pada suhu kamar dari akrilamida (AAM) dan asam akrilat (AA) yang tidak dinetralkan parsial dengan NaOH. Kopolimerisasi dari hidrogel dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Spectroscopy*. Pengaruh dosis iradiasi dan konsentrasi asam akrilat terhadap fraksi gel, kinetika *swelling* dan nilai rasio *swelling* maksimum (EDS) dipelajari. Larutan AAM-AA dengan konsentrasi AA yang bervariasi 0,25% hingga 1% dipapari iradiasi sinar gamma pada dosis 20 kGy hingga 40 kGy. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa fraksi gel ~ 100 % serta EDS ~350 g/g diperoleh dari radiolisis larutan AAM-AA akibat sinar gamma pada kondisi optimal sintesis hidrogel (dosis 20 kGy dan konsentrasi AA 0,75 %). Sifat *swelling* dalam NaCl, dan perubahan suhu diinvestigasi. Hidrogel poli (AAM-ko-AA) peka terhadap perubahan kekuatan ionik media dan suhu. hidrogel poli(AAM-ko-AA) selayaknya sebagai kandidat bahan biomaterial, matriks pelepasan obat dan penyimpanan air di bidang hortikultura.

Kata kunci : Asam akrilat, Iradiasi, Akrilamida, *Superabsorbent*

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SUPERABSORBENT POLY(ACRYLAMIDE-CO-ACRYLIC ACID) HYDROGELS BY IRRADIATION TECHNIQUE. A series of superabsorbent hydrogels were successfully prepared from acrylamide (AAM) and acrylic acid (AA) without partial neutralized with NaOH by gamma irradiation technique at room temperature. The copolymers were characterized by Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Spectroscopy. The gel fraction, swelling kinetics and the equilibrium degree of swelling (EDS) were studied. Under optimum conditions (dose 20 kGy and concentration of AA 0.75 %), poly(AAM-co-AA) hydrogel with high gel fraction (~100%) and very high EDS (~350 g/g) were prepared by gamma ray radiolysis from aqueous solution. The effect of ionic strength of NaCl and temperature were also investigated. The hydrogels were found to be sensitive to ionic strength of the medium and temperature. It is suggested that poly(AAM-co-AA) hydrogel can be considered to be candidate as biomaterials, matrix for drug delivery system and water retention in horticulture.

Key words : *Acrylic acid, Irradiation, Acrylamide, Superabsorbent*

PENDAHULUAN

Hidrogel *superabsorbent* (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 *superabsorbent* dan laju absorpsi. Namun demikian, HSA sangat efektif mengabsorpsi air. HSA pada hakikatnya adalah polimer berikatan silang yang mempunyai kemampuan mengabsorpsi air ratusan kali dari berat keringnya dan tidak larut dalam air karena adanya struktur 3 dimensi pada jaringan polimernya. HSA merupakan materi yang sangat menarik karena sifat

kelarutannya dan daya angkut air yang unik. Bentuknya yang mirip air disebabkan polimer ini hampir seluruh bagian bentuknya terdiri dari air. Karena sifat yang unik tersebut, pada beberapa tahun belakangan ini dilakukan penelitian dan pengembangan secara intensif dari HSA untuk aplikasi di bidang farmasi, kimia, pengemas makanan, pembuatan kertas, industri hortikultura, dan pengeboran minyak [1-9].

Akrilamida (AAM) adalah salah satu jenis monomer hidrofilik yang merupakan bahan baku paling populer untuk pembuatan polimer poliakrilamida

(PAAM) yang digunakan sebagai media penunjang dalam elektroforesis [10]. Sesuai dengan kemajuan dalam pengembangan di bidang penelitian dan teknologi, maka pada beberapa tahun belakangan ini penelitian yang berkaitan dengan polimer PAAM sedang dikembangkan secara intensif untuk matriks penyimpan air dan yang paling menjanjikan ke depan adalah sebagai bahan penyerap (*absorbent*) dalam *personel care*, seperti popok bayi, pembalut wanita dan pembalut luka serta sebagai bahan biomaterial lainnya [11-18]. Namun demikian, hidrogel PAAM mempunyai kelemahan, antara lain kemampuan dalam menyerap air (*swelling*) terbatas ± 40 kali berat keringnya dan merupakan homopolimer dengan sifat fisik yang relatif rendah, sehingga pengembangan untuk aplikasinya sebagai HSA juga terbatas.

Asam akrilat (AA) adalah salah satu jenis monomer hidrofilik yang dalam bentuk ioniknya ($-C-OO^-$) mempunyai afinitas yang besar terhadap air, dan paling populer dipakai sebagai bahan dasar *superabsorbent*. Namun demikian, sintesis AA menjadi poli asam akrilat (PAA) sukar dilakukan baik secara reaksi kimia maupun iradiasi. Hal ini disebabkan gugus karboksilat ($-COOH$) dari AA akan mengalami reaksi oksidasi [19]. Oleh karena hal tersebut untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi dari asam akrilat pada pembuatan PAA digunakan asam akrilat dalam bentuk garam natrium akrilat [20-22].

Superabsorbent PAA hasil sintesis ini mempunyai kelemahan yaitu sukar mempertahankan kandungan air dalam kondisi tekanan sedang dikarenakan hanya sebagian struktur jaringan polimer yang membentuk ikatan silang dan bagian ini larut dalam air. Oleh karena itu, untuk memperbaiki kualitas HSA dari PAA dapat dilakukan dengan cara reaksi kopolimerisasi ikatan silang dalam larutan, polimerisasi suspensi inversi dan polimerisasi iradiasi gamma. Masing-masing metode mempunyai keunggulan tersendiri. Metode polimerisasi iradiasi lebih populer dikarenakan tidak diperlukan *crosslinker* dan *initiator* selama reaksi monomer polimerisasi berlangsung. Dari penelitian sebelumnya telah berhasil disintesis HSA berbasis AAM dan AA dengan iradiasi gamma dan mempelajari pengaruh laju dosis iradiasi, jumlah AA dan pH terhadap rasio *swelling*, koefisien difusi dan karakter jaringan hidrogel [23]. Juga telah disintesis HSA berbasis AAM dan AA dengan iradiasi gamma pada dosis 15 kGy. Jumlah AAM dan AA yang dipakai untuk sintesis relatif besar masing-masing berkisar 8,52 g hingga 19,88 g [12].

Tujuan penelitian ini adalah mensintesis HSA poli(AAM-ko-AA) dengan konsentrasi AA berkisar 0,25% hingga 1% (yang tidak dinetralkan dengan NaOH seperti yang umumnya dilakukan) dengan metode polimerisasi iradiasi gamma pada rentang dosis 20 kGy hingga 40 kGy. Pemakaian konsentrasi AA yang relatif kecil ini (0,25% hingga 1%) adalah untuk mendapatkan kondisi maksimal baik dosis iradiasi maupun konsentrasi

dari AA dalam kopolimerisasi dengan AAM pada konsentrasi 7,5%. Pemakaian konsentrasi AAM yang relatif besar dibandingkan AA (7,5:1) ini adalah untuk mencegah terjadinya oksidasi dari AA selama proses iradiasi. Oleh karena itu, dari kombinasi AAM dan AA yang diradiasi dengan sinar gamma diharapkan dapat diperoleh hidrogel dengan kinerja *superabsorbent* yang bagus dan ekonomis. Makalah ini melaporkan karakterisasi HSA poli (AAM-ko-AA) ikatan silang yang disintesis menggunakan proses iradiasi sinar gamma.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Akrilamida, urea, NaCl dan asam akrilat buatan Merck serta bahan kimia lainnya kualitas pro analisis. Akrilamida dan asam akrilat yang digunakan dalam penelitian ini tidak diproses lebih lanjut.

Alat

Beberapa peralatan utama dan penunjang yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik *Mettler Toledo* tipe AB 204 dan *Preciso* 3000D, *Oven Hereaus Instrumen VacuTerm*, *Homogenizer* dan *stirrer*, *stopwatch*, kassa kawat ukuran 300 *mesh*, wadah cetakan hidrogel, Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FT-IR) Shimadzu Prestige-21*, *Sealer Machine*, *Irradiator Co-60* (Irradiator karet, IRKA), gelas ukur, *erlenmeyer*, gelas piala dan cawan petri.

Pembuatan HSA Poli(AAM-ko-AA)

Satu seri larutan asam akrilat 0,25%; 0,50%; 0,75% dan 1% disiapkan dengan melarutkan asam akrilat dalam 100 mL air suling. Kemudian ke dalam masing-masing larutan tersebut dimasukkan monomer akrilamida (AAM) hingga konsentrasi 7,5%, sambil diaduk hingga larutan homogen menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, 30 mL masing-masing campuran AAM-AA dikemas dalam kantong plastik ukuran (10x15) cm² dengan ketebalan 0,5 cm dan *diseal* dan diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 20 kGy, 30 kGy dan 40 kGy (laju dosis 10 kGy/jam).

Uji Gugus Fungsi HSA dengan Spektrofotometer FT-IR

Hidrogel hasil iradiasi dikeringkan dalam *oven* pada suhu 120 °C selama ± 1 jam. Kemudian hidrogel digerus halus. Sejumlah serbuk digerus dengan serbuk halus kalium bromida kering dengan perbandingan (1:200) dan diuji spektrum infra merahnya pada bilangan gelombang 4000 cm⁻¹ hingga 500 cm⁻¹ menggunakan spektrofotometer *FTIR Shimadzu Prestige-21*.

Penentuan Fraksi Gel

Tiga buah cuplikan hidrogel hasil radiasi dikeringkan pada suhu 60 °C hingga berat konstan, lalu ditimbang (W_0). Selanjutnya hidrogel dibungkus dengan kawat kasa ukuran 300 *mesh* yang telah ditera. Hidrogel direndam dalam air suling sampai terendam sempurna dan dikocok dalam *shaker* inkubator pada kecepatan 100 *rpm* selama 24 jam pada suhu kamar untuk menghilangkan zat-zat yang tidak bereaksi. Selanjutnya hidrogel dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga berat konstan. Hidrogel ditimbang kembali (W_1) dan fraksi gel dihitung dengan persamaan berikut :

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

dimana :

- W_1 = Berat hidrogel kering setelah proses pencucian (g)
- W_0 = Berat hidrogel kering awal (g)

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan tiga sampel ini, dihitung nilai rata-rata dan standar deviasinya. Hal yang sama dilakukan baik pada pengaruh konsentrasi maupun dosis iradiasi.

Pengujian Rasio *Swelling* dan *Equilibrium Degree Swelling (EDS)* HSA dalam Air

Tiga buah cuplikan hidrogel hasil radiasi dengan ukuran (1x1) cm² dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga bobot konstan, lalu ditimbang (W_0). Kemudian hidrogel kering direndam dalam 50 mL air suling. Setelah 30 menit hidrogel dikeluarkan dari media perendaman. Air permukaan hidrogel disapu (dilap) dengan kertas saring, selanjutnya hidrogel ditimbang kembali (W_s). Setelah itu, hidrogel direndam kembali ke dalam air dalam wadah yang sama untuk pengujian rasio *swelling* pada interval waktu 30 menit selanjutnya. Perlakuan yang sama dikerjakan untuk pengujian rasio *swelling* hidrogel dalam waktu interval 30 menit lainnya pada selang waktu 4 jam. Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga berat konstan. Rasio *swelling* hidrogel hasil pengujian pada masing-masing waktu perendaman dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

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

dimana :

- W_s = Berat hidrogel dalam keadaan *swelling* (g)
- W_0 = Berat hidrogel dalam keadaan kering (g)

Selain itu, dilakukan pula uji *Equilibrium Degree of Swelling (EDS)* yaitu rasio *swelling* dari hidrogel pada keadaan *swelling* maksimum setelah hidrogel direndam selama 48 jam. Rasio *swelling* dihitung menggunakan Persamaan 2, W_s = berat hidrogel pada keadaan *swelling* maksimum dan W_0 = berat hidrogel

kering. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan tiga sampel ini, dihitung nilai rata-rata dan standar deviasinya. Hal yang sama dilakukan baik pada pengaruh konsentrasi maupun dosis iradiasi.

Pengujian Rasio *Swelling* HSA dalam Larutan NaCl

Tiga buah cuplikan hidrogel hasil radiasi dengan ukuran (1x1) cm² dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga berat konstan dan ditimbang (W_0). Kemudian hidrogel kering direndam dalam 50 mL larutan NaCl 0,15 M. Setelah 30 menit, hidrogel dikeluarkan dari media perendaman dan air permukaan hidrogel disapu (dilap) dengan kertas saring. Selanjutnya hidrogel ditimbang kembali (W_s). Setelah itu, hidrogel direndam kembali ke dalam larutan NaCl 0,15 M dalam wadah yang sama untuk pengujian rasio *swelling* pada interval waktu 30 menit selanjutnya.

Perlakuan yang sama dikerjakan untuk pengujian rasio *swelling* hidrogel dalam waktu interval 30 menit lainnya hingga lama waktu 4 jam. Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga berat konstan. Rasio *swelling* hidrogel hasil pengujian pada masing-masing waktu perendaman dihitung dengan menggunakan Persamaan 2. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan tiga sampel ini, dihitung nilai rata-rata dan standar deviasinya. Hal yang sama dilakukan baik pada pengaruh konsentrasi maupun dosis iradiasi.

Pengujian Rasio *Swelling* HSA pada Pengaruh Perubahan Suhu

Tiga buah cuplikan hidrogel hasil radiasi dengan ukuran (1x1) cm² dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga berat konstan (W_0). Kemudian hidrogel kering direndam dalam 50 mL air suling selama 24 jam pada suhu kamar. Lalu, hidrogel dikeluarkan dari media perendaman dan air pada permukaan hidrogel disapu (dilap) dengan kertas saring. Selanjutnya hidrogel ditimbang (W_s). Hidrogel yang telah ditimbang ini, lalu direndam kembali ke dalam wadah yang berisi air suling pada suhu 40 °C dan direndam selama 1 jam. Lalu, hidrogel dikeluarkan dari media perendaman, air pada permukaan hidrogel disapu (dilap) dengan kertas saring.

Selanjutnya hidrogel ditimbang (W_s). Perlakuan yang sama dikerjakan sama dengan perlakuan terdahulu. Pengujian pengaruh suhu ini dilakukan selanjutnya pada masing-masing suhu 50 °C dan 60 °C dengan interval waktu 1 jam. Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam *oven* pada suhu 60 °C hingga berat konstan. Rasio *swelling* hidrogel pada masing-masing suhu dihitung menggunakan Persamaan 2. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan tiga sampel ini, dihitung nilai rata-rata dan standar deviasinya. Hal yang sama dilakukan baik pada pengaruh konsentrasi maupun dosis iradiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

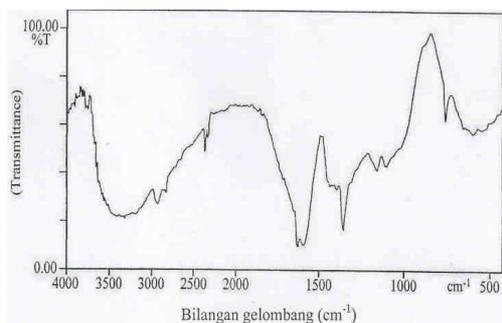
Spektrum FT-IR HSA

Pengukuran spektrum FT-IR HSA dimaksudkan untuk mengetahui dan menguji terjadinya reaksi ikatan silang pada hidrogel hasil iradiasi AAM dengan AA, hasil pengukuran spektrum IR disajikan pada Gambar 1.

Dalam spektrum IR, terobservasi puncak 3404 cm⁻¹ yang mencirikan vibrasi ulur gugus N-H dari akrilamida. Gugus-CH₂ pada rantai hidrogel timbul pada pita puncak 1460 cm⁻¹. Absorbansi pada 2934,6 cm⁻¹ dicirikan sebagai vibrasi ulur -C-H dari gugus akrilat, dan pita puncak 1721 cm⁻¹ dicirikan sebagai gugus C=O dari akrilat. Absorbansi pada 1667 cm⁻¹ berasal dari akrilamida, absorbansi pada 1175 cm⁻¹ berasal dari -CO-O- vibrasi tekuk gugus akrilat. Data ini menunjukkan terjadinya reaksi ikatan silang antara AAM dengan AA pada proses iradiasi.

Pengaruh Dosis Iradiasi terhadap Fraksi Gel

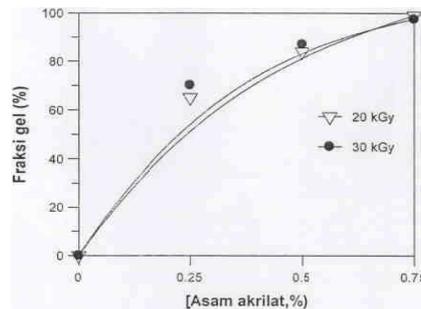
Fraksi gel merupakan salah satu parameter yang umumnya digunakan pada karakterisasi hidrogel hasil iradiasi, mencerminkan fraksi bahan awal polimer yang diubah menjadi hidrogel pada proses sintesis. Parameter ini juga menunjukkan nilai efisiensi dari proses dalam sintesis hidrogel, bergantung pada kepekaan dari bahan terhadap iradiasi yang dipaparkan. Semakin peka bahan terhadap iradiasi, maka semakin tinggi efisiensi dari proses. Penampilan hidrogel hasil radiasi dan pengaruh dosis iradiasi terhadap fraksi gel



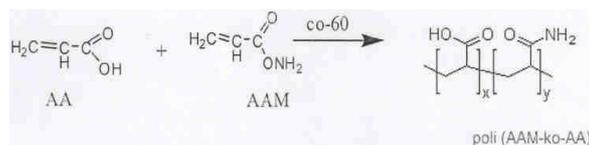
Gambar 1. Spektrum FT-IR hidrogel poli(AAM-ko-AA) hasil iradiasi dosis 20 kGy dengan konsentrasi AAM = 7,5 % dan AA = 0,75 %

Tabel 1. Penampilan fisik hidrogel poli(AAM-ko-AA)

Konsentrasi asam akrilat (%) dalam campuran AAM-AA pada sintesis hidrogel	Dosis (kGy)		
	20	30	40
0,25	gel	gel	Larutan
0,50	gel	gel	Larutan
0,75	gel	gel	Larutan
1	Larutan	Larutan	Larutan



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi asam akrilat terhadap fraksi gel hidrogel poli(AAM-ko-AA) fungsi dosis iradiasi



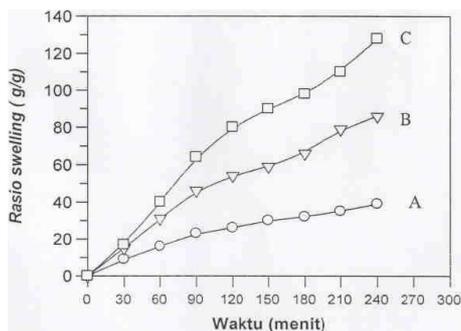
Gambar 3. Reaksi pembentukan HSA poli (AAM-ko-AA)

poli (AAM-ko-AA) disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 2. Terlihat bahwa hidrogel poli (AAM-ko-AA) hanya terbentuk pada kondisi maksimal yaitu dosis 30 kGy dan konsentrasi asam akrilat 0,75%, sedangkan iradiasi pada dosis hingga 40 kGy dan konsentrasi AA 1% tidak terbentuk hidrogel. Hal ini mungkin disebabkan pada iradiasi 40 kGy terjadi oksidasi dari AA menjadi gas CO₂ dan produk lainnya yang berfungsi sebagai *scavenger* [19], sehingga tidak terjadi reaksi polimerisasi ikatan silang AAM-AA yang diharapkan membentuk hidrogel.

Pada Gambar 2 disajikan hubungan pengaruh konsentrasi AA pada fraksi gel poli(AAM-ko-AA). Terlihat bahwa dengan naiknya konsentrasi AA hingga 0,75% dan iradiasi hingga dosis 30 kGy, diperoleh fraksi gel yang mencapai ~100%. Tidak terlihat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) dari nilai fraksi gel dengan naiknya dosis iradiasi sebesar 10 kGy dari 20 kGy hingga dosis 30 kGy. Hal ini berarti bahwa dosis 20 kGy dan konsentrasi AA 0,75% merupakan kondisi optimum untuk sintesis HSA membentuk hidrogel poli(AAM-ko-AA) dengan reaksi seperti terlihat pada Gambar 3.

Swelling HSA dalam Air

Rasio perbandingan berat hidrogel dalam keadaan menyerap air (*swelling*) terhadap berat keringnya atau rasio *swelling* merupakan salah satu parameter utama dari hidrogel khususnya untuk pengujian suatu bahan kandidat sebagai *absorbent*. Fungsi lama waktu perendaman terhadap rasio *swelling* hidrogel dalam air suling hasil iradiasi hingga dosis 20 kGy dengan variasi konsentrasi AA disajikan pada Gambar 4. Terlihat bahwa semakin lama waktu (hingga 4 jam) perendaman hidrogel poli(AAM-ko-AA) dan naiknya konsentrasi AA hingga 0,75%, rasio *swelling* semua hidrogel meningkat.



Gambar 4. Kinetika swelling hidrogel poli(AAM-ko-AA) hasil iradiasi 20 kGy dalam air suling. A=7,5% AAM, 0,25% AA, B=7,5% AAM, 0,5% AA, C=7,5% AAM, 0,75% AA.

Dari data hasil penelitian yang disajikan pada Gambar 4, rasio swelling hidrogel pada dosis 20 kGy selang waktu 30 menit pertama mencapai 20 g/g. Sedangkan pada menit ke -240, rasio swelling hidrogel mencapai nilai 130 g/g. Nilai rasio swelling sebesar 130 g/g ini, pada hakikatnya memenuhi syarat SNI 16-6363-2000 (syarat rasio swelling pembalut wanita minimal 10 g/g) bagi hidrogel HSA untuk digunakan sebagai bahan *absorbent* (penyerap) dalam pembalut wanita [24]. Selain itu, hidrogel ini perlu juga dipertimbangkan sebagai *absorbent* pembalut luka *bereksudat* (luka berair) [25]. Selain itu menurut El-Rehim [18] hidrogel dengan kapasitas rasio swelling yang berkisar 130 g/g ini dapat digunakan sebagai wadah untuk suplai/penyimpan air di bidang pertanian khususnya untuk pertumbuhan tanaman hortikultura.

Pengaruh Konsentrasi AA terhadap EDS (*Equilibrium Degree Swelling*) HSA

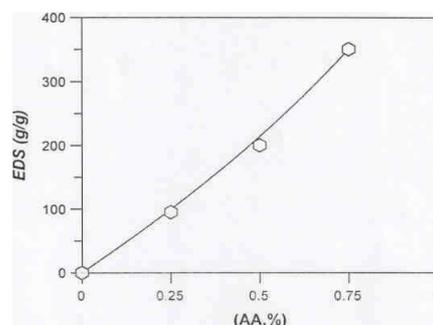
Dalam bentuk keringnya, rantai molekul HSA berbentuk sebagai *coil* (gulungan) dengan gugus fungsi hidrofilik dari AAM (-NH₂) dan AA (-COO⁻) yang berjajar di sepanjang rantai utamanya yang mempunyai afinitas yang besar terhadap air. Jika HSA terhidrasi oleh air, maka *coil* ini secara perlahan-lahan terbuka dan air masuk ke dalam rongga *coil* tersebut. Sebagai akibatnya, akan terjadi reaksi tolak-menolak antara gugus -COO⁻ sepanjang rantai polimer. Oleh karena itu, *coil* ini akan terbuka semakin lebar dan peluang baik gugus -COO⁻ maupun -NH₂ untuk kontak dengan air semakin besar. Proses ini berlangsung hingga keadaan kesetimbangan (*EDS*) yaitu tidak terjadi lagi absorpsi air oleh HSA. Hubungan pengaruh konsentrasi AA terhadap EDS hidrogel poli(AAM-ko-AA) yang diukur hingga keadaan jenuh selama 48 jam disajikan pada Gambar 5. Terlihat bahwa dengan naiknya konsentrasi AA hingga 0,75%, rasio swelling HSA meningkat mencapai nilai 350 kali berat keringnya (g/g). Oleh karena itu, adanya AA pada hidrogel poli(AAM-ko-AA) memberikan kontribusi yang besar terhadap kenaikan rasio swelling dari hidrogel.

Swelling HSA dalam Larutan NaCl

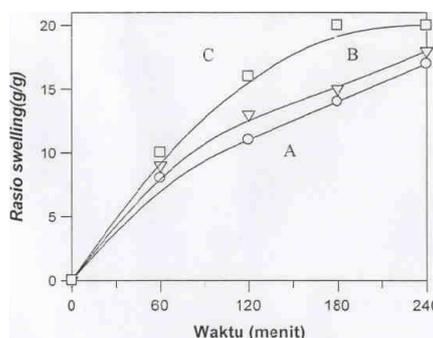
Dalam aplikasinya, perlu diketahui sifat *swelling* dari HSA dalam larutan fisiologis. Larutan garam NaCl merupakan salah satu jenis larutan fisiologis yang umumnya dipakai untuk pengujian kemampuan daya serap HSA dalam media ionik [12,15,23,26]. Pengaruh lama waktu perendaman dalam larutan NaCl 0,15 M hidrogel poli(AAM-ko-AA) pada dosis 20 kGy sebagai fungsi konsentrasi AA disajikan pada Gambar 6.

Terlihat bahwa dengan meningkatnya lama waktu perendaman hingga 240 menit yang disertai naiknya konsentrasi AA, rasio swelling hidrogel juga meningkat. Rasio swelling hidrogel poli(AAM-ko-AA) pada 30 menit pertama mencapai 8 hingga 10 kali bobot keringnya dan meningkat mencapai 12 hingga 17 kali bobot keringnya pada menit ke 240. Jika dibandingkan dengan rasio swelling hidrogel dalam larutan NaCl terhadap rasio swelling dalam air suling (Gambar 4), terlihat bahwa rasio swelling hidrogel dalam NaCl relatif jauh lebih kecil pada semua konsentrasi hidrogel.

Hal ini dapat dijelaskan dari timbulnya tekanan osmosis akibat perbedaan konsentrasi ion-ion dalam media dan dalam kerangka jaringan hidrogel. Ion-ion yang terikat pada jaringan hidrogel bersifat *immobile* (tidak bergerak) yang dapat dianggap terpisah dari larutan luar dengan adanya membran *semipermeable*. Jika hidrogel direndam dalam air, maka akan terjadi tekanan osmosis maksimum dan hidrogel akan *swelling*.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi AA terhadap EDS dari hidrogel poli(AAM-ko-AA) hasil iradiasi 20 kGy



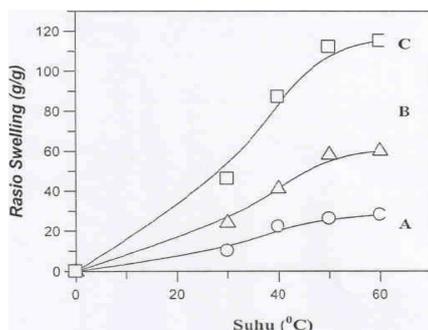
Gambar 6. Pengaruh waktu perendaman dalam larutan NaCl 0,15 M terhadap rasio swelling hidrogel poli(AAM-ko-AA) iradiasi 20 kGy sebagai fungsi konsentrasi AA. A=AAM 7,5% AA 0,25%, B=7,5% AAM, AA 0,5%, C=AAM 7,5%, AA 0,75%.

Tetapi, jika hidrogel direndam dalam larutan NaCl, maka akan terjadi tekanan osmosis yang sangat rendah dikarenakan adanya ion-ion Na^+ dan Cl^- .

Efek Suhu Terhadap Swelling Hidrogel

Ditinjau dari struktur molekulnya, hidrofilisitas hidrogel dikontrol oleh gugus hidrofilik dan hidrofobik pada rantai karbon. Adanya perubahan pH, jenis ion dan suhu akan mengakibatkan perubahan sistem kesetimbangan hidrofilik dan hidrofobik dari hidrogel. Jika gugus hidrofilik lebih dominan, hidrogel akan *swelling*. Sedangkan jika gugus hidrofobik lebih dominan dalam kesetimbangan, terjadi *deswelling* (penciutan). Pengaruh suhu terhadap hidrogel juga merupakan salah satu parameter yang penting. Pengontrolan suhu akan dapat mengoptimalkan karakter dari hidrogel dalam aplikasinya. Oleh karena itu, pengaruh perubahan suhu terhadap rasio *swelling* hidrogel poli (AAM-ko-AA) hasil radiasi 20 kGy pada beragam konsentrasi asam akrilat (AA) diteliti yang hasilnya disajikan pada Gambar 7.

Terlihat bahwa dengan naiknya suhu pada rentang 30 °C hingga 60 °C dan konsentrasi asam akrilat (AA) hingga 0,75%, rasio *swelling* hidrogel-hidrogel meningkat. Selain itu, secara umum juga terlihat bahwa terjadi kenaikan rasio *swelling* pada rentang suhu 30°C hingga 50 °C. Hal ini disebabkan mudah Bergeraknya rantai-rantai polimer. Sedang pada kenaikan suhu pada rentang 50 °C hingga 60 °C tidak terjadi kenaikan rasio *swelling* yang berarti untuk semua hidrogel. Dari penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa tidak terjadinya perubahan rasio *swelling* dengan kenaikan suhu pada rentang 50 °C hingga 60 °C. Secara umum grafik ini mengindikasikan bahwa hidrogel HSA adalah hidrogel yang peka terhadap suhu [12]. Pada penelitian terdahulu juga telah dilaporkan bahwa hidrogel berbasis PAAM bersifat peka terhadap perubahan suhu [27]. Hal ini menunjukkan bahwa selain asam akrilat (AA) memegang peranan penting dalam mengontrol kemampuan hidrogel dalam menyerap air, akrilamida (AAM) juga memberikan kontribusi yang sangat berarti pada kemampuan hidrogel dalam menyerap air.



Gambar 7. Pengaruh suhu terhadap rasio *swelling* hidrogel poli(AAM-ko-AA) iradiasi 20 kGy sebagai fungsi konsentrasi AA. A = AAM 7,5% AA 0,25%, B = 7,5% AAM AA 0,5%, C = AAM 7,5% AA 0,75%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian Hidrogel *SuperAbsorbent* (HSA) poli(akrilamida-ko-asam akrilat) ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. HSA poli (AAM-ko-AA) dapat disintesis dari AAM (7,5%) dengan menggunakan AA (asam akrilat) tanpa dinetralisir dengan NaOH pada konsentrasi yang relatif rendah (0,25-0,75)%.
2. Dosis iradiasi 20 kGy dan konsentrasi AA 0,75% merupakan kondisi optimum pada sintesis HSA poli(AAM-ko-AA).
3. Nilai EDS dari poli(AAM-ko-AA) dapat mencapai ~ 350 kali berat keringnya (g/g).
4. HSA bersifat peka terhadap perubahan suhu.
5. Adanya kekuatan ionik, menyebabkan rasio *swelling* hidrogel dalam larutan NaCl 0,15 M menurun dengan tajam.
6. HSA poli(AAM-ko-AA) selayaknya sebagai kandidat bahan biomaterial, matrik pelepasan obat dan bahan penyimpan air dalam bidang hortikultura.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada rekan-rekan di fasilitas Iradiator Karet (IRKA) bidang Fasilitas Radiasi, PATIR-BATAN yang telah banyak membantu dalam iradiasi sampel, serta Dr. Agus Haryono dari P2K-LIPI, Serpong yang telah membantu dalam analisis FT-IR.

DAFTAR ACUAN

- [1]. L.C. DAVIS, S.M. NOVAIS and D. MARTIN, *Environ. Technol.*, **25** (2004) 59
- [2]. G. FLORES, M. HERRAZ and D.C. RUIZ, *J.Sep.Sci.*, **29** (2006) 267
- [3]. H. HOSSEINZADEH, A. POURJAVADI and M.J. ZOHURIAAN-MEHR, *J. Biomater. Sci., Polym.Ed.*, **15** (12) (2004) 1499-1511
- [4]. A.T. PAULINO, M.R. GUILHERME, A.V. REIS, G.M. CAMPESE, E.C. MUNIZ and J. NOZAKI, *J. Colloid Interface Sci.*, **301** (2006) 55-62
- [5]. A. LI, J.P. ZHANG and A.Q. WANG, *Bioresour. Technol.*, **98** (2007) 327-332
- [6]. A. SANNINO, A. ESPOSITO, A. DE ROSA, A. COZZOLINO, L. AMBROSIO and L. NICOLAIS, *J. Biomed. Mater. Res. A.*, **67** (2003) 1016-1024
- [7]. Y. CHEN and H. M. TAN, *Carbohydr. Res.*, **344** (2006) 887
- [8]. R. BRUGGISSER, *J. Wound Care*, **14** (2005) 438-442
- [9]. J. K. DUTKIEWICZ, *J. Biomed. Mater. Res.*, **63** (2002) 373
- [10]. S. RAYMOND and L. WEINTRAUB, *Science*, **130** (1959) 711

- [11]. S.VON BUELOW and N. PALLUA, *Plast. Reconstr. Surg.*, **118** (2006) 858
- [12]. R.S. TOMAR, I. GUPTA, R. SINGHAL and A.K. NAGPAL, *Designed Monomers and Polymers*, **10** (2007) 49-66
- [13]. P. BONINA, Ts. PETROVA and N. MANOLOVA, *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, **19** (2004) 101-116
- [14]. Y.Q. XIA, T.Y GUO, M.D. SONG, B.H. ZHANG and B.L. ZHANG, *Biomacromolecules*, **6** (2005) 2601-2606
- [15]. S. FRANSIS, M. KUMAR and L. VARSHNEY, *Radiation Physic and Chemistry*, **69** (2004) 481-486
- [16]. H. OMIDIAN, J.P. ROCCA and K. PARK, *Macromol. Biosci.*, **6** (2006) 703
- [17]. H.Y. TSUNG, *Recent Patents on Materials Science*, **1** (2008) 29
- [18]. H.A. EL-REHIM, *Radiat. Phys.Chem.*, **74** (2005) 111
- [19]. A.J. SWALLOW, *Radiation Chemistry of Organic Compound*, Pergamon Press, London (1960) 111-113
- [20]. http://nexant.ecnect.com./coms2/summary_0255-3047_ITM, Super absorbent polymer (SAP), diakses tgl 16 Desember 2008
- [21]. http://nexant.ecnect.com./coms2/summary_0255-3047_ITM, Super absorbent polymer (SAP), diakses tgl 16 Desember 2008
- [22]. <http://www.eng.buffalo.edu/Courses/ce435/Diapers/Diapers.html>, diakses tgl 16 Desember 2008
- [23]. D. SOLPAN, S. DURAN, and O. GUVEN, *J.Apply.Polym.Sci.*, **86** (2002) 3570-3580
- [24]. ANONIM, *Farmakope Indonesia*, Edisi IV, Jakarta, (1995) 1125-1205
- [25]. F. L. BUCHHOLZ and A.T. GRAHAM, *Modern Superabsorbent Polymer Technology*, Wiley-VCH, New York, (1998)
- [26]. R.A. GEMEINHART, J. CHEN, H. PARK, and K. PARK, *J.Biomaterial Scie.Polym Edn.*, **11** (2000) 1371-1380
- [27]. ERIZAL, DEWI S. P. dan DARMAWAN D., *Prosiding Pertemuan Ilmiah IPTEK Bahan '02*, Serpong (2002) 51