

KARAKTERISTIK *SWELLING SUPERABSORBENT* POLI (AKRILAMIDA) HIDROGEL HASIL IRADIASI

Erizal

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN

ABSTRAK

KARAKTERISTIK *SWELLING SUPERABSORBENT* POLI (AKRILAMIDA) HIDROGEL HASIL IRADIASI. Telah dilakukan penelitian pembuatan superabsorbent poli (akrilamida) berikatan silang hasil iradiasi- γ , dengan mempelajari pengaruh dosis iradiasi serta konsentrasi akrilamida terhadap karakter *swelling*-nya. Larutan monomer akrilamida dipapari sinar- γ menghasilkan hidrogel poli (akrilamida) dengan kemampuan daya serap air 40-150 kali berat keringnya yang tergantung pada dosis iradiasi (dosis iradiasi >20 kGy) dan konsentrasi akrilamida (5 – 15 %). Naiknya dosis iradiasi, menyebabkan kandungan gel naik dan daya serap terhadap air turun. Karakter *swelling* hidrogel dalam larutan urea, dan dalam air sebagai fungsi suhu juga diteliti. *Swelling* hidrogel relatif lebih kecil dalam urea dibandingkan dalam air. Sedangkan dengan naiknya suhu menyebabkan *swelling*-nya naik. Kerapatan ikatan silang mempengaruhi karakter *swelling superabsorbent* hidrogel poli(akrilamida). Berdasarkan sifat *swelling*-nya yang relatif besar dan kandungan gel yang mencapai 100 %, *superabsorbent* poli (akrilamida) selayaknya dapat dipertimbangkan sebagai kandidat bahan yang dapat dipakai di bidang kesehatan.

Kata kunci : Poliakrilamida, radiasi, *swelling*, hidrogel

ABSTRACT

THE SWELLING CHARACTERISTIC OF SUPERABSORBENT POLY (ACRYLAMIDE) HYDROGEL PREPARED BY RADIATION. Crosslinked poly (acrylamide) superabsorbent hydrogels were prepared by γ -irradiation and their preparation conditions such as irradiation and acrylamide concentration were studied. When acrylamide monomer solution was exposed γ -radiation, acrylamide was crosslinked to yield high water sorption material with specific water content of 40-150 times their weight dry depending on the preparation conditions (e.g. irradiation dose (>20 kGy), acrylamide concentration (5 – 15 wt %)). With an increasing of γ -irradiation dosage, the gel content of poly (acrylamide) gels was inclined to increase but the specific water content decreased markedly. The equilibrium swelling behaviour in urea, and in water as a function of temperature were investigated. These poly (acrylamide) hydrogels exhibited reduced swelling when exposed to urea solution, in contrast increased swelling with increasing temperature. The density crosslinked contribution to swelling thus seem to be the main factor governing the swelling of these hydrogels. On the based of its relatively high swelling character and gel content reached 100 %. It can be considered that poly(acrylamide) hydrogel to be used as superabsorbent in the health care.

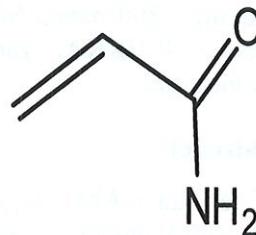
Keyword : Polyacrylamide, radiation, swelling, hydrogel

PENDAHULUAN

Polimer Superabsorbent, SAP adalah salah satu jenis hidrogel yang mengabsorpsi air melalui ikatan hidrogen. Kapasitas absorpsinya terhadap air (*swelling*) dapat mencapai 100 hingga 1000 kali berat keringnya. (g/g) yang tergantung pada struktur jaringan dari polimer/kopolimer pembentuknya. Pada beberapa tahun belakangan ini, penelitian yang berkaitan dengan sintesis serta aplikasi dari SAP sedang dilakukan dan dikembangkan secara intensif. Aplikasi SAP relatif luas antara lain di bidang industri kimia untuk pemekatan larutan dan sebagai *sensor*, di bidang pertanian untuk kantong air pada daerah kering dan irigasi, di bidang kesehatan untuk *drug delivery system* dan bedah kosmetik. Aplikasi SAP

lainnya yang paling populer adalah sebagai penyerap urin dalam *disposable diaper* (popok bayi) (1-7).

Akrilamida (AAM) (Gambar 1) adalah salah satu jenis monomer hidrofilik yang pada beberapa tahun belakangan ini sedang diteliti dan dikembangkan sebagai bahan dasar (*based*



Gambar 1. Struktur molekul akrilamida

material) untuk bahan baru antara lain digunakan sebagai bahan pembuatan komposit PAAM-sepiolite, polimer ampiphilik N-vinil pirolidon-akrilamida, dan makroporous poliakrilamida hidrogel (8 – 14). Selain itu, AAM merupakan bahan baku paling populer untuk pembuatan hidrogel PAAM sebagai pengganti silikon untuk bedah plastik. Hal ini dikarenakan hidrogel PAAM mempunyai sifat biokompatibel dengan tubuh, elastis, tidak toksis, tidak menyebabkan sensitisasi pada kulit, tidak pirogen, dan tidak menyebabkan hidrolisis protein (15). Kondisi sifat-sifat PAAM ini hanya dapat dicapai jika proses sintesis monomer AAM dilakukan secara optimum. Karena residu AAM akan menyebabkan efek samping pada tubuh. PAAM kualitas medis umumnya disintesis dengan metode reaksi kimia. Pada proses ini digunakan katalis, *crosslinker*, *accelerator*, dan *fasilitator*. Ditinjau dari segi ekonomi, proses pembuatan PAAM cara kimia ini relatif mahal dibanding metode iradiasi. Proses iradiasi telah lama diketahui dapat digunakan sebagai *tool* untuk pembuatan hidrogel. Keunggulan dari proses radiasi antara lain proses reaksi dapat dikontrol, tidak dibutuhkan inisiator dan *crosslinker* (pemicu dan pembentuk ikatan silang), sterilisasi dan polimerisasi dapat dilakukan secara serentak. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan hidrogel PAAM dengan metode radiasi sebagai metode alternatif dalam sintesis PAAM dan dipelajari sifat fisiko-kimianya, dengan harapan PAAM yang dihasilkan mempunyai kualitas yang baik dan dapat dipakai sebagai bahan keperluan medis.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Akrlamida dan urea buatan Merck. Pereaksi lainnya kualitas p.a.

Alat

Shaker inkubator, Kottermann, buatan Jerman yang digunakan untuk menguji kandungan gel. Timbangan analitis, kertas saring, kawat kasa *stainless steel* ukuran 300 mesh. Sebagai sumber γ , iradiator kobalt-60 IRKA, yang digunakan untuk membuat hidrogel.

Pembuatan Hidrogel

Satu seri larutan AAM dengan konsentrasi 5,10 dan 15 % (b/v) dalam air suling dikemas dalam kantong plastik PTF (polietilen tereftalat) diiradiasi sinar- γ pada dosis 20,30 dan 40 kGy

(laju dosis 10 kGy/j). Hidrogel hasil iradiasi selanjutnya dikarakterisasi sifat fisiko-kimianya.

Pengujian Kandungan Gel

Hidrogel hasil iradiasi dipotong menjadi 3 bagian bentuk kubus dengan ukuran $2 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}^3$, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan. Gel kering ditimbang (W_0), hidrogel kering dikemas dalam kawat kasa *stainless steel* ukuran 300 mesh. Selanjutnya, kawat kasa yang mengandung hidrogel direndam dalam air suling pada suhu 70°C dalam *shaker* dan digoyang dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam untuk menghilangkan zat-zat yang tidak bereaksi. Akhirnya, hidrogel dikeluarkan dari *shaker* dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga berat konstan. Hidrogel ditimbang kembali (W_1), dan kandungan gel dihitung dengan persamaan berikut ;

$$\text{Kandungan gel} = \frac{W_1}{W_0} \times 100 \% \quad (1)$$

W_0 = bobot kering hidrogel awal (g)

W_1 = bobot kering hidrogel setelah pencucian (g)

Pengujian Rasio Swelling Hidrogel sebagai Fungsi Waktu dan Kandungan Air Spesifik

Hidrogel hasil iradiasi dipotong menjadi 3 bagian bentuk kubus dengan ukuran $2 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}^3$, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan. Kemudian hidrogel direndam dalam air suling pada suhu kamar. Setiap interval waktu 30 menit, hidrogel dikeluarkan dari bejana pengujian, dan bobotnya ditentukan setelah air permukaan dikeringkan dengan kertas saring. Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan dan hidrogel kering ditimbang (W_k). *Rasio swelling* dihitung dengan persamaan berikut ;

$$\text{Rasio swelling} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100 \% \quad (2)$$

W_b = bobot hidrogel setelah swelling (g)

W_k = bobot hidrogel kering (g)

Kandungan air spesifik hidrogel (*specific water content*) adalah jumlah air maksimum yang diserap oleh hidrogel pada suatu kondisi yang tidak terjadi lagi kenaikan bobot dari hidrogel. Hidrogel dengan ukuran $2 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}^3$ direndam dalam air hingga jumlah bobot air yang diserap konstan pada suhu kamar. Selanjutnya, hidrogel dikeringkan pada suhu 60°C hingga bobot konstan dan hidrogel kering ditimbang (W_k).

Kandungan air spesifik hidrogel dihitung dengan persamaan 2.

Pengujian Rasio Swelling Hidrogel sebagai Fungsi Suhu

Hidrogel hasil iradiasi dipotong menjadi 3 bagian bentuk kubus dengan ukuran $2 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}^3$, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan. Kemudian hidrogel direndam dalam air suling pada suhu 40°C . Setiap interval waktu 30 menit, hidrogel dikeluarkan dari bejana pengujian, dan bobot basahnya ditentukan setelah air permukaan dikeringkan. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada hidrogel dalam pengujian pengaruh suhu 50 dan 60°C . Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan dan hidrogel kering ditimbang (W_k). Rasio swelling dihitung dengan persamaan 2.

Pengujian Rasio Swelling Hidrogel dalam Larutan Urea

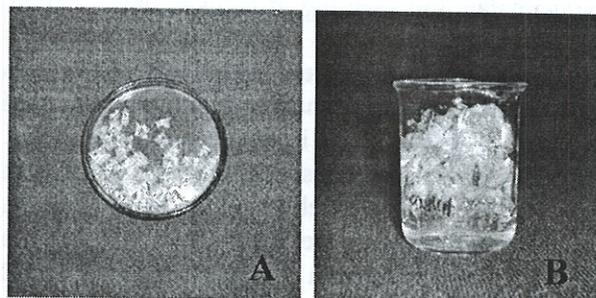
Hidrogel hasil iradiasi dipotong menjadi 3 bagian bentuk kubus dengan ukuran $2 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}^3$, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Kemudian hidrogel direndam dalam larutan urea 5 % pada suhu kamar. Setiap interval waktu 30 menit, hidrogel dikeluarkan dari bejana pengujian, dan bobot basahnya ditentukan setelah air permukaan dikeringkan. Akhirnya hidrogel dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga bobot konstan dan hidrogel kering ditimbang (W_k). Rasio swelling dihitung dengan persamaan 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Iradiasi pada Kandungan Gel PAAM

Pada umumnya reaksi yang terjadi pada monomer sebagai akibat paparan iradiasi adalah reaksi polimerisasi, dan polimer yang terbentuk selanjutnya akan bereaksi satu dengan lainnya membentuk ikatan silang (*crosslinking*) dengan cara membentuk ikatan kovalen yang stabil. Terbentuknya ikatan silang antar polimer mengakibatkan terbentuknya hidrogel. Jika larutan AAM dengan konsentrasi 5% diiradiasi dengan sinar- γ hingga dosis 40 kGy, terbentuk hidrogel transparan dengan kandungan air yang spesifik (Gambar 2). Hidrogel dalam bentuk kering (Gambar 2A), jika direndam dalam air hingga kondisi *swelling* maksimum menghasilkan hidrogel dengan kenaikan bobot yang dapat

mencapai 150 kali bobot keringnya (Gambar 2B). Pada Tabel 1 dan Tabel 2 disajikan kandungan gel dan air spesifik dari hidrogel PAAM hasil iradiasi AAM pada konsentrasi 5 %. Pada dosis 20 kGy, bentuk fisik dari hidrogel relatif lebih lunak dibandingkan hidrogel hasil iradiasi 30 dan 40 kGy (Tabel 3), dengan kandungan air spesifik ± 150 kali bobot keringnya. Kandungan gel PAAM naik dengan naiknya dosis iradiasi. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi pada AAM tidak menyebabkan terjadinya degradasi PAAM hingga 40 kGy, dan air spesifik turun secara bermakna dengan naiknya dosis iradiasi. Hal ini mungkin disebabkan bertambahnya kerapatan ikatan silang dalam gel PAAM dan berkurangnya jarak rantai polimer. Oleh karena itu, hidrogel dengan kandungan air yang tinggi dapat diperoleh dari AAM pada dosis iradiasi 20 kGy dan konsentrasi AAM 5 %. Selain itu, kandungan gel PAAM dapat dicapai hingga 100 % pada dosis iradiasi 40 %. Hal ini menunjukkan bahwa hidrogel hasil iradiasi aman untuk dipakai sebagai bahan superabsorbent.



Gambar 2. Hidrogel PAAM hasil iradiasi

- A) Hidrogel dalam bentuk kering
B) Hidrogel PAAM pada kondisi *swelling* maksimum

Tabel 1. Kandungan gel dalam PAAM (%)

Konsentrasi AAM (%)	Dosis iradiasi (kGy)		
	20	30	40
5	91,09 \pm 0,82	92,47 \pm 0,63	93,33 \pm 0,28
10	93,25 \pm 0,20	95,28 \pm 0,09	96,49 \pm 0,13
15	96,53 \pm 0,01	97,56 \pm 0,07	99,07 \pm 0,21

Tabel 2. Kandungan air spesifik PAAM (g/g)

Konsentrasi AAM (%)	Dosis iradiasi (kGy)		
	20	30	40
5	150,34 \pm 0,36	75,21 \pm 0,49	63,33 \pm 0,26
10	78,21 \pm 0,10	77,28 \pm 0,28	63,30 \pm 0,08
15	68,43 \pm 0,21	45,51 \pm 0,33	43,20 \pm 0,16

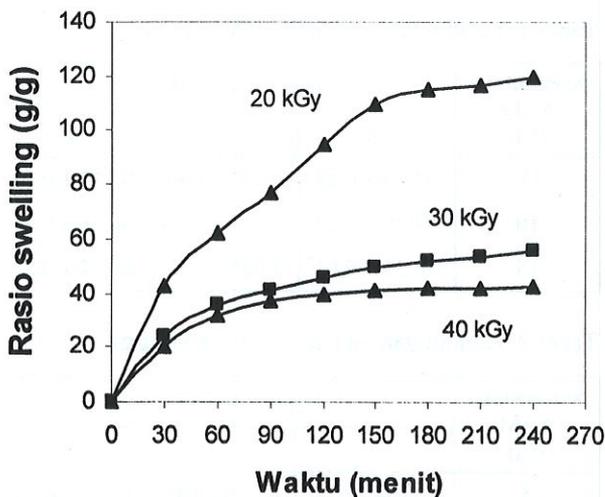
Tabel 3. Penampilan fisik hidrogel PAAM hasil iradiasi

Konsentrasi AAM (%)	Dosis iradiasi (kGy)		
	20	30	40
5	+	++	+++
10	+	++	+++
15	+	++	+++

Keterangan : + = lembek dan lengket
 ++ = padat dan lentur
 +++ = lebih padat dan lentur

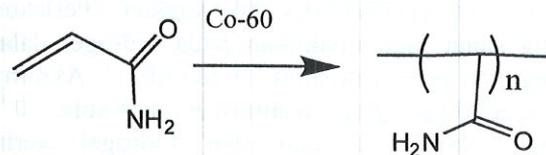
Pengaruh Dosis Iradiasi Terhadap Rasio Swelling PAAM

Rasio swelling dari hidrogel merupakan salah satu parameter yang sangat penting dari karakter hidrogel. Faktor yang mempengaruhi rasio swelling hidrogel antara lain adalah gugus fungsi yang terdapat dalam struktur molekulnya, kerapatan ikatan silang (*density crosslinking*) serta struktur jaringan yang terbentuk. Pada umumnya untuk menguji laju swelling hidrogel dalam air khususnya untuk aplikasi sebagai *superabsorbent*, pengamatan laju swelling dilakukan dalam satuan waktu menit atau jam (2,3). Pada Gambar 3 disajikan hubungan antara lama waktu pengujian (interval 30 menit) terhadap rasio swelling dari hidrogel PAAM hasil iradiasi hingga 40 kGy. Rasio swelling pada dosis 20 kGy menunjukkan rasio swelling yang relatif besar dibandingkan rasio swelling dari hidrogel hasil iradiasi 30 dan 40 kGy. Pada pengujian hingga waktu 240 menit (4 jam), rasio swelling mencapai 100 bobot kering, sedangkan rasio swelling hidrogel hasil iradiasi 30 dan 40 kGy masing-masing 60 dan 45 berat keringnya.

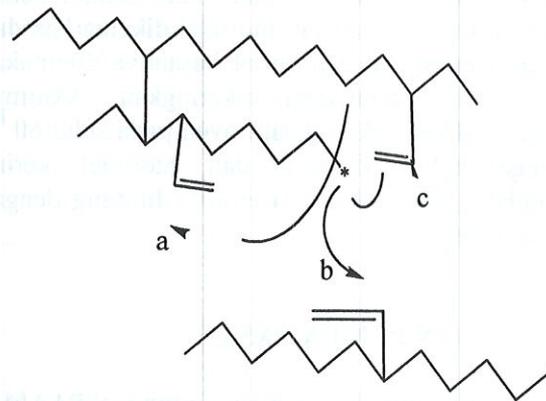


Gambar 3. Hubungan rasio swelling hidrogel terhadap waktu sebagai fungsi dosis iradiasi. Konsentrasi akrilamida 5 %.

Mekanisme pembentukkan hidrogel PAAM sebagai akibat reaksi iradiasi larutan AAM adalah melalui tahapan-tahapan inisiasi, propagasi dan terminasi. Pada tahapan inisiasi Aam akan membentuk radikal bebas, kemudian bereaksi satu dengan lainnya membentuk dimer. Selanjutnya, dimer ini mengalami reaksi lebih lanjut membentuk polimer (tahap propagasi), dan akhirnya pada tahap terminasi polimer membentuk ikatan silang satu dengan lainnya dengan struktur jaringan yang tertentu. Reaksinya polimerisasinya dapat digambarkan sebagai berikut;



Hamid (16) melaporkan bahwa bentuk struktur jaringan dari gel PAAM hasil reaksi dari polimerisasi larutan AAM adalah berdasarkan proses siklisasi ikatan silang (*cyclization crosslinking*), ikatan silang jamak (*multiple crosslinking*) dan (kopolimerisasi ikatan silang radikal bebas (*free radical crosslinking copolymerization*)). Proses siklisasi ini dan bentuk jaringan dari gel PAAM disajikan di Gambar 4.



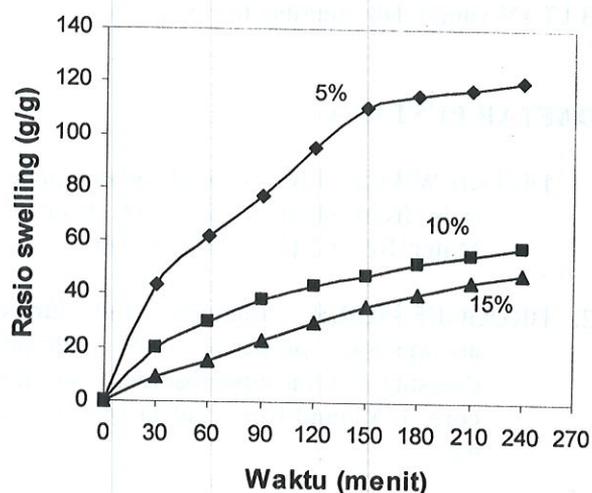
Gambar 4. Skema proses siklisasi hidrogel PAAM yang terdiri dari ;

- a) *cyclization crosslinking*
- b) *multiple crosslinking*
- c) *free radical crosslinking copolymerization*

Sebagai akibat dari proses siklisasi ini dapatlah diramalkan dengan naiknya dosis iradiasi akan terbentuk struktur PAAM dengan ikatan silang yang lebih rapat. Hal ini yang menyebabkan dengan naiknya dosis iradiasi hingga 40 kGy, kerapatan ikatan silang dalam hidrogel semakin meningkat. Sehingga difusi air kedalam jaringan semakin kecil dengan naiknya dosis iradiasi, yang mengakibatkan swellingnya semakin menurun.

Pengaruh Konsentrasi Akrilamida Terhadap Rasio Swelling PAAM

Ditinjau dari segi ekonomi, jumlah bahan yang dipakai untuk membuat suatu produk sebaiknya seminimal mungkin dengan kualitas produk yang dihasilkan optimum. Hal ini merupakan salah satu kriteria yang perlu dipertimbangkan. Oleh karena itu, konsentrasi AAM yang digunakan untuk membuat hidrogel dalam penelitian ini berkisar 5 – 15 % dengan dosis iradiasi minimum 20 kGy, dan parameter yang diuji adalah *rasio swelling* hidrogel hasil iradiasi AAM dalam bentuk PAAM yang diukur dalam air disajikan di Gambar 5. Terlihat bahwa *rasio swelling* PAAM pada konsentrasi 5% adalah 120 kali bobot kering yang relatif lebih besar dibandingkan konsentrasi 10 dan 15 %. Hal ini disebabkan oleh dengan naiknya konsentrasi AAM dan dosis iradiasi, kerapatan silang dalam hidrogel PAAM semakin meningkat.

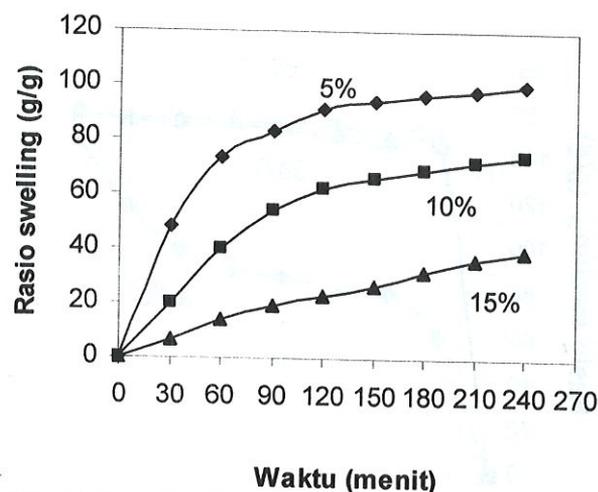


Gambar 5. Hubungan rasio swelling hidrogel terhadap waktu sebagai fungsi konsentrasi. Iradiasi 20 kGy.

Rasio Swelling PAAM dalam Larutan Urea

Larutan urea merupakan salah satu jenis larutan simulasi pengganti urin yang umumnya dipakai untuk menguji karakter superabsorbent khususnya untuk hidrogel yang pemakaiannya ditujukan untuk popok (*diaper*). Pengaruh lama waktu perendaman dalam urea terhadap *rasio swelling* hidrogel PAAM disajikan di Gambar 6. Terlihat bahwa *rasio swelling* hidrogel konsentrasi 5 % pada perendaman hingga 240 menit (4 jam) mencapai 100 kali bobot keringnya lebih besar dibandingkan konsentrasi 10 dan 15 %. Pola *swelling* hidrogel PAAM dalam larutan urea tidak jauh berbeda dibandingkan pola *swelling* PAAM

dalam air, hanya terjadi sedikit penurunan *rasio swelling* ($\pm 20\%$) Hal yang sama juga dilaporkan oleh El-Rehim (17) yaitu bahwa terjadi penurunan *swelling* hidrogel dalam urin. Menurut Buchholz (18) dan farmakope Indonesia, edisi IV (19) sifat yang paling penting dari *superabsorbent* agar dapat dipakai untuk *personel care* adalah pada nilai *rasio swelling*-nya. Kapasitas *swelling* yang dapat diterima adalah $\pm 20 - 40$ kali bobot keringnya dalam urin. Oleh karena itu, hidrogel PAAM hasil iradiasi AAM pada konsentrasi 5 % dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai *superabsorbent* dalam popok bayi.

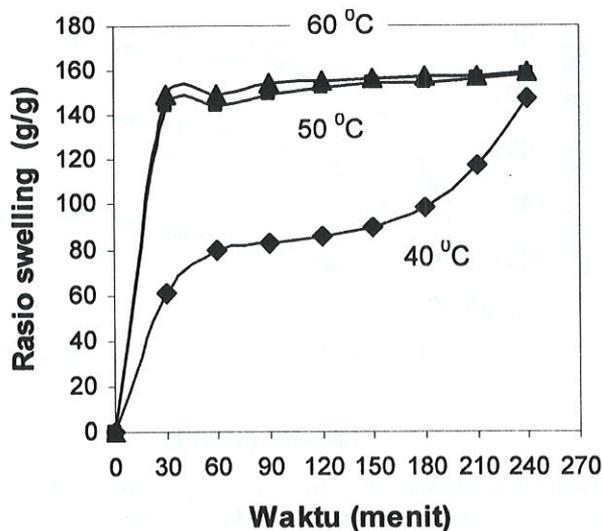


Gambar 6. Hubungan *rasio swelling* hidrogel dalam urea terhadap waktu sebagai fungsi konsentrasi. Dosis Iradiasi 20 kGy.

Pengaruh Suhu Terhadap Rasio Swelling Hidrogel

Ditinjau dari struktur molekulnya, hidrofilitas hidrogel dikontrol oleh gugus hidrofilik dan hidrofobik oleh rantai karbon. Adanya perubahan pH, listrik, 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 khususnya pada hidrogel yang peka terhadap suhu. Pengaruh perlakuan waktu terhadap *rasio swelling* hidrogel PAAM hasil iradiasi AAM konsentrasi 5% pada dosis 20 kGy sebagai fungsi suhu disajikan pada Gambar 7. Terlihat bahwa dengan naiknya suhu hingga

60 °C, *rasio swelling* hidrogel PAAM meningkat. Pada Gambar 7 terlihat pula ada 2 tahapan perubahan *swelling* akibat perubahan suhu. Pada awal pengukuran 30 menit pertama, kenaikan *rasio swelling* hidrogel PAAM pada suhu 50 dan 60 °C relatif lebih tajam dibanding *rasio swelling* pada suhu 40 °C. Pada perlakuan waktu selanjutnya, kenaikan *rasio swelling* relatif konstan. Hidrogel yang diukur pada suhu 40 °C, nilai *rasio swelling* dapat mencapai nilai *rasio swelling* yang diukur pada suhu 50 dan 60 °C dalam waktu 240 menit. Hal ini menunjukkan bahwa hidrogel PAAM peka terhadap perubahan suhu.



Gambar 7. Hubungan *rasio swelling* hidrogel dalam air terhadap waktu sebagai fungsi suhu. Iradiasi 20 kGy.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hidrogel PAAM dapat disintesis dari monomer AAM monomer dengan cara induksi radiasi. Konsentrasi dan dosis iradiasi mempengaruhi karakter *swelling* hidrogel. Iradiasi AAM pada konsentrasi 5-15 % dengan dosis 20-40 kGy menghasilkan hidrogel PAAM dengan nilai *rasio swelling* yang berkisar 40-150 kali berat keringnya. Monomer AAM dengan konsentrasi 5 % dan dengan iradiasi γ dosis 20 kGy menghasilkan hidrogel dengan nilai *rasio swelling* yang relatif lebih besar dibandingkan hidrogel hasil iradiasi konsentrasi 10 dan 15 % baik pada iradiasi dosis 30 maupun 40 kGy. Oleh karena itu, untuk aplikasinya perlu dipertimbangkan masalah hubungan dosis iradiasi dan *rasio swelling* terhadap sifat fisiknya. Hal ini

disebabkan iradiasi dosis rendah akan menghasilkan *superabsorbent* dengan nilai *rasio swelling* yang relatif besar dengan sifat fisik yang lunak. Sedangkan iradiasi pada dosis 30 dan 40 kGy menghasilkan hidrogel dengan *rasio swelling* yang relatif rendah yang disertai bentuk fisik yang relatif lebih padat. Hidrogel PAAM menunjukkan karakter peka terhadap suhu. Berdasarkan nilai *rasio swelling* yang relatif tinggi (150 kali berat kering) dengan kandungan gel 100 %, selanjutnya hidrogel PAAM hasil iradiasi aman untuk dipakai khususnya untuk aplikasi di bidang kesehatan dan juga dapat dipertimbangkan sebagai kandidat sebagai bahan *superabsorbent* untuk aplikasi bidang kimia dan pertanian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada ibu Dewi, S.P. yang telah membantu penelitian ini dan rekan-rekan di fasilitas radiasi PATIR-BATAN yang telah membantu iradiasi bahan.

DAFTAR PUSTAKA

1. DUTKIEWWCZ, J.K., Superabsorbent materials from shellfish waste, *J. Biomed. Mater. Res.* 63 (3): (2002) 373-81.
2. BRUGGHIESSER, R., Bacterial and fungal absorption properties of hydrogel dressing with a superabsorbent polymer core, *J. Wound Care* (2005) 14 (9) 436-42.
3. CHEN, Y., and TAN, H.M., Crosslinked CM-chitosan-g-poly(acrylate acid) as a novel superabsorbent polymer, *Carbohydr. Res.* 344 (7): (2006) 887-96.
4. ZHANG, L.A., WANG, A., Utilization of starch and clay for the preparation of superabsorbent composite, *Bioresour. Technol.* 98 (2): (2007) 327-322.
5. DAVIS, L.C., NOVAIS, J.M., MORTON, D.S., Detoxification of olive mill waste water using superabsorbent polymer, *Environ. Technol.* 25(1): (2004) 89-100.
6. PAULINO, A.T., GUILLERMERME, REIS, A.V., COMPESSE, G.M., MUNIZ, E.Z., and NOZAKI, J., Removal of methylen blue dye from an aqueous media using

- superabsorbent hydrogel support on modified polysaccharide, *J. Colloid Interface. Sci.* 301 (1): (2006) 55-62.
7. FLORES, G., HERRAIS, M., RUIZ, D.M., Use of a superabsorbent polymer for the preconcentrated of volatile compound from complex matrices, *J. Sep. Sci.* 29 (17): (2006) 267-277.
 8. MURAT, M.O, VALENTINA, M.D., OGUZ, O., Preparation of macroporous poly (acrylamide) hydrogels in DMSO/water mixture at subzero temperature, *Polymer Bulletin*, 60 (2-3): 2008) 169-180.
 9. SEMA, E., YASEMIN, I., SARADYN, D., Poly (acrylamide)-sepiolite composite hydrogels. preparation, swelling and dye absorption properties, *Polymer Bulletin*, 57 (2): (2006) 231-241.
 10. KLASS, N., ANNEMIEK, M., and PACELLI, L.J.Z., Viscoelastic behaviour of partly hydrolyzed poly (acrylamide/Chromium (III) gels, *Rheologica Acta*, 42 (2003) 132-141.
 11. OMIDIAN, H., ROCCA, J.G., and PARK, K., Elastic superporous hydrogels hybrids of polyacrylamide and sodium alginate, *Macromol Biosci.* 6 (9): (2006) 703-10.
 12. ZENG, X., WEI, W., ZENG, J., and WU, L., Direct electrochemistry and electrocatalysis of hemoglobin entrapped in semi-interpenetrating polymer network hydrogel based on polyacrylamide and chitosan, *Bioelectrochemistry*, 71(2): (2007), 135-41.
 13. AKKAYA, R., and ULUSOY, U, Adsorptive features of chitosan entrapped in polyacrylamide hydrogel for Pb^{2+} , UO_2^{2+} and Th^{4+} , *J. Hazard Mater* 15 (2-3): (2008) 380-8.
 14. XIA, Y.Q., GUO, T.Y., SONG, M.D., ZHANG, B.H., and ZHANG, B.L. Hemoglobin recognition by imprinting in semi-interpenetrating polymer network hydrogel based on polyacrylamide and chitosan, *Biomacromolecules* 6 (5): (2005) 2601-6.
 15. TSUNG, H.Y., Recent applications of polyacrylamide as biomaterials, *Recent Patent on Materials Science I* (2008) 29-40.
 16. HAMID, J., NAGASH and OKAY, O., Formation and structure of polyacrylamide gels, *J. Applied Polymer Science* (1996) 971-979.
 17. EL-REHIM, H.A., Swelling of radiation crosslinked acrylamide-based microgels and their potential applications, *Radiation Physics and Chemistry* 74 (2005) 11-117.
 18. BUCHHOLZ, F.L., "Modern Superabsorbent Polymer Technology", Wiley -VCH, New York (1998) 190-191.
 19. ANONIM, "Farmakope Indonesia", Edisi IV, Jakarta, (1995) 1125-1205.

AKNAY B. and LILY B. ...

AKA ...

AKA ...

AKA ...

AKA ...

AKA ...

AKA ...

...

...

...

...

...

...

...