

PENGARUH TEKNIK BEKU LELEH DAN DOSIS IRADIASI GAMMA PADA PELEPASAN RESORSINOL DARI MATRIKS HIDROGEL POLIVINILALKOHOL

Erizal¹, Darmawan¹, Basril A.¹ dan Sudirman²

¹*Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Jakarta 12070*

²*Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15431, Tangerang Selatan
e-mail : izza3053@yahoo.com*

Diterima: 14 Mei 2012

Diperbaiki: 23 Agustus 2012

Disetujui: 4 Oktober 2012

ABSTRAK

PENGARUH TEKNIK BEKU LELEH DAN DOSIS IRADIASI GAMMA PADA PELEPASAN RESORSINOL DARI MATRIKS HIDROGEL POLIVINILALKOHOL. Hidrogel adalah polimer dengan struktur tiga dimensi memungkinkan zat bioaktif terimobilisasi di dalam matriksnya dan dimanfaatkan sebagai sistem obat lepas terkendali. Telah dilakukan imobilisasi resorsinol dalam hidrogel Poli Vinil Alkohol (PVA) dengan teknik kombinasi beku leleh (1 siklus hingga 3 siklus) dan iradiasi gamma (10 kGy hingga 30 kGy). Hidrogel dikarakterisasi dengan spektrofotometer *Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)*. Fraksi gel dan daya serap air ditentukan secara gravimetri, dan pelepasan resorsinol diukur dengan spektrofotometer *Ultraviolet-Visible (UV-Vis)*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa dengan meningkatnya siklus beku leleh hingga 3 siklus dan dosis iradiasi 30 kGy meningkatkan fraksi gel 95 %. Sebaliknya kemampuan daya serap air menurun dari 600 % ke 200 %, pola penurunan ini (kondisi yang sama) sesuai dengan penurunan kemampuan *release* resorsinol dari 88 % ke 59 %. Proses sistem beku leleh dan iradiasi selayaknya dapat dipertimbangkan sebagai salah satu sistem imobilisasi obat terkendali.

Kata kunci : PVA, Hidrogel, Resorcinol, Iradiasi, Beku leleh

ABSTRACT

EFFECT OF FREEZE THAWING TECHNIQUE AND GAMMA IRRADIATION TO RESORCINOL RELEASE FROM MATRIX OF POLYVINYL ALCOHOL. Hydrogels are polymers with three-dimensional structure that useful to immobilize drugs as sustained release system. Immobilization of resorcinol in the polyvinyl alcohol hydrogel (PVA) is prepared by combination of freeze thawing (1-3 cycles) and gamma irradiation (10-30 Gy). The chemical structure of hydrogels was characterized by Fourier Transform- Infra Red (FT-IR) spectrophotometer. Gel fraction and water absorption were measured by gravimetry. The release of resorcinol was determined by Ultraviolet-Visible (UV-Vis) spectrophotometer. The results of evaluation showed that by increasing the number freeze-thawing up to 3 cycles and irradiation dose to 30 kGy, the gel fraction can reach up 95 %. In contrast, the water absorption of hydrogels decreases from 600 % to 200 %, and the decreasing release profile of water absorption of hydrogels (at the same condition) was similar with the release profile of resorcinol from 88 % to 59%. The combination of freeze-thawing and gamma irradiation can be considered as one of the immobilization techniques for sustained drug release.

Keywords : PVA, Hydrogel, Resorcinol, Irradiation, Freezing thawing

PENDAHULUAN

Aplikasi biomaterial dalam bidang kesehatan, kedokteran dan farmasi untuk meningkatkan, memelihara ataupun memperbaiki kesehatan manusia, hingga saat ini berkembang dengan pesat. Biomaterial adalah suatu material yang digunakan sebagai perangkat medis dan

mampu berinteraksi dengan sistem biologis. Biomaterial dapat berasal dari alam maupun sintetik.

Biomaterial alam yang umum digunakan antara lain gelatin, alginat, kitin, kitosan dan karaginan [1-5]. Sementara itu, beberapa contoh biomaterial sintetik yang

dapat dijumpai di pasaran adalah polietilen, polipropilen dan poliakrilamida [6-8]. Berbagai jenis biomaterial sintetik digunakan sebagai bahan perekat medis serta penutup dan pelapis yang digunakan untuk berbagai tujuan. Salah satu penggunaan biomaterial adalah untuk produk obat yang dikembangkan untuk melepaskan obat pada suatu laju yang terkendali [9-11]. Produk obat pelepasan terkendali dirancang dengan tujuan terapi tertentu yang didasarkan atas sifat fisiko-kimia, farmakologi dan farmakokinetik obat. Produk-produk tersebut dibuat dengan memanfaatkan bahan plastik, elastomer dan hidrogel sebagai matriks pelepasan obat.

Hidrogel merupakan struktur tiga dimensi dari polimer hidrofilik yang berbentuk gel, mengembang dalam air dan media berair, serta mengadsorpsi air ke dalam strukturnya. Bahan yang umumnya dipakai dalam pembuatan hidrogel antara lain poli (2-hidroksi etil metakrilat) (PHEMA) dan poli(N-vinil-2-pirolidon) (PVP) [12,13]. Namun, penggunaan hidrogel tersebut terbatas dikarenakan kekuatan fisik dan daya absorpsi air yang relatif rendah. Polivinil alkohol (PVA) merupakan salah satu jenis hidrogel yang populer digunakan dalam berbagai bidang, seperti kimia, farmasi dan kesehatan [14-18]. Hal ini disebabkan karena PVA tidak toksis, non-karsinogenik dan memiliki biokompatibilitas tinggi.

Namun demikian, hidrogel PVA memiliki sifat mekanik yang rendah (rapuh) sehingga pemakaiannya terbatas. Agar hidrogel PVA dapat digunakan untuk bahan biomaterial, maka PVA harus berikatan silang membentuk struktur tiga dimensi yang memungkinkan zat-zat lain masuk ke dalam matriks PVA. Sehingga hidrogel PVA ini dapat digunakan untuk imobilisasi zat bioaktif antara lain enzim, sel dan obat. Oleh karena itu, untuk memperluas pemakaian hidrogel PVA tersebut perlu dilakukan modifikasi.

Proses modifikasi dapat berupa proses fisika dan kimia. Contoh proses fisika adalah beku leleh (*freeze and thawing*) dan proses kimia adalah reaksi adisi, pembentukan ikatan silang dan polimerisasi. Proses beku leleh relatif lebih aman dibandingkan metode lainnya karena tidak dibutuhkan katalisator dan inisiator dalam proses pembentukan ikatan silang. Namun demikian, penggunaan proses beku leleh tersebut menghasilkan sifat fisika yang kurang maksimal, karena ikatan silang yang terbentuk hanya secara fisika dalam struktur makromolekul, sehingga hidrogel PVA yang diperoleh relatif larut dalam air panas [19].

Pembentukan ikatan silang dari proses iradiasi relatif sama dengan proses beku leleh, yaitu tidak membutuhkan katalisator dan inisiator dalam pembentukan ikatan silang. Sifat fisik hidrogel yang dihasilkan dari proses iradiasi relatif lebih baik dibandingkan hasil beku leleh. Hal ini disebabkan pada proses iradiasi terbentuk ikatan silang secara kimia. Oleh karena itu, hidrogel hasil kombinasi beku leleh dan iradiasi diharapkan dapat meningkatkan kerapatan ikatan silang

sehingga diperoleh hidrogel PVA dengan sifat fisik yang lebih baik.

Resorsinol dipilih sebagai senyawa model dikarenakan aplikasi kliniknya yang luas antara lain digunakan untuk mengobati infeksi jamur di kulit, eksem, psoriasis dan dermatitis seboroik [20]. Oleh karena itu, jika resorsinol diimobilisasikan dalam matriks hidrogel PVA diharapkan dapat sebagai sistem obat terkendali yang ekonomis dalam pembalut luka. Selain itu, dilihat dari sifat khas yang dimiliki oleh hidrogel PVA yang kompatibel dengan tubuh, non karsinogenik dan non toksik.

Pengaruh beku leleh dan iradiasi, polimer PVA akan membentuk ikatan silang yang mirip dengan suatu jaringan (matriks) yang menyerupai pori, sehingga air dapat berdifusi ke dalam pori dan melepaskan zat yang terkandung didalam pori tersebut. Dengan demikian, dapat terlihat kemampuan dari hidrogel PVA dalam hal mengimobilisasi resorsinol untuk dimanfaatkan sebagai matriks pelepasan terkendali.

Berdasarkan dari hal tersebut diatas, maka dilakukan imobilisasi resorsinol dengan kombinasi beku leleh dan iradiasi. Imobilisasi resorsinol dilakukan dengan pencampuran secara langsung larutan obat ke dalam larutan PVA. Kemudian dibeku lelehkan (1 siklus hingga 3 siklus) yang terdiri dari proses pembekuan selama 16 jam pada suhu -15°C dan pelelehan pada suhu 25°C selama 8 jam. Selanjutnya campuran tersebut diiradiasi pada dosis radiasi 10 kGy, 20 kGy dan 30 kGy. Perubahan struktur kimia dari hidrogel PVA yang mengandung resorsinol dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)*. Fraksi gel dan daya serap terhadap air diuji secara gravimetri dan pelepasan resorsinol dalam media air suling dari hidrogel diukur dengan spektrofotometer *Ultraviolet-Visible (UV-Vis)*.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Polivinil alkohol (PVA) dengan derajat polimerisasi 72000 dan resorsinol buatan *Merck*, serta bahan kimia lainnya dengan kualitas pro analisis.

Alat

Iradiator ^{60}Co (Iradiator karet), oven (Hereaus Instrumen Vacuterm), *shacker incubator* (Kottermann Labortechnik, Jerman), *homogenizer* (Handolph), spektrofotometer *FT-IR* (Shimadzu Prestige-21) dan spektrofotometer *UV-Vis* (Genesys 2).

Sintesis Hidrogel

Mula-mula ditimbang kurang lebih 10 gram PVA, dimasukkan ke dalam botol berukuran 250 mL. Ke dalam

botol tersebut ditambahkan 100 mL air suling. Kemudian botol tersebut dimasukkan ke dalam autoklaf dan dipanaskan pada suhu 121°C selama 20 menit. Selanjutnya botol yang telah berisi larutan PVA dikeluarkan dari autoklaf, kemudian didinginkan pada suhu kamar (30 °C) lalu diaduk dengan *homogenizer* selama satu jam. Sebanyak 5 mL larutan PVA dimasukkan ke dalam cetakan plastik polipropilen ukuran (4 x 4) cm. Wadah yang berisi larutan PVA dibekukan dalam *freezer* yang bersuhu -15 °C selama 16 jam, kemudian dilelehkan pada suhu kamar 25 °C selama 8 jam.

Pembuatan matriks yang telah mengalami 1 kali pembekuan dan 1 kali pelelehan disebut dengan 1 siklus. Pembuatan matriks hidrogel PVA dilanjutkan untuk matriks yang mengalami 2 siklus. Matriks PVA 1 siklus dibekukan kembali ke dalam *freezer* yang bersuhu 15 °C selama 16 jam selanjutnya dilelehkan pada suhu kamar 25 °C selama 8 jam. Pembuatan matriks yang mengalami 2 kali pembekuan dan 2 kali pelelehan, disebut dengan 2 siklus. Pembuatan dilanjutkan kembali untuk matriks PVA 3 siklus. Matriks PVA yang telah mengalami 2 siklus dibekukan kembali ke dalam *freezer* yang bersuhu -15°C selama 16 jam selanjutnya dilelehkan pada suhu kamar 25 °C selama 8 jam. Pembuatan matriks yang mengalami 3 kali pembekuan dan 3 kali pelelehan, disebut dengan 3 siklus. Setelah dibeku lelehkan, matriks PVA diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10 kGy, 20 kGy dan 30 kGy dengan laju dosis 7 kGy/ jam dalam irradiator IRKA, PATIR-BATAN.

Analisis Spektrofotometer FT-IR

Hidrogel hasil iradiasi dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C dan ditimbang hingga bobot konstan. Kemudian digerus halus. Sejumlah serbuk dicampur dengan serbuk halus kalium bromida kering dan digerus hingga homogen, lalu dituangkan ke dalam cawan *stainless steel* khusus. Kemudian dibuat spektrum serapan cahaya infra merah pada bilangan gelombang 4000 cm⁻¹ hingga 400 cm⁻¹, menggunakan spektrofotometer *FT-IR* Shimadzu, Prestige-21, Jepang. Dengan cara yang sama dibuat spektrum serapan *FT-IR* PVA sebagai kontrol.

Penetapan Fraksi gel

Hidrogel hasil iradiasi dipotong atas tiga bagian kotak dengan ukuran (2 x 2 x 0,5) cm³, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C, lalu ditimbang hingga bobot konstan. Selanjutnya hidrogel dikemas dalam kawat kasa *stainless steel* ukuran 300 Mesh. Selanjutnya, kawat kasa yang mengandung hidrogel direndam dalam 50 mL air suling pada suhu 60 °C dalam *shaker incubator* dan digoyang dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam untuk menghilangkan zat-zat yang tidak bereaksi. Kemudian hidrogel dikeluarkan dari *shaker incubator* dan dikeringkan dalam oven 60 °C selama

24 jam, lalu ditimbang hingga bobot konstan. Fraksi gel dihitung dengan Persamaan (1) :

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

Dimana :

- W1 = Berat hidrogel kering setelah ekstraksi (g)
- W0 = Berat hidrogel kering awal

Penetapan Daya Serap Air Hidrogel

Hidrogel hasil iradiasi dipotong atas tiga bagian bentuk kotak dengan ukuran (2 x 2 x 0,5) cm³, dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C, lalu ditimbang hingga bobot konstan. Kemudian hidrogel direndam dalam 100 mL air suling pada suhu kamar (30 °C) setelah interval waktu 1 jam hidrogel dikeluarkan dari media perendaman. Air permukaan hidrogel dilap dengan kertas saring, selanjutnya hidrogel ditimbang kembali. Setelah itu, hidrogel direndam kembali ke dalam wadah yang sama untuk pengujian daya serap hidrogel terhadap air pada interval waktu 1 jam selanjutnya. Perlakuan yang sama dikerjakan untuk pengujian daya serap hidrogel dalam waktu interval 1 jam lainnya hingga lama waktu 8 jam. Air yang terserap pada hidrogel dihitung dengan Persamaan (2) :

$$\text{Air terserap} = \frac{W_2 - W_0}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- W0 = Berat hidrogel kering (g)
- W2 = Berat hidrogel basah (g)

Imobilisasi dan Uji Pelepasan Resorsinol dari Matriks Hidrogel PVA

Sejumlah lebih kurang 10 gram PVA ditimbang seksama, dimasukkan ke dalam botol berukuran 250 mL, dan ditambahkan air suling 100 mL. Kemudian campuran dimasukkan ke dalam autoklaf (121°C selama 20 menit). Selanjutnya, botol dikeluarkan dari autoklaf, didinginkan pada suhu kamar (25 °C) lalu diaduk dengan *homogenizer* selama 1 jam. Sejumlah 5 mL larutan PVA tersebut dimasukkan ke dalam cetakan plastik PP (polipropilen) dengan ukuran (4 x 4) cm, kemudian ditambahkan resorsinol 50 mg, lalu diaduk hingga homogen. Selanjutnya dibekukan dalam *freezer* (-15 °C) selama 16 jam, kemudian dilelehkan (*thawing*) pada suhu kamar (25 °C) selama 8 jam. Proses ini dilakukan dengan variasi beku leleh (1 siklus, 2 siklus dan 3 siklus).

Campuran yang telah dibeku lelehkan, kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10 kGy, 20 kGy dan 30 kGy dengan laju dosis 7 kGy/ jam. Hidrogel yang dihasilkan dari proses tersebut dimasukkan ke dalam wadah gelas plastik yang telah berisi 100 mL air

suling pada suhu 37 °C, kemudian dimasukkan ke dalam *shaker incubator* dengan kecepatan goyangan 100 rpm pada interval waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam dan 24 jam. Sejumlah 10 mL sampel dipipet dan diambil pada tempat yang sama. Pada setiap pengambilan sampel ditambahkan kembali medium dalam jumlah yang sama dengan yang diambil. Dilakukan pengujian untuk waktu pengambilan berikutnya. Larutan sampel tersebut ditetapkan serapannya dengan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 235 nm.

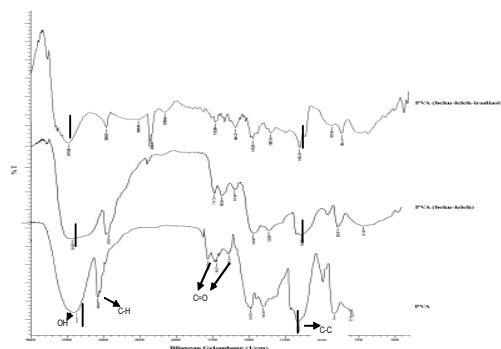
HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum *FT-IR*

Spektrum *FT-IR* hidrogel PVA, hidrogel PVA hasil beku-leleh dan hidrogel PVA hasil kombinasi beku leleh iradiasi disajikan pada Gambar 1. Spektrum hidrogel PVA dicirikan dengan puncak gugus C-C (1087 cm⁻¹), C-O-H (1415 cm⁻¹ dan 1375 cm⁻¹), C=O (1712 cm⁻¹ dan 1568 cm⁻¹), C-H (2940 cm⁻¹) dan gugus OH (3280 cm⁻¹). Jika puncak spektrum hidrogel PVA dibandingkan puncak spektrum hidrogel PVA hasil beku leleh, terlihat bahwa puncak spektrum gugus OH pada hidrogel PVA hasil beku leleh melebar dan bergeser ke daerah bilangan gelombang 3410 cm⁻¹ disertai pergeseran gugus fungsi C-C pada bilangan gelombang 1103 cm⁻¹.

Hal ini menunjukkan bahwa beku leleh menyebabkan meningkatnya ikatan hidrogen dalam hidrogel. Selain itu, jika spektrum hidrogel PVA hasil beku leleh dibandingkan spektrum hidrogel PVA hasil kombinasi beku leleh dan iradiasi, terlihat bahwa terjadi pergeseran puncak gugus OH ke daerah panjang gelombang 3478 cm⁻¹ disertai mengecilnya gugus fungsi C-C pada bilangan gelombang 1087 cm⁻¹. Absorpsi pada puncak bilangan gelombang 1087 cm⁻¹ gugus fungsi C-C mewakili tingkat kristalinitas dari PVA [22].

Hal ini mengindikasikan bahwa iradiasi menyebabkan terjadinya ikatan silang meningkat dalam hidrogel setelah diperlakukan proses beku leleh dan diduga kuat iradiasi mempengaruhi tingkat kristalinitas dari hidrogel PVA beku leleh.



Gambar 1. Spektrum *FT-IR* hidrogel PVA, hidrogel PVA hasil beku leleh dan hidrogel PVA hasil beku leleh dan iradiasi

Tabel 1. Rerata fraksi gel hidrogel PVA hasil beku leleh yang dikombinasikan dengan iradiasi pada pengujian hingga 3 siklus.

Siklus ke-	Fraksi gel (%)			
	0 kGy	10 kGy	20 kGy	30 kGy
1	84.10	83.14	88.50	92.99
2	86.43	86.21	90.22	93.71
3	87.37	88.14	92.69	94.99

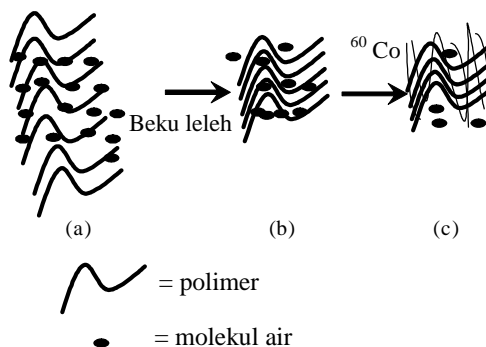
Pengaruh Beku Leleh dan Iradiasi Terhadap Fraksi Gel

Pengaruh jumlah siklus dan dosis iradiasi terhadap fraksi gel hidrogel PVA disajikan pada Tabel 1. Terlihat bahwa dengan meningkatnya siklus beku leleh disertai meningkatnya dosis iradiasi, fraksi gel hidrogel PVA meningkat secara signifikan dari 84,10 % pada siklus ke-1 dengan dosis iradiasi 0 kGy dan mencapai nilai maksimum 94,99 % pada pengujian siklus ke-3 dengan dosis iradiasi 30 kGy.

Fraksi gel dari hidrogel PVA dipengaruhi oleh berat molekulnya. Meningkatnya berat molekul PVA dan siklus beku leleh akan meningkatkan fraksi gel hidrogel PVA. Fraksi gel yang diperolehnya adalah berkisar 68 %, 80 % hingga 87 %, 70 %. pada proses beku leleh hidrogel PVA yang dilakukan dengan 3 siklus pada suhu beku -25 °C dan suhu leleh 25 °C dalam variasi berat molekul PVA 88.000 hingga 145.000.

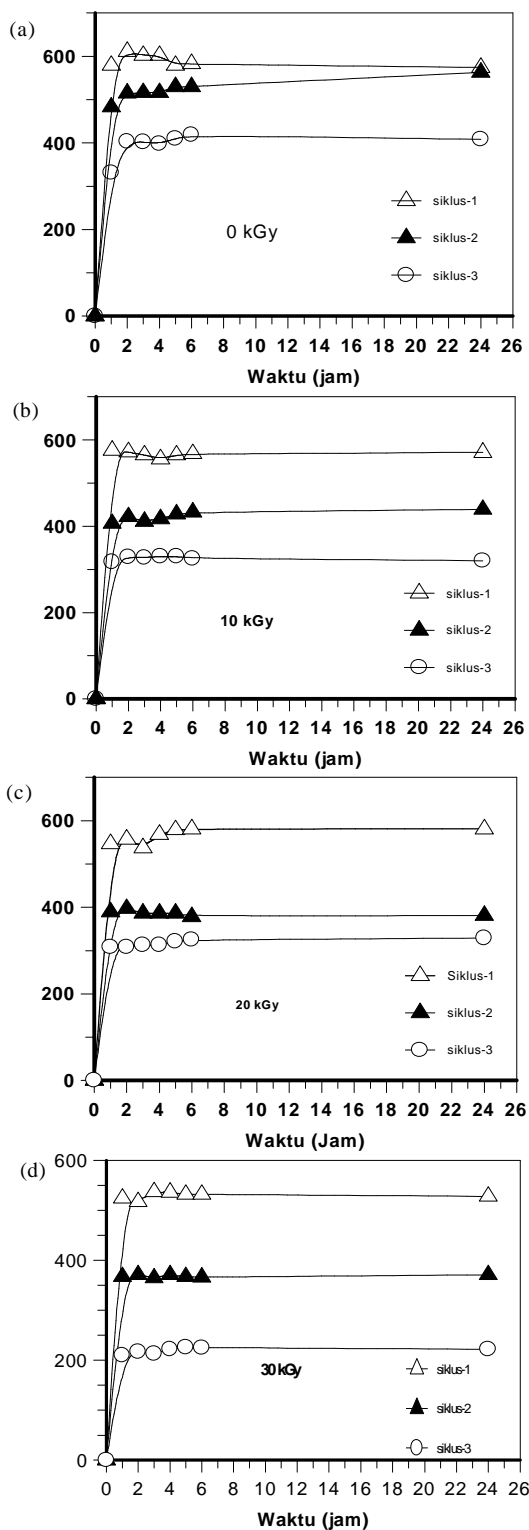
Proses beku leleh yang dikombinasikan dengan iradiasi mengindikasikan bahwa iradiasi dapat membantu menaikkan fraksi gel dari hidrogel pada proses beku leleh. Meningkatnya siklus proses beku leleh akan menyebabkan densitas dari makromolekul hidrogel meningkat. Hal ini dikarenakan fraksi gel hidrogel PVA meningkat dengan meningkatnya siklus beku leleh dan iradiasi menyebabkan derajat ikatan silang meningkat. Mekanisme meningkatnya densitas makromolekul diperlihatkan pada Gambar 2.

Mekanisme proses pembentukan hidrogel PVA beku leleh dapat dijelaskan pada Gambar 2. Dari Gambar 2(a) menunjukkan molekul-molekul larutan PVA dalam air yang terpisah satu dengan lainnya. Proses beku leleh dari molekul PVA, merapat satu dengan lainnya



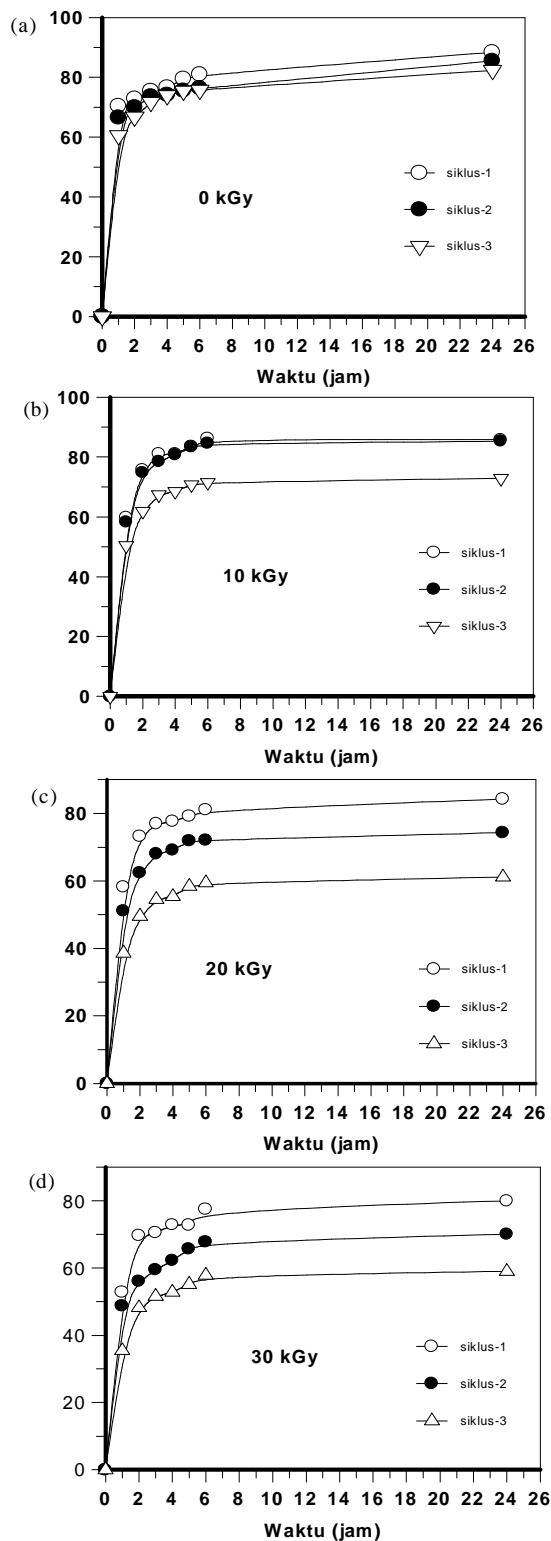
Gambar 2. Mekanisme peningkatan densitas molekul polimer dan ikatan silang polimer dalam proses kombinasi beku-leleh dan iradiasi.

Pengaruh Teknik Beku Leleh dan Dosis Iradiasi Gamma pada Pelepasan Resorsinol dari Matriks Hidrogel Polivinilalkohol (Erizal)



Gambar 3. Hubungan daya serap air hidrogel PVA hasil kombinasi beku leleh (1 siklus hingga 3 siklus) dan iradiasi (0 kGy hingga 30 kGy) terhadap pengaruh waktu perendaman.

membentuk padatan yang berikatan silang secara fisika, seperti diperlihatkan pada Gambar 2(b). Kemudian pada proses iradiasi molekul-molekul PVA padat membentuk hidrogel berikatan silang secara kimia, seperti diperlihatkan pada Gambar 2(c).



Gambar 4. Pengaruh waktu perendaman terhadap jumlah kumulatif resorsinol yang dilepaskan matriks hidrogel PVA hasil kombinasi beku-leleh (1 siklus hingga 3 siklus) dan dosis iradiasi gamma (10 kGy hingga 30 kGy).

Pengaruh Beku Leleh dan Dosis Iradiasi Terhadap Daya Serap Air

Pengaruh beku leleh (1 siklus hingga 3 siklus) yang dilanjutkan dengan iradiasi gamma (0 kGy

hingga 30 kGy) pada sintesis hidrogel PVA terhadap kemampuan daya serap airnya disajikan pada Gambar 3(a), Gambar 3(b), Gambar 3(c) dan Gambar 3(d). Terlihat bahwa kemampuan daya serap air hidrogel PVA variatif yang dihasilkan dari proses beku leleh (1 siklus hingga 3 siklus) tanpa dilanjutkan proses iradiasi gamma. Meningkatnya siklus beku leleh dari 1 siklus hingga 3 siklus menyebabkan kemampuan daya serap air hidrogel PVA menurun dari 600 % (diukur pada 2 jam pertama) menjadi 450 % (siklus ke-2) dan 400 % (siklus ke-3).

Jika hidrogel PVA hasil beku leleh tersebut dilanjutkan dengan proses iradiasi pada dosis 10 kGy, maka akan dihasilkan hidrogel PVA dengan kapasitas daya serap air yang relatif kecil dibandingkan hidrogel hanya diperlakukan beku leleh, seperti ditunjukkan pada Gambar 3(b). Pada kombinasi beku leleh dan iradiasi 10 kGy, terlihat bahwa tidak terjadi penurunan daya serap air yang signifikan hingga proses beku leleh 3 siklus. Meningkatnya dosis iradiasi dari 20 kGy hingga 30 kGy hasil proses beku leleh hingga 3 siklus mengakibatkan daya serap air hidrogel PVA menurun secara signifikan khususnya pada dosis 30 kGy dengan urutan 1 siklus mencapai 500 %, 2 siklus mencapai 300 % dan 3 siklus mencapai 300 %. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan perlakuan iradiasi pada sintesis hidrogel menggunakan teknik beku leleh dapat meningkatkan kerapatan ikatan silang dalam matriks hidrogel PVA.

Pengaruh Beku Leleh dan Dosis Iradiasi Terhadap Release Resorsinol

Pengaruh beku leleh (1 siklus hingga 3 siklus) dan dosis iradiasi (0 kGy hingga 30 kGy) pada kemampuan hidrogel PVA merelease resorsinol disajikan secara berturut-turut pada Gambar 4(a), Gambar 4(b), Gambar 4(c) dan Gambar 4(d). Terlihat bahwa release resorsinol berkisar 80 % dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan siklus satu dengan lainnya dari hidrogel PVA yang disintesis berdasarkan hanya proses beku leleh seperti diperlihatkan pada Gambar 4(a).

Perlakuan iradiasi dengan dosis 10 kGy pada hidrogel mengandung resorsinol yang diperlakukan beku leleh hingga 3 siklus disajikan pada Gambar 4(b). Terlihat bahwa terjadi penurunan persen resorsinol yang di release khususnya pada kombinasi beku leleh 3 siklus dan iradiasi 10 kGy yang mencapai 70 %, sedangkan kombinasi beku leleh dan iradiasi persentase release resorsinol lainnya sama halnya dengan hanya perlakuan beku leleh tanpa iradiasi.

Perlakuan iradiasi dengan dosis 20 kGy pada hidrogel mengandung resorsinol yang diperlakukan beku leleh hingga 3 siklus disajikan pada Gambar 4(c). Terlihat bahwa terjadi penurunan persen resorsinol yang di release pada kombinasi beku leleh 3 siklus dan iradiasi

10 kGy yang mencapai 60 %, sedangkan kombinasi beku leleh dan iradiasi persentase release resorsinol lainnya sama halnya dengan hanya perlakuan beku leleh tanpa iradiasi.

KESIMPULAN

Resorsinol dapat diimobilisasi dalam matriks hidrogel PVA dengan menggunakan teknik kombinasi beku leleh dan iradiasi. Meningkatnya siklus beku leleh yang selanjutnya dikombinasikan dengan iradiasi pada sintesis hidrogel PVA menyebabkan meningkatnya fraksi gel hidrogel PVA disertai menurunnya kemampuan menyerap air. Oleh karena itu, teknik beku leleh yang dikombinasikan dengan iradiasi gamma pada dasarnya adalah pengontrolan ikatan silang dalam matriks hidrogel PVA. Sebagai akibat dari kombinasi beku leleh dan iradiasi pada imobilisasi resorsinol adalah pola profil pelepasan resorsinol mengikuti kondisi perlakuan kombinasi beku leleh dan iradiasi. Semakin besar jumlah siklus perlakuan beku-leleh dan tingginya dosis iradiasi yang dipakai dalam imobilisasi resorsinol akan dihasilkan pelepasan resorsinol yang rendah dikarenakan meningkatnya ikatan silang dalam hidrogel menyebabkan sukarnya difusi air untuk mendorong resorsinol dari matriks atau sebaliknya.

Kombinasi beku leleh dan diradiasi pada imobilisasi resorsinol dapat dipertimbangkan sebagai salah satu teknik pelepasan obat terkendali dengan spektrum profil yang luas. Dengan demikian dapatlah diatur jumlah obat yang dikehendaki lepas dari matriks dalam rentang waktu tertentu dengan mengatur jumlah siklus dan dosis iradiasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan di fasilitas irradiator IRKA yang telah membantu iradiasi sampel hingga penelitian ini selesai.

DAFTAR ACUAN

- [1]. X. ZHAO, K. KATO, Y. FUKUMOTO, K. NAKAMAE, *Int. J. Adhesion and Adhesive*, **21** (2001) 227
- [2]. T. WANG, X. K. ZHU, X. T. XUE, D. Y. WU, *Carbohydrate Polym.*, **88** (1) (2012) 75-83
- [3]. ERIZAL, Z. ABIDIN, *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, **7** (1) (2011) 21-28
- [4]. M. D. GADES, *Obes. Res.*, **11** (5) (2003) 6383-688
- [5]. Z. MAOLIN, H. HONGFEI, F. YOSHII, *Radiat. Phys. Chem.*, **57** (2000) 459-464
- [6]. C. SHEN, Q. MENG, G. ZHANG, *Journal of Membrane Science*, **369** (2011) 474-481
- [7]. H.T. DENG, Z. K. XU, W. DAI, ZHENG, WU, J., P. SETA, *Enzyme and Microbial Technology*, **36** (2005) 996-1002
- [8]. ERIZAL, *Indonesian Journal of Chemistry*, **9** (1) (2010)

- [9]. R. T. SWASONO, ERIZAL, HENDRIYANTO, *Jurnal Sains dan Teknologi Nukir Indonesia*, **VIII** (1) (2007) 1
- [10]. ERIZAL, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **Edisi Khusus Oktober** (2006) 124-128
- [11]. ERIZAL, S. P. DEWI, A. SUDRAJAT, *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, **8** (2) (2009) 177
- [12]. C. B. LOMBELLO, S. M. MALMONGE, M. I. F WADA, *J. of Mat. Scie., Materials in Medicine*, **11** (2000) 541-546
- [13]. Z. MAOLIN, H. HONGFEI, F. YOSHII, *Radiat. Phys.Chem.*, **57** (2000) 459-464
- [14]. ERIZAL, Z. ABIDIN, *Jurnal aplikasi Isotop dan Radiasi*, **7** (2011) 21-28
- [15]. C. AMITA, A. K. J. BAJPAJ, S. S. SHANDU, J. NIKITA, J. BISWAS, *Carbohydrate Polymers*, **83** (2011) 876-882
- [16]. S. HUA, H. MA, H. YANG, A. WANG, *Int. J. Biological Macromol.*, **46** (2010) 517-523
- [17]. J. STASKO, M. KALNINS, DZENE, V. TUPURENA, *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences*, **58** (2009) 63-66
- [18]. Z. MAOLIN, H. HONGFEI, F. YOSHII, T. KUME, K. HASHIM, *Carbohydrate Polymers*, **50** (2002) 259-303
- [19]. V. G. KADAJI, G. V. BERAGETI, *Polymers*, **3** (2011) 1972-2009
- [20]. J. STASKO, M. KALNINS, A. DZENE, TUPUREINA, *Proceedings of the Estoniae Academy of Sciences*, **58** (2009) 63-5
- [21]. M. HASSAN, J.H. WARD, N. A. PEPPAS, *Polymer*, **41** (2006) 6729-6739