

Hidrogel Film Polyethylene Oxide (PEO)-Polypropylene Glycol Dimetacrylate (PPGDMA) untuk Aplikasi Pembedahan Luka

Haryanto dan Anissa Nur Aini

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. Raya Dukuwaluh, PO BOX 202 Purwokerto 53182

E-mail: harymsl@gmail.com

Received: 2-Apr-2017 Revised: 2-Mei-2017 Accepted: 29-Mei-2017

ABSTRAK

Hidrogel Film Polyethylene Oxide (PEO)-Polypropylene Glycol Dimetacrylate (PPGDMA) untuk Aplikasi Pembedahan Luka. Hidrogel adalah material baru yang digunakan secara luas untuk aplikasi medis, farmasi dan obat-obatan karena memiliki kemampuan menyerap dan menahan air. Pada penelitian ini, hidrogel film dibuat menggunakan bahan baku *polyethylene oxide* (PEO) dan *polypropylene glycol dimetacrylate* (PPGDMA) melalui proses *crosslinking* secara permanen, yaitu menggunakan radiasi *electron beam* untuk aplikasi pembedahan luka. Berbagai rasio PPGDMA/PEO (0:100; 5:100; 10:100; 15:100 dan 20:100) diradiasi dengan *electron beam* untuk mendapatkan kondisi optimum. Kandungan PPGDMA mempengaruhi fraksi gel, rasio *swelling*, sifat mekanis, dan kecepatan transmisi uap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan PPGDMA dalam larutan PPGDMA/PEO, rasio *swelling* akan semakin turun dan mencapai nilai terendah sebesar 300% pada kandungan 20% PPGDMA. Kecepatan transmisi uap air juga mengalami sedikit penurunan dari 55 g/m²jam pada 0% PPGDMA menjadi 35 g/m²jam pada 20% PPGDMA. Di sisi lain, fraksi gel dan kuat tarik sedikit mengalami kenaikan dengan nilai optimum masing-masing sebesar 79% dan 5,8 N/mm² pada 10% PPGDMA.

Kata Kunci: hidrogel, PEO, PPGDMA, *electron beam*, pembedahan luka

ABSTRACT

Hydrogel Film Polyethylene Oxide (PEO)-Polypropylene Glycol Dimetacrylate (PPGDMA) for Wound Dressing Application. Hydrogel is a new material that widely used for applications in medical, pharmaceutical and medicinal drugs because of the ability to absorb and hold water. In this study, hydrogel film was made using raw material of polyethylene oxide (PEO) and polypropylene glycol dimetacrylate (PPGDMA) through the permanent crosslinking using electron beam radiation for wound dressing applications. A various ratio of PPGDMA/PEO films (0:100; 5:100; 10:100; 15:100 and 20:100) were irradiated with electron beam to get the optimum conditions. PPGDMA content affects the gel

fraction, swelling ratio, mechanical properties, and water vapor transmission rate. The results showed that the more the content of PPGDMA in solution PPGDMA/PEO, swelling ratio will be lower and reached the lowest value of 300% on content of 20% PPGDMA. Water vapor transmission rate also decreased from 55 g/m²jam for 0% PPGDMA to 35 g/m²jam for 20% PPGDMA. On the other hand, gel fraction and tensile strength slightly increased with the optimum values at 79% and 5.8 N/mm², respectively at 10% PPGDMA.

Keywords: hydrogel, PEO, PPGDMA, electron beam, wound dressing

PENDAHULUAN

Polimer hidrogel termasuk salah satu material polimer yang relatif masih baru dan banyak digunakan pada berbagai bidang khususnya untuk aplikasi biomedis, farmasi, obat-obatan dan pertanian. Selama lebih dari puluhan tahun, hidrogel telah digunakan pada berbagai aplikasi medis seperti pengantar obat, pembawa sel, pembalut luka, rekayasa jaringan, kontak lensa, bahan anti lengket dan benang jahit yang dapat terserap seperti pada praktek klinik lainnya. Hidrogel mempunyai kemampuan menyerap air dan menahannya dari puluhan persen sampai ribuan persen dari berat keringnya didalam ruang antara rantai polimer. Hidrogel bisa stabil secara kimia dan bisa juga terdegradasi [1-4].

Pembalut luka umumnya dipakai untuk mempercepat proses penyembuhan luka dan menciptakan kondisi yang lebih baik untuk penyembuhan. Terdapat tiga jenis bahan utama pembalut luka yang sering digunakan didalam dunia medis yaitu semipermeabel film, hidrokoloid dan hidrogel. Pembalut luka yang berasal dari bahan semipermeabel film (*polyurethane*) umumnya terasa sakit pada saat dilepas dari kulit yang terluka, sedangkan pembalut luka yang berasal dari hidrokoloid (gelatin, cmc) biasanya menimbulkan bau yang tidak sedap [5]. Pembalut luka seharusnya mudah untuk digunakan, tidak menimbulkan rasa sakit pada saat dilepas dari luka dan lebih sedikit membutuhkan pergantian pembalut pada saat pemakaian [6]. Polimer hidrogel merupakan jenis pembalut luka yang ideal karena mampu memfasilitasi penghilangan jaringan yang telah rusak atau bahkan telah mati secara mandiri untuk meningkatkan potensi penyembuhan luka (*autolytic debridement of necrosis*) serta mampu menyerap cairan luka. Namun demikian hidrogel memiliki kelemahan, yaitu mudah hancur dan kekuatan mekaniknya sangat rendah [7].

Penelitian tentang pembuatan pembalut luka dari polimer *polyethylene oxide* (PEO) dan *polyethylene glycol diacrylate* telah dilakukan oleh peneliti [8]. Metode *crosslinking* dengan menggunakan iradiasi *electron beam* memberikan tingkat *crosslinking* yang cukup tinggi dengan ditandai besarnya

fraksi gel yang diperoleh, yaitu sebesar 78%. Kekuatan mekanik yang dihasilkan baru mencapai 0,4 MPa.

Untuk itu pada penelitian ini dikaji pengembangan polimer hidrogel khususnya hidrogel film sebagai bahan peralut luka yang memiliki karakteristik dan kuat mekanik yang lebih baik dengan cara menambahkan PPGDMA kedalam larutan PEO murni pada proses pembuatan hidrogel film.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Pembuatan hidrogel film ini menggunakan bahan utama PEO (Sigma Aldrich) dengan berat molekul rata rata 600.000 Mv. Untuk *crosslinker* digunakan *Polypropylene glikol dimetacryalte* (PPGDMA, Sigma Aldrich). Penelitian ini menggunakan pelarut air yang dapat melarutkan kedua bahan diatas serta relatif aman untuk keperluan apliasi dalam dunia kesehatan.

Adapun alat-alat utama yang dipakai dalam percobaan ini adalah Atmosferik Oven yang digunakan untuk menguapkan pelarut untuk mendapatkan hidrogel dalam bentuk film. Pembuatan *crosslinked* film menggunakan *electron beam irradiator* 10 A, 250 Kev (Batan Yogyakarta). Pengujian kuat tarik menggunakan Universal Tensile test Machine (Taiwan UTM).

Pembuatan Crosslinked Hidrogel dengan Radiasi Electron Beam

Larutan PEO dengan konsentrasi 5% dibuat dengan melakukan pengadukan pada suhu kamar selama 24 jam. Komposisi PPGDMA/PEO terdiri dari 0:100; 5:100; 10:100; 15:100; 20:100. Lalu sejumlah tertentu larutan dituangkan ke dalam petri disk dan dikeringkan di oven pada suhu 55°C selama 24 jam untuk mendapatkan film kering dengan ketebalan 0,3 mm. Film PPGDMA/PEO dari berbagai komposisi yang telah kering dibungkus dengan plastik dan selanjutnya diradiasi menggunakan *electron beam* dengan intensitas 300 kGy.

Penentuan Fraksi Gel

Hidrogel yang telah diradiasi dengan ukuran tertentu ditimbang dan dimasukkan ke dalam air suling pada suhu 50°C selama 24 jam untuk mengeluarkan bagian yang dapat terlarut. Gel tidak terlarut yang didapatkan lalu dikeringkan di oven pada suhu 50°C selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering yang konstan. Fraksi gel ditentukan dari rasio berat antara gel kering yang tidak terlarut dan berat awal hidrogel.

$$\text{Fraksi gel} = (Wc/Wo) \times 100 [\%] \quad (1)$$

dimana W_c dan W_o adalah berat gel kering tidak terlarut dan berat awal hidrogel kering [9].

Penentuan Rasio Swelling (RS)

Hidrogel yang telah diradiasi dengan berat tertentu (1 x 1 cm) dimasukkan ke dalam aquadest pada suhu kamar. Gel yang telah menyerap air diukur beratnya pada waktu tertentu setelah dikeluarkan sisa airnya pada permukaannya menggunakan kertas filter. Hal ini dilakukan terus sampai tidak ada lagi kenaikan berat. RS diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$RS = W_t/W_o \times 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

dimana W_t dan W_o adalah berat gel yang telah mengembang pada waktu t dan berat film kering [7].

Penentuan Kecepatan Transmisi Uap Air

Kecepatan transmisi uap air (*water vapor transmission rate/WVTR*) diukur dengan pengulangan tiga kali menggunakan metode standar ASTM E96. Film kering berbentuk bulat dengan diameter 7 cm ditaruh diatas gelas yang berisi 50g CaCl_2 dan ditempatkan pada inkubator dengan humiditas 90% pada 40°C . WVTR ($\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$) dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$WVTR = ((W_2 - W_1)/S) \quad (3)$$

dimana W_1 dan W_2 adalah berat seluruh gelas pada jam pertama dan jam kedua serta S adalah luas daerah transmisi [10,11].

Pengukuran Kuat Tarik

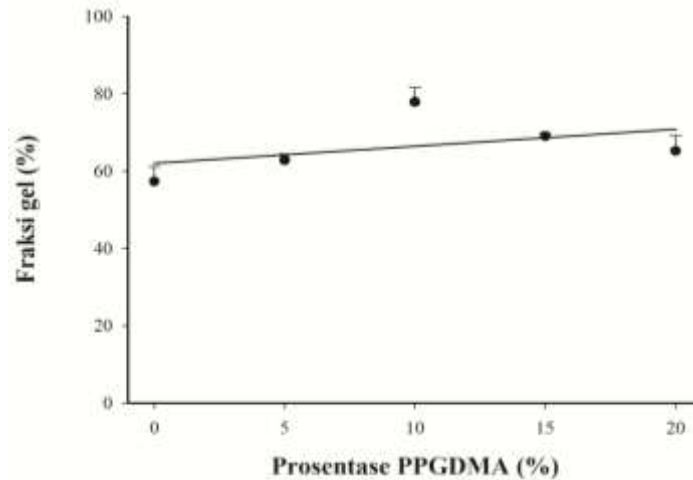
Kuat tarik dari PPGDMA/PEO film diukur menggunakan alat *Universal Tensile Test Machine* (Taiwan UTM) berdasarkan metode ASTM D882. Hidrogel film dipotong berbentuk dumbbell dan diukur sebanyak 3 specimen untuk setiap sampel dengan kecepatan tarikan yang konstan sebesar 10 mm/menit pada suhu kamar [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Prosentase PPGDMA terhadap Fraksi Gel dan Rasio Swelling

Sejumlah kecil PPGDMA ditambahkan ke dalam larutan PEO untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari hidrogel. Grafik 1 menunjukkan bahwa

fraksi gel dari PPGDMA/PEO hidrogel meningkat secara perlahan dengan meningkatnya persentasi berat PPGDMA di dalam campuran.



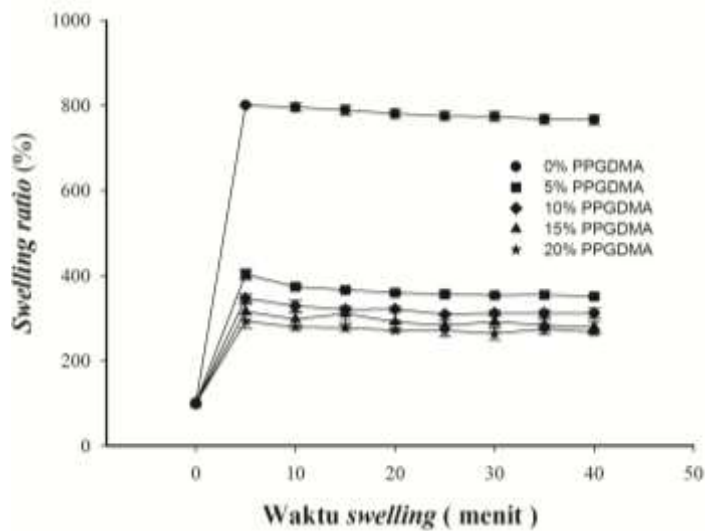
Gambar 1. Prosentase fraksi gel terhadap prosentase PPGDMA

Swelling ratio dari PPGDMA/PEO hidrogel film dengan berbagai komposisi sebagai fungsi dari waktu diperlihatkan pada Gambar 2 dan 3. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa hampir semua hidrogel film menyerap air dengan sangat cepat dan mencapai kesetimbangan dalam waktu 5 menit. *Swelling ratio* menurun dengan naiknya prosentase PPGDMA. Keseimbangan *swelling ratio* menurun dari 800% pada 0% PPGDMA menjadi kurang dari 300% pada 20% PPGDMA. Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi prosentase PPGDMA dapat menurunkan kapasitas penyerapan air dari hidrogel. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya *crosslinking* dari PPGDMA bersama dengan radikal bebas pada jaringan utama PEO melalui polimerisasi radikal bebas. Lebih jauh lagi PPGDMA juga telah mendorong terjadinya reaksi *crosslinking* pada PPGDMA/PEO film. Hal ini disebabkan terjadinya penurunan viskositas yang dapat mendorong reaksi kopling pada senyawa radikal sebelum senyawa radikal berubah menjadi tidak aktif.

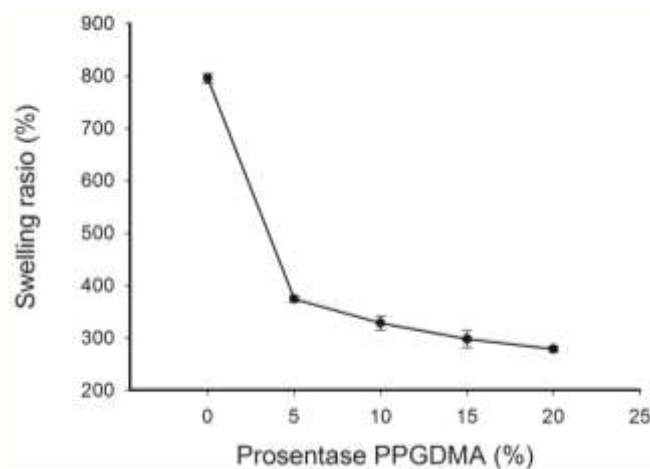
Pengaruh Prosentase PPGDMA terhadap Kecepatan Transmisi Uap Air

Pengaruh kandungan PPGDMA terhadap kecepatan transmisi uap air hidrogel ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar ini menunjukkan bahwa penambahan komposisi PPGDMA trend yang berubah ubah yaitu pada penambahan awal mengalami penurunan, tetapi kemudian terjadi peningkatan dan selanjutnya terjadi penurunan lagi. Berdasarkan data yang diperoleh, kecepatan rata rata transmisi uap air adalah sekitar 45 g/m²jam

untuk berbagai prosentase PPGDMA. Pembalut luka yang ideal memiliki nilai kecepatan transmisi uap air yang sama atau lebih besar dari 11,6 g/m²jam [8]. Jika kecepatan transmisi uap air terlalu tinggi, luka dapat mengering dengan cepat, dan menghasilkan bekas luka. Sebaliknya, jika nilai kecepatan transmisi uap air terlalu rendah maka dapat mengakibatkan adanya akumulasi cairan luka yang menyebabkan proses penyembuhan menjadi terhambat dan memungkinkan resiko pertumbuhan bakteri. Penggunaan pembalut luka yang ideal diketahui untuk mengontrol proses penguapan air dari luka pada kecepatan yang optimum.

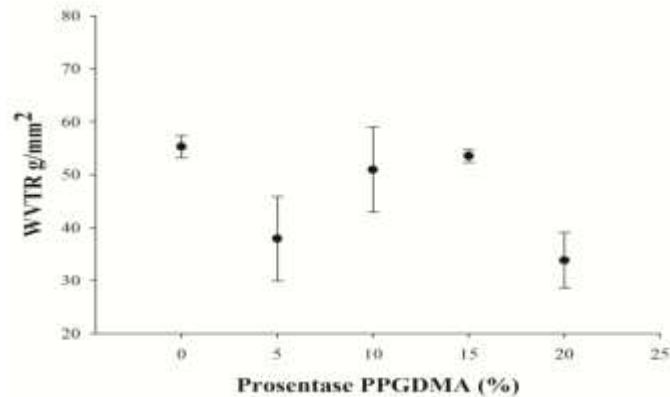


Gambar 2. Swelling ratio selama 40 menit pada berbagai prosentase PPGDMA



Gambar 3. Swelling rasio pada 10 menit pada berbagai prosentase PPGDMA

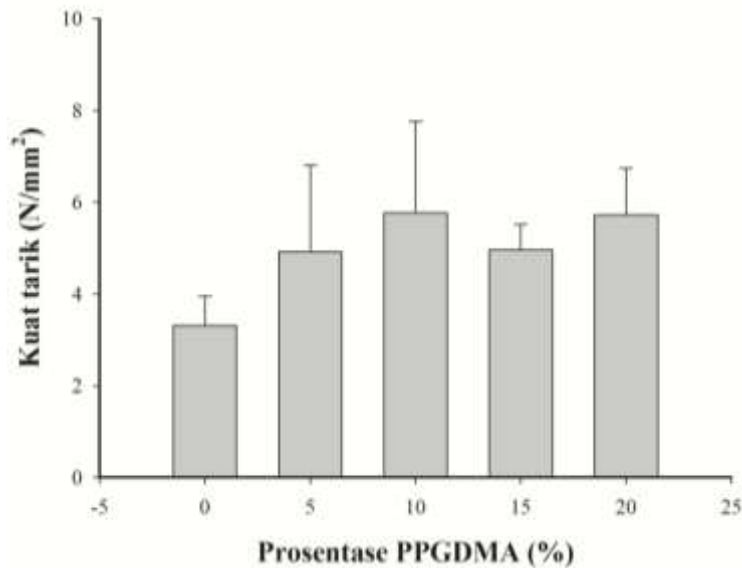
Hidrogel Film Polyethylene Oxide (PEO)-Polypropylene Glycol Dimetacrylate (PPGDMA) untuk Aplikasi Pembalut Luka (Haryanto)



Gambar 4. Kecepatan transmisi uap air pada berbagai prosentase PPGDMA

Pengaruh Prosentase PPGDMA terhadap Kuat Mekanik Hidrogel Film

Kuat tarik dari PPGDMA/PEO hidrogel film sebagai fungsi dari kandungan PPGDMA ditunjukkan pada Gambar 5. Dari grafik dapat dilihat bahwa kuat tarik hidrogel film meningkat dengan meningkatnya kandungan PPGDMA dan mencapai kuat tarik maksimum pada 10% PPGDMA, yaitu sebesar 5,8 N/mm². Hal ini disebabkan karena meningkatnya densitas *crosslinking* hidrogel film. Nilai kuat tarik pada komposisi tersebut lebih besar dari penelitian sebelumnya, yaitu sebesar 0,4 MPa [8].



Gambar 5. Kuat tarik hidrogel pada berbagai prosentase PPGDMA

KESIMPULAN

Hidrogel film PPGDMA/PEO telah dapat dibuat dengan *crosslinking* menggunakan metode iradiasi *electron beam*. Hidrogel film ini *non toxic* karena dalam pembuatannya tidak menggunakan inisiator yang biasanya mengandung zat *toxic*, sehingga film yang terbentukpun biasanya bersifat *toxic*. Kandungan PPGDMA mempengaruhi karakteristik dari hidrogel film yang terbentuk. Semakin tinggi kandungan PPGDMA, fraksi gel dan kuat tarik meningkat secara perlahan, sedangkan *swelling ratio* justru semakin berkurang. Di sisi lain, pengaruh penambahan PPGDMA terhadap kecepatan transmisi uap air terlihat tidak konstan, tetapi rata rata kecepatan transmisi uap air masih masuk kategori ideal, yaitu sebesar 45 g/m²jam. Hasil penelitian ini telah membuktikan bahwa penambahan PPGDMA pada hidrogel film dapat meningkatkan kuat mekanik hidrogel film sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai pembalut luka tanpa mengalami kerusakan pada saat digunakan untuk proses penyembuhan luka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih terutama kami sampaikan kepada pemberi dana yaitu pemerintah khususnya Kemenristekdikti yang telah mendanai program penelitian ini melalui skema pendanaan untuk program penelitian produk terapan. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada para mahasiswa laboratorium polimer yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wang M, Xu L, Hu H, Zhai M, Peng J, Nho Y, Li J, Wei G. Radiation synthesis of PVP/CMC hydrogels as wound dressing. Nucl Instrum Methods Phys Res 2007;265:385-9.
- [2]. Hennink WE, Van Nostrum CF. Novel crosslinking methods to design hydrogels. Adv Drug Deliv Rev 2002;54:13-36.
- [3]. Kamoun EA, Kenawy ES, Chen X. A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings. J Adv Res 2017;8:217-33.
- [4]. Hu X, Lu L, Xu C, Li X. Mechanically tough biomacromolecular IPN hydrogel fibers by enzymatic and ionic crosslinking. Int J Biol Macromol 2015;72:403-9.

- [5]. Abdelrahman T, Newton H. Wound dressings: principles and practice. Surgery (Oxford) 2011;29:491-5.
- [6]. Jones A, Vaughan D. Hydrogel dressings in the management of a variety of wound types: A review. J Orthop Nurs 2005;9:5-51.
- [7]. Yoshii F, Zhanshan Y, Isobe K, Shinozaki K, Makuuchi K. Electron beam crosslinked PEO and PEO/PVA hydrogels for wound dressing. Radiat Phys Chem 1999;55:133-8.
- [8]. Haryanto, Kim S, Kim JH, Kim JO, Ku S. Fabrication of poly (ethylene oxide) hydrogels for wound dressing application using e-beam. Macromol Res 2014;22:131-8.
- [9]. Wu M, Bao B, Yoshii F, Makuuchi K. Irradiation of crosslinked, poly (vinyl alcohol) blended hydrogel for wound dressing. J Radioanal Nucl Chem 2001;250:391-5.
- [10]. ASTM E96 / E96M-16, Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.
- [11]. Shreepathi S, Naik SM, Vattipalli MR. Water transportation through organic coatings: correlation between electrochemical impedance measurements, gravimetry, and water vapor permeability. J Coatings Technol 2011;9:411-22.
- [12]. Razzak MT, Darwis D, Zainuddin, Sukirno. Irradiation of polyvinyl alcohol and polyvinyl pyrrolidone blended hydrogel for wound dressing. Radiat Phys Chem 2001;62:107-13.