



ARTICLE

Pengaruh pH Medium terhadap Kemampuan Swelling dan Permeasi KCl melalui Membran PVA-Borat

Hendrawan Hendrawan *, Indri Puji Lestari¹¹*, Hafiz Aji Aziz

¹Program Studi Kimia, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

Koresponden: E-mail: hendrawan@upi.edu

Diterima 25 Feb 2022
Diperbaiki 29 Mar 2022
Diterbitkan 20 Apr 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh pH lingkungan terhadap kemampuan swelling dan permeasi KCl dari membran hidrogel PVA-borat. Pada penelitian ini dilakukan (1) sintesis membran PVA-borat; (2) karakterisasi membran PVA-borat dengan spektrofotometer FTIR; (3) uji swelling ratio PVA-borat pada pH 6, 7 dan 8; (4) dan uji permeasi KCl melalui membran hidrogel PVA-borat pada pH 6, 7 dan 8. Membran hidrogel PVA-borat hasil sintesis berbentuk lembaran dengan ketebalan kondisi kering adalah 0,11 mm. Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa spektrum antara PVA dan membran hidrogel PVA-borat memiliki kemiripan. Tingkat keasaman larutan sangat mempengaruhi performa swelling dan laju permeasi KCl melalui membran PVA-Borat.

Kata Kunci: hidrogel; membran; permeasi; pH; PVA-borat.

ABSTRACT

This study was intended to determine the effect of the pH of medium on swelling and permeation of KCl of PVA-Borate hydrogel membrane. In this study we performed (1) synthesis of PVA-Borate membrane, (2) characterization of PVA-Borate membrane using FTIR spectrophotometer, (3) PVA-Borate membrane swelling test at pH 6, 7, and 8, and (4) testing KCl permeation through PVA-Borate membrane at pH 6, 7, and 8. The PVA-borate membranes used in this study were thin sheet membrane with the thickness of 0.11 mm. FTIR characterization results showed that the spectra of PVA and PVA-borate membranes were very similar. The results also showed that the pH of medium affected the PVA-Borate membrane performance significantly, especially the swelling of the membrane and the rate of KCl permeation.

Kata Kunci: hydrogel; membrane; permeation; pH; PVA-borate.

PENDAHULUAN

Secara praktis, tidak semua unsur hara dalam pupuk dapat terserap oleh tanaman, melainkan ada resiko tak-tergunakan sebagaimana mestinya, yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Jika pupuk yang diberikan berlebih maka ada kemungkinan terjadi *nutrient losses* karena kapasitas tanaman untuk menyerap nutrisi terbatas, bahkan dalam pemupukan yang normalpun dapat terjadi *leaching* akibat terbawa arus air dan kelembaban tanah [1]. Bahkan, 40-70% nitrogen yang terkandung dalam pupuk beresiko tidak terserap oleh akar, dan tersebar ke dalam lingkungannya [2].

Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas penyerapan nutrisi tanaman, mengurangi kerugian material, dan mengurangi resiko lingkungan telah dikembangkan teknologi *controlled release*, yang dalam konteks pemupukan disebut *Controlled Release Fertilizer* (CRF). CRF diyakini memiliki banyak keunggulan, seperti mampu menurunkan tingkat kehilangan pupuk dari tanah akibat hujan atau arus air, mempertahankan persediaan air dan mineral untuk waktu yang cukup lama, meningkatkan efisiensi pupuk, mengurangi efek negatif kelebihan dosis, mengurangi tingkat toksisitas pada lingkungan, serta dapat mejadi potensi sebagai media alternatif tumbuh tanaman [3, 4].

Umumnya, matriks yang sering digunakan untuk CRF ialah hidrogel, suatu polimer hidrofilik yang berbentuk jaringan tiga dimensi berikatan silang, memiliki kemampuan *swelling* atau daya serap air yang tinggi, mampu melambatkan pelepasan zat dan atau nutrisi ke dalam lingkungannya. Diantara hidrogel yang telah menjadi perhatian para peneliti adalah hidrogel berbasis polivinil alkohol (PVA) dan natrium borat. PVA merupakan polimer hidrofilik yang umumnya dimanfaatkan sebagai bahan biomaterial karena bersifat non toksik, non karsinogenik, memiliki biokompatibilitas dan sifat hidrofilisitas yang tinggi [5]. Namun, tingginya sifat hidrofilisitas pada PVA menyebabkan tingkat kestabilannya dalam air menjadi rendah, sehingga diperlukan suatu perlakuan untuk meningkatkan kestabilannya. Salah satu cara untuk meningkatkan kestabilannya adalah dengan membentuk ikatan silang dan memodifikasi PVA dengan polimer lainnya. Penambahan natrium borat sebagai *crosslinker* terhadap PVA telah memberikan indikasi yang kuat bahwa hidrogel yang dihasilkannya memiliki kesetabilan yang cukup tinggi di dalam air [6 - 8].

Penelitian terdahulu oleh Lawrencia dkk [4] menunjukkan bahwa tingkat keasaman lingkungan memberikan fenomena yang unik dalam hal *swelling* dan pelepasan material dari dalam granula hidrogel. Namun, kajian pengaruh tingkat keasaman terhadap performa membran PVA-borat belum banyak dilakukan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mempreparasi hidrogel PVA-borat dalam bentuk lapisan tipis membran dan menguji performanya. Performa yang diuji mencakup

kemampuan *swelling* dan permeasi KCl terhadap lingkungan dengan beragam tingkat keasaman.

METODE

2.1 Alat

Alat yang digunakan adalah labu ukur (50 mL dan 100 mL), pipet tetes, gelas ukur (10 mL, 50 mL, dan 100 mL), gelas kimia (600 mL, 250 mL, dan 100 mL), batang pengaduk, spatula, kaca arloji, neraca analitik (mettler toledo, Kanada), hotplate (scilogex MS-H550-S, USA), termometer, overhead stirrer, cetakan membran (ukuran 20 cm x 20 cm x 1 cm), konduktometer (lutron, Taiwan), pH meter (mettler toledo, Kanada), dan Fourier Transform Infrared (Thermo Fischer FTIR, Jepang).

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah polivinil alkohol (PVA) grade teknis, natrium borat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) grade teknis, kalium klorida (KCl) grade p.a., aqua-DM, larutan asam klorida (HCl), larutan amonia (NH_3), larutan asam asetat (CH_3COOH), larutan natrium hidroksida (NaOH), dan kalium bromida (KBr).

2.3 Prosedur

Sintesis Hidrogel Membran PVA-Borat

Sejumlah 3 g PVA dilarutkan dalam 97 mL aqua-DM pada suhu 90 °C. Sejumlah 4 g natrium borat dilarutkan dalam 96 mL aqua-DM. Larutan PVA dan larutan natrium borat dicampurkan dengan perbandingan volume masing-masing 80 ml : 20 mL, kemudian dihomogenkan sampai terbentuk gel. Gel PVA-borat dicetak pada cetakan akrilik dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 1 cm, dan dikeringkan dalam desikator selama ± 7 hari atau sampai terbentuk membran.

Karakterisasi Gugus Fungsi (FTIR)

Membran PVA-borat dicuci menggunakan aqua-dm dan dikeringkan, kemudian dihaluskan hingga menjadi serbuk dan dicampurkan dengan kalium bromida (KBr) dengan perbandingan massa sampel dan KBr yaitu 1:1000 g. Sampel dianalisis dengan FTIR pada bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} .

Uji Swelling Ratio

Uji *Swelling Ratio* dilakukan pada pH 6, 7 dan 8. Membran PVA-borat kering ditimbang, kemudian direndam dalam aqua-dm, dan ditimbang kembali. Membran ditimbang setiap 3 menit perendaman selama 30 menit. Air pada permukaan membran dihilangkan saat akan melakukan proses penimbangan. %*swelling ratio* dihitung menggunakan rumus:

$$\%SR = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100\%$$

%SR= Persentase *swelling ratio* (%)

W_s = Berat *swollen* hidrogel (g)

W_d = Berat hidrogel kering (g)

Uji Permeasi

Prosedur uji permeasi mengikuti cara yang dilakukan Hendrawan dkk [9]. Membran hidrogel PVA-borat dipotong dan dipasang pada selongsong tabung, kemudian disambungkan pada overhead stirrer seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1. Sebanyak 2 mL KCl dengan konsentrasi 1 M dimasukkan ke dalam selongsong seperti pada gambar 1. Membran pada selongsong kemudian dicelupkan ke dalam 500 mL media aqueous dengan pH 6, 7, dan 8. Kedalaman membran 1 cm di bawah permukaan media. Tabung selongsong diputar dengan kecepatan 200 rpm. Konduktivitas dan pH dicatat setiap 30 s sampai konduktivitas medium konstan.

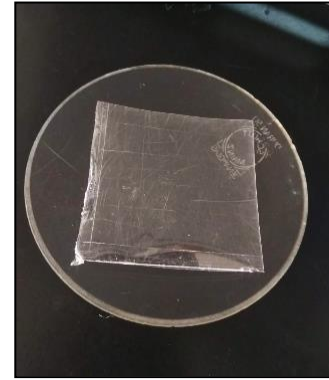


Gambar 1. Set alat uji permeasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sintesis Hidrogel Membran PVA-borat

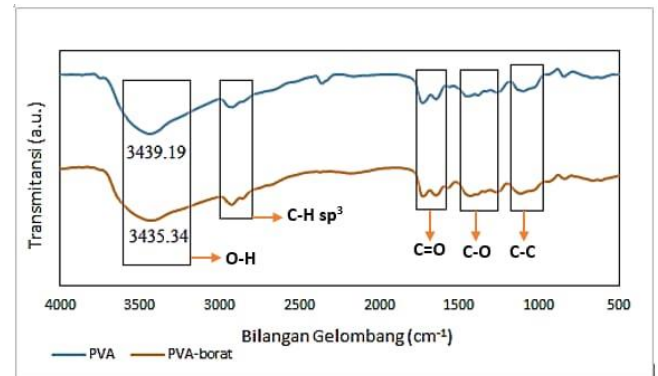
Pada proses sintesis terjadi pembentukan kompleksasi antara PVA dengan ion borat. Tampilan fisis membran yang diperoleh diberikan pada gambar 2. Membran tersebut berupa lembaran tipis transparan, dengan ketebalan 0,11 mm, tekstur lembut-lentur, dan alot. Pengujian sederhana dalam air meunjukkan bahwa membran tersebut memiliki kestabilan yang baik dalam rentang waktu yang cukup lama, sekitar 24 menit. Selama perendaman terindikasi ada peningkatan ketebalan, tetapi memiliki ketahanan mekanis yang cukup selama perendaman, yang ditunjukkan dengan tidak adanya tanda-tanda robek atau pengelupasan.



Gambar 2. Membran hidrogel PVA-borat.

3.2. Uji Karakterisasi Gugus Fungsi (FTIR)

Spektra absorpsi FTIR PVA dan PVA-borat diberikan pada gambar 3.

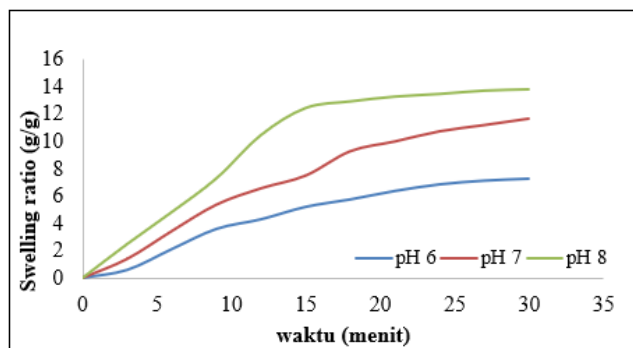


Gambar 3. Spektra absorpsi FTIR PVA dan PVA-borat

Alur transmitan terhadap bilangan gelombang untuk kedua material tersebut, yaitu PVA dan PVA-borat, menunjukkan kemiripan. Pada bilangan gelombang area 1600-1700 cm^{-1} terdapat puncak yang mengindikasikan keberadaan gugus C=O. Serapan tersebut muncul dimungkinkan karena adanya sisa gugus asetat dari polivinil asetat pada proses sintesis PVA. Pada bilangan gelombang area 2900 cm^{-1} terdapat puncak serapan yang mengindikasikan keberadaan gugus C-H sp^3 . Pada bilangan gelombang 1300-1400 cm^{-1} terdapat puncak yang mengindikasikan adanya gugus C-O. Kemudian, pada bilangan gelombang area 1100 cm^{-1} terdapat puncak serapan yang mengindikasikan adanya gugus C-C. Apabila dilihat dari struktur polimer hidrogel PVA-borat, terdapat gugus B-O pada ikatannya, tetapi pada spektrum yang dihasilkan, keberadaan gugus tersebut tidak begitu jelas keberadaannya. Serapan gugus B-O dapat berada pada bilangan gelombang sekitar 1300-1700 cm^{-1} [10], ini memungkinkan bahwa gugus B-O yang terdapat pada matrik hidrogel PVA-borat bertumpuk dengan gugus yang terdapat pada area tersebut, yaitu gugus C-O. Pada bilangan gelombang area 3400 cm^{-1} terdapat puncak yang mengindikasikan keberadaan gugus O-H. Saat dibandingkan, dapat terlihat adanya pergeseran pada puncak O-H. Puncak O-H dari PVA yaitu 3439,19 cm^{-1} bergeser menjadi 3435,34 cm^{-1} saat adanya penambahan borat.

3.3. Uji Swelling Ratio

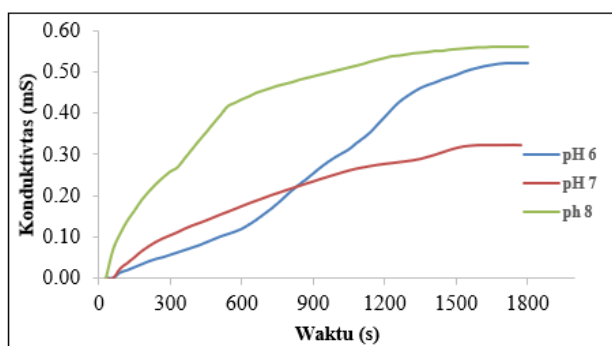
Performa membran PVA-borat dalam hal swelling ratio ditunjukkan sebagai gambar 4, yang dikerjakan pada media dengan pH 6, 7, dan 8. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada medium dengan rentang pH tersebut semakin tinggi pH maka swelling ratio semakin besar. Hal ini disebabkan pada saat gugus fungsi pada borat mengalami deprotonasi, muatan menjadi negatif sehingga memungkinkan terjadinya tolak menolak dalam matriks hidrogel yang menyebabkan pembukaan pori yang lebih besar pada pH yang lebih tinggi, sehingga daya serapnya menjadi lebih besar.



Gambar 4. Swelling ratio membran PVA-borat pada pH 6, 7, dan 8

3.4. Uji Permeasi

Performa membran dalam hal permeasi KCl ke dalam media yang tingkat keasamannya beragam, yaitu 6, 7, dan 8 diberikan pada gambar 5. Grafik pada gambar 5 mengindikasikan bahwa membran hidrogel PVA-borat memiliki kemampuan untuk melewatkan permeat KCl ke media aqueous, yang ditunjukkan dengan perubahan pada nilai konduktivitas medianya.



Gambar 5. Permeasi KCl melalui membran PVA-borat pada pH 6, 7, dan 8

Pada proses permeasi, terjadi proses difusi dalam membran, kemudian terjadi proses desorpsi pada saat permeat KCl ke luar dari membran. Pada fase awal permeasi ditemukan bahwa nilai konduktivitas media larutan meningkat secara drastis. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi KCl yang masih pekat pada awal waktu permeasi. Secara praktis KCl telah berada pada permukaan membran yang langsung bersentuhan dengan larutan

dalam tabung, bahkan sangat mungkin sudah langsung menjenuhi membran. Pada saat dicelupkan ke dalam media, KCl yang telah berada pada membran secara segera terlarut ke dalam media. Proses permeasi berkurang sejalan dengan berjalannya waktu. Hal ini dapat dihubungkan dengan aspek konsentrasi KCl pada tabung, dan juga karena peningkatan konsentrasi KCl dalam media.

Grafik pada gambar 5 juga menunjukkan bahwa laju permeasi yang dapat diinfer dari data konduktivitas, dipengaruhi oleh kondisi keasaman medium atau lingkungan. Dengan mengabaikan profil grafik laju permeasi terhadap waktu pada pH 6 setelah waktu permeasi 600 s, pada fase awal (sampai sekitar waktu 600 detik) tampak bahwa laju permeasi meningkat dengan meningkatnya pH medium.

Profil grafik pada kondisi pH 6 menunjukkan adanya kenaikan yang tidak regular pada waktu sekitar 600 s. Mulai titik tersebut terjadi peningkatan nilai konduktivitas medium. Fenomena tersebut kemungkinan akibat adanya kerusakan atau abrasi pada pelapis granula. Dugaan ini didasarkan juga pada kenyataan yang diperoleh Wang dkk [6] dan Guilherme dkk [11], yang menyiratkan bahwa gel PVA-Borat mudah larut dalam kondisi pH rendah.

KESIMPULAN

Pada pekerjaan dapat disimpulkan bahwa membran hidrogel PVA-borat yang dihasilkan berupa lembaran tak berwarna dengan ketebalan 0,11 mm. Hasil karakterisasi FTIR PVA-borat tidak memberikan geseran bilangan gelombang yang signifikan bila dibandingkan terhadap puncak-puncak bilangan gelombang PVA. Pada hasil pengujian swelling ratio dan permeasi menunjukkan bahwa pH lingkungan secara signifikan mempengaruhi nilai swelling ratio dan laju permeasi. Semakin tinggi pH, maka nilai swelling ratio membran hidrogel PVA-borat semakin besar, serta laju permeasinya semakin cepat.

KONTRIBUSI PENULIS

H: disain penelitian, analisis hasil, penulisan naskah. IPL: kerja lab, analisis hasil, penulisan naskah. HA analisis hasil, penulisan naskah. Semua penulis membaca dan menyetujui versi final naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Liu, J. Wang, J. Shi, Y. Chen, C. Sun, P. Zhang, dan Z. Shen, "Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions," *Science of The Total Environment*, vol. 468, 1069-1077, 2014.
- [2] A. Hekmat, A. Barat, E.V. Frahani, A. Afraz, (2009). "Synthesis and Analysis of Swelling and Controlled Release Behaviour of Anionic sIPN Acrylamide based

- Hydrogels". *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 56, pp. 96-00, 2009.
- [3] A. Shaviv dan R.L. Mikkelsen, R. L., "Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation-A review," *Fertilizer research*, vol. 35, no. 1, pp. 1-12, 1993.
- [4] D. Lawrencia, S.K. Wong, D.Y.S. Low, BH. Goh, J.K. Goh, U.R. Ruktanonchai, A. Soottitantawat, L.H. Lee, S.Y. Tang, "Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release," *Plants*, vol. 10, 238, pp 1-26, 2021.
- [5] K.T. Shalumon, "Sodium Alginat/ Polyvinyl Alcohol/ Nano ZnO Composite Nanofibers for Antibacterial Wound Dressing," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 49, pp. 247-254, 2010.
- [6] C. Wang, Z. Shen, P. Hu, T. Wang, X. Zhang, L. Liang, J. Nai, L. Qiu, X. Lai, X. Yang, dan K. Zhang, "Facile fabrication and characterization of high-performance Borax-PVA hydrogel," *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, vol 101, pp. 103–113, 2022.
- [7] R. Saeed, R. dan Z.U. Abdeen, "Sorption and Kinetics Study of Potassium Chloride in Polyvinyl Alcohol-Borate Hydrogel," *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 3, pp. 321-327, 2014.
- [8] Z.U. Abdeen dan R. Saeed, "Kinetics and Mechanism of pH Responsive Cationic Desorption from Poly (vinyl alcohol)-Borate Hydrogel", *Polymer Science*, Vol. 58, No. 5, pp. 689–696, 2016.
- [9] H. Hendrawan, F. Khoerunnisa, F.Z. Maulidah, dan N.T. Gultom, "Permeation of Potassium Chloride From its Solution into Deionized Water through Poly-(Vinyl Alcohol)/Glutaraldehyde/Premna oblongifolia Merr Membrane", *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 16, No. 4 pp. 2888 – 2900, 2021.
- [10] C. Gautam, A.K. Yadav, dan A. K. Singh, "Review Article A Review on Infrared Spectroscopy of Borate Glasses with Effects of Different Additives", *International Scholarly Research Network ISRN Ceramics*, Volume 2012, pp. 1-17, 2012.
- [11] M.R. Guilherme, F.A. Aouada, A.R. Fajardo, A.F. Martins, A.T. Paulino, M.F.T. Davi, A.F. Rubira, dan E.C. Muniz, "Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review", *European Polymer Journal*, vol. 72, 365-385, 2015,