

Pengaruh Konsentrasi Agen Taut Silang Etilen Glikol terhadap Sifat Fisik Membran Matriks Campuran Biopolimer Na-Alginat/Zeolit Alam Teraktivasi

Tiyastiti Suraya¹⁾, R. Cendy Mega Pratiwi²⁾, Adhitasari Suratman³⁾

¹⁾Bidang Pengujian Sertifikasi dan Kalibrasi, Balai Besar Kulit Karet Plastik, Kementerian Perindustrian

^{2,3)}Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada

¹Email : tiyastiti.suraya@gmail.com

²Email : cendymega@gmail.com

³Email : adhitasari@mail.ugm.ac.id

Abstrak – Pemisahan gas sebagai upaya peningkatan efisiensi energi masih menjadi tantangan dalam industri bahan bakar biogas. Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan efisiensi gas dengan mengembangkan teknologi pemisahan gas yang selektif seperti adsorpsi, absorpsi, pemisahan kriogenik, dan pemisahan dengan membran. Salah satu metode pemisahan gas yang selektif dilakukan dengan menggunakan membran matriks campuran (Mixed Matrix Membranes). Membran matriks campuran merupakan sistem padat-padat yang menggabungkan material anorganik sebagai material pemisah gas seperti zeolit alam teraktivasi dengan berbagai matriks polimer. Permasalahan muncul akibat interaksi antar muka yang kurang baik antara material zeolit dengan matriks polimer sehingga menyebabkan membran matriks campuran bersifat rapuh dan mudah rusak. Interaksi yang kurang baik antara dua jenis komponen tersebut diatasi dengan menambahkan agen penaut silang yang dapat memperbaiki sifat fisik membran matriks campuran. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi agen penaut silang Etilen Glikol terhadap sifat fisik membran matriks campuran Biopolimer Na-Alginat/Zeolit alam teraktivasi. Penelitian dilakukan dengan menambahkan Etilen Glikol variasi rasio massa 0; 0,25; 0,50; 1,00; dan 2,00 terhadap massa Biopolimer Na-alginat. Campuran dihomogenisasi selama 24 jam dan dicetak dalam petri dish serta dikeringkan pada suhu ruang. Karakterisasi dilakukan menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) Shimadzu Prestige21 dan CT3 Brookfield Texture Analyzer. Hasil karakterisasi menunjukkan pengaruh penambahan Etilen Glikol meningkatkan persen elongasi hingga 71,5% dan mengurangi nilai kuat tarik hingga 10 kPa untuk komposisi membran optimum 1:1 (Biopolimer Na-Alginat:Etilen Glikol). Karakterisasi menggunakan FT-IR menunjukkan bahwa Etilen Glikol yang ditambahkan terikat secara fisika pada matriks polimer melalui ikatan hidrogen dan terbukti memperbaiki sifat fisik membran matriks campuran.

Kata Kunci : Na-Alginat, Zeolit Alam, Etilen Glikol, Penaut Silang, Membran

PENDAHULUAN

Teknologi pemisahan gas dengan membran menjadi salah satu teknologi yang banyak berkembang dalam industri gas dan bahan bakar, terutama dalam industri energi terbarukan seperti biogas. Pemisahan gas tersebut dilakukan sebagai upaya untuk mendapatkan efisiensi bahan bakar. Komponen utama biogas adalah gas CH₄ 35-65%, CO₂ 15-40%, N₂ 15%, NH₃ 5% dan beberapa gas lain seperti O₂, H₂, H₂S, serta H₂O (Sun *et. al.*, 2015). Keberadaan gas CO₂ pada biogas yang mencapai 40% tersebut menjadi hal yang tidak diinginkan, sebab mengurangi efisiensi energi biogas dan harus dipisahkan. Gas CO₂ bersifat inert dan menyebabkan kapasitas energi biogas berkurang. (Gil *et. al.*, 2015). Diantara berbagai teknologi pemisahan seperti seperti adsorpsi, absorpsi, pemisahan dengan membran, dan pemisahan kriogenik (Shao *et. al.*, 2012), teknologi pemisahan gas dengan membran menawarkan potensi yang lebih baik untuk memisahkan CO₂. Keunggulan teknologi membran dapat lebih mudah berkembang karena biaya pengembangan yang lebih murah, kemudahan untuk

dikembangkan, kebutuhan energi yang lebih sedikit, dan ramah lingkungan (Yaqun *et. al.*, 2013).

Membran matriks campuran yang merupakan sistem padat-padat menjadi salah satu membran yang banyak berkembang karena menggabungkan sifat material anorganik pemisah gas yang memiliki selektivitas pemisahan yang baik, dengan matriks polimer (Noble *et. al.*, 2011). Tetapi permasalahan kemudian muncul akibat perbedaan sifat material anorganik dan matriks polimer. Kedua bahan utama tersebut memiliki sifat yang berlainan, sehingga kontak antar muka diantara material anorganik dan matriks polimer cenderung buruk. Kontak antar muka yang tidak baik menyebabkan membran matriks campuran yang terbentuk memiliki sifat yang rapuh, mudah cacat, serta mudah rusak (Bastani *et. al.*, 2013). Ugra *et. al.* (2016) misalnya telah melakukan sintesis membran matriks campuran berbahan dasar biopolimer Na-alginat/zeolit alam teraktivasi sebagai membran pemisah gas CO₂ dan CH₄, membran yang dihasilkan memiliki sifat rapuh, mudah rusak, dan memiliki

permeabilitas rendah. Permasalahan tersebut disebabkan karena kontak yang buruk antara material anorganik zeolit dengan matriks polimer alginat.

Bastani *et. al.* (2013) dalam penelitiannya mengusulkan, kontak yang buruk diantara komponen penyusun membran matriks campuran diatasi dengan menambahkan senyawa penaut silang. Penambahan penaut silang adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat fisik polimer yang digunakan sebagai matriks dalam sintesis membran. Melalui penambahan penaut silang, volume bebas molekul di antara rantai polimer bertambah dan dapat meningkatkan permeabilitas gas. Selain itu, penaut silang juga dapat mencegah terjadinya kerusakan membran/pembengkakan (*swelling*) ketika membran terkontak dengan gas, sehingga menambah kestabilan membran secara termal dan kimiawi (Zhang *et. al.*, 2013). Keane *et. al.* (2013) menjelaskan bahwa suatu polimer yang dimodifikasi melalui proses taut silang akan memiliki sifat fisik yang lebih baik bila digunakan sebagai matriks dalam sintesis membran matriks campuran. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi agen taut silang etilen glikol terhadap sifat fisik membran matriks campuran biopolimer Na-Alginat/Zeolit.

METODE

a. Bahan

Reagen digunakan tanpa pemurnian. Natrium Alginat (Ocean fresh), Etilen Glikol (CH₃CH₂OH) dan Asam Nitrat (HNO₃) (Merck, *p.a*), Zeolit Alam Klaten teraktivasi, Na₂EDTA (Brataco), dan akuades.

b. Pembuatan Membran Matriks Campuran

Membran matriks campuran dibuat dengan melarutkan 4500 mg Na-alginat dan 900 mg zeolit alam teraktivasi dalam 100 mL akuades. Campuran diaduk dengan menggunakan magnetik stirer selama 30 menit. Etilen glikol ditambahkan dengan rasio massa Na-alginat:etilen glikol 1:0; 1:0.25; 1:0.50; 1:1.0; dan 1:2.0 dan campuran dihomogenkan hingga 24 jam. Campuran dicetak pada *petri dish* dan dikeringkan pada suhu ruang untuk dilanjutkan karakterisasi.

c. Metode Analisis

Membran matriks campuran yang terbentuk dikarakterisasi fisik dengan menggunakan

berbagai instrumen. Analisis kuat tarik dan persen elongasi membran dilakukan dengan menggunakan CT3 Brookfield Texture Analyzer. Instrumen FT-IR Shimadzu Prestige 21 digunakan untuk mengetahui keberhasilan proses taut silang etilen glikol dalam matriks polimer dengan membandingkan spektra masing-masing komponen membran terhadap spektra membran yang terbentuk.

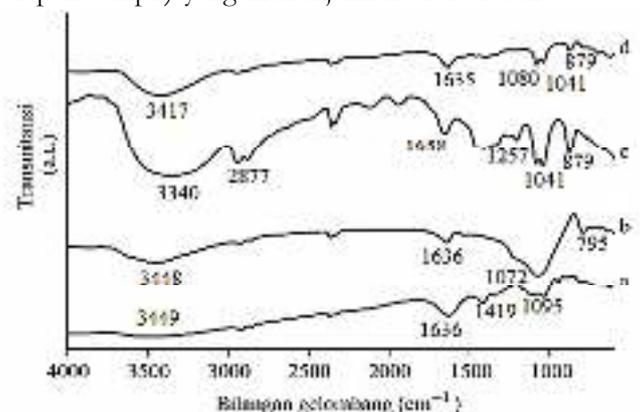
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisa struktur membran dengan FT-IR

Gambar 1 merupakan spektrum FT-IR untuk Na-alginat, zeolit, etilen glikol, dan membran. Analisis FT-IR dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi serta mengetahui adanya interaksi antara rantai polimer Na-alginat dengan zeolit dan etilen glikol.

Identifikasi dilakukan dengan membandingkan spektrum FT-IR masing-masing komponen membran. Berdasarkan spektrum tersebut dapat dilihat bahwa setiap puncak serapan yang muncul pada membran merupakan puncak serapan yang ada pada komponennya. Spektra Na-alginat menunjukkan serapan karakteristik pada bilangan gelombang 3449 cm⁻¹ (serapan lebar) yang merupakan vibrasi gugus hidroksil (OH), selain itu terdapat puncak serapan 1636 cm⁻¹ dan 1419 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi simetris dan asimetris gugus karbonil (CO). Karakteristik lainnya ditunjukkan pada puncak serapan 1095 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus eter C-O-C dan 1033 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus karboksilat (-COOH).

Spektra zeolit aktif menunjukkan karakteristik serapan pada bilangan gelombang 3448 cm⁻¹ (serapan sempit) yang menunjukkan vibrasi dari



Gambar 1. Spektrum FT-IR a) alginat b) zeolit c) etilen glikol dan d) membran

gugus OH (gugus Si-OH) dan 1636 cm^{-1} intensitas rendah yang menunjukkan vibrasi H_2O terjebak dalam zeolit. Selain itu, karakteristik zeolit ditunjukkan melalui puncak serapan 1072 cm^{-1} dan 795 cm^{-1} yang merupakan vibrasi ikatan Si-O-Si dan vibrasi ulur Si-O.

Etilen glikol menunjukkan karakteristik serapan pada bilangan gelombang 3340 cm^{-1} (intensitas kuat) menunjukkan vibrasi gugus hidroksil (OH) serta puncak serapan pada bilangan gelombang 2877 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ikatan C-H. Karakteristik lain ditunjukkan oleh puncak serapan 1658 cm^{-1} yang merupakan serapan gugus aldehyd (CHO) dan puncak serapan 1257 cm^{-1} yang merupakan serapan ikatan C-O. Selain itu, karakteristik pada puncak serapan 1041 cm^{-1} dan 879 cm^{-1} merupakan vibrasi ikatan C-C dan vibrasi gugus CH_2 .

Serapan membran yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan karakteristik serapan pada bilangan gelombang 3417 cm^{-1} (intensitas lemah) yang menunjukkan serapan vibrasi gugus hidroksil (OH) dari Na-alginat dan etilen glikol. Serapan lainnya ada pada bilangan gelombang 1658 cm^{-1} yang menunjukkan gugus aldehyd (CHO) dan puncak serapan 1257 cm^{-1} yang merupakan serapan ikatan C-O. Karakteristik lain adalah puncak serapan 1041 cm^{-1} dan 879 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ikatan C-C dan vibrasi gugus CH_2 .

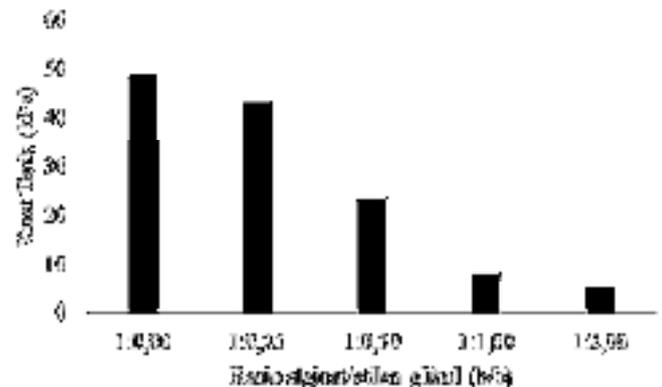
Berdasarkan analisis tersebut, spektra membran memiliki puncak serapan yang merupakan gabungan dari gugus fungsi spesifik komponen penyusunnya dan tidak terdapat gugus fungsi baru yang terbentuk. Secara keseluruhan tidak terdapat perubahan gugus fungsi yang signifikan, hanya terjadi pergeseran puncak serapan yang mengindikasikan adanya interaksi antara masing-masing komponen penyusun membran. Hal tersebut menunjukkan, membran yang terbentuk merupakan campuran secara fisika komponen penyusunnya dan memiliki sifat yang sama dengan komponen penyusunnya.

b. Pengaruh Etilen glikol terhadap sifat membran

Pengaruh penambahan etilen glikol terhadap sifat membran dipelajari dengan sintesis membran variasi penambahan etilen glikol rasio massa Na-alginat:etilen glikol 1:0; 1:0,25; 1:0,5; 1:1 dan 1:2. Membran yang terbentuk memiliki

ketebalan antara $0,065\text{--}0,075\text{ mm}$. Berdasarkan kenampakan fisiknya, membran yang dihasilkan pada variasi rasio massa Na-alginat:etilen glikol terlihat ada perbedaan. Membran berwarna kuning pucat dan keruh. Penambahan etilen glikol dalam jumlah kecil menghasilkan membran yang keriting dan kasar, sedangkan semakin banyak etilen glikol ditambahkan maka membran semakin halus dan lentur. Sifat membran lebih lanjut dianalisis berdasarkan kuat tariknya.

Menurut Da Silva et. al. (2009), kuat tarik merujuk pada ketahanan mekanik membran yang berasal dari kohesi antar rantai polimer. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak etilen glikol ditambahkan maka nilai kuat tarik semakin menurun. Etilen glikol yang berfungsi sebagai penaut silang ditambahkan ke dalam membran untuk meningkatkan sifat elastisitas membran. Peningkatan sifat elastisitas tersebut diiringi dengan penurunan nilai kuat tarik. Membran yang memiliki sifat elastisitas yang tinggi,

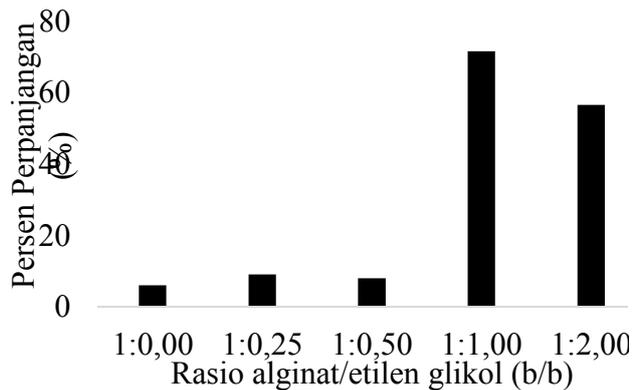


Gambar 2. Pengaruh variasi rasio massa alginat:etilen glikol terhadap nilai kuat tarik membran

kenampakan fisiknya lentur dan tidak rapuh. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Da Silva et. al. (2009) yang membuktikan bahwa penambahan penaut silang menyebabkan nilai kuat tarik membran semakin menurun dan sifat membran semakin elastis.

Ketika etilen glikol ditambahkan dalam matriks maka terbentuk ikatan hidrogen antara penaut silang dengan rantai polimer. Ikatan hidrogen yang semakin banyak akan menyebabkan terjadinya pengurangan interaksi intermolekul rantai polimer sehingga struktur molekul menjadi tidak teratur dan gaya antar rantai polimer yang terbentuk semakin lemah (Gontard

et. al., 1993). Etilen glikol menyisip di antara rantai polimer Na-alginat dan memperbanyak ikatan hidrogen dalam membran. Etilen glikol meregangkan struktur rantai polimer Na-alginat sehingga kekuatan ikatan antar rantai polimer menurun dan mengakibatkan menurunnya nilai kuat tarik membran. Hal ini kemudian seiring dengan peningkatan nilai persen perpanjangan membran yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh variasi rasio massa alginat:etilen glikol terhadap persen perpanjangan membran

Nilai persen perpanjangan merupakan ukuran elastisitas membran yang mengukur kemampuan membran untuk memanjang maksimal hingga sebelum putus (Da Silva et. al., 2009). Penambahan penaut silang tersebut menambah fleksibilitas membran sampai pada komposisi tertentu. Pada penelitian ini terlihat bahwa semakin banyak etilen glikol ditambahkan, maka nilai persen perpanjangan semakin besar, untuk komposisi hingga rasio massa Na-alginat:etilen glikol 1:1.

Peningkatan nilai persen perpanjangan disebabkan etilen glikol yang ditambahkan dalam membran mengganggu kekompakan rantai polimer Na-alginat dan membentuk volume bebas rantai, sehingga interaksi intermolekul menurun dan mobilitas rantai polimer meningkat. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan fleksibilitas dan persen perpanjangan membran. Nilai persen perpanjangan membran tersebut terus meningkat selama masih ada interaksi antara etilen glikol dengan rantai polimer. Penambahan etilen glikol dengan rasio massa Na-alginat:etilen glikol 1:2 menyebabkan terjadinya penurunan persen perpanjangan. Penambahan penaut silang yang melebihi batas optimum akan menyebabkan kekompakan rantai dalam polimer meningkat sehingga volume bebas yang awalnya

telah terbentuk akibat penambahan etilen glikol akan berkurang. Berkurangnya volume bebas rantai menyebabkan ikatan antar molekul antara etilen glikol dengan rantai polimer menjadi kuat dan menurunkan kemampuan membran untuk memanjang sehingga nilai persen perpanjangan akhirnya menurun.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa etilen glikol dapat berfungsi sebagai agen penaut silang dan memperbaiki sifat membran Na-alginat/zeolit alam melalui penyisipan molekul dengan ikatan hidrogen. Membran yang terbentuk dengan komposisi optimum rasio massa Na-alginat/etilen glikol 1:1 memiliki nilai kuat tarik 10 kPa dan persen perpanjangan hingga 71,5%.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka perlu diketahui lebih lanjut sifat-sifat kimiawi membran matriks campuran yang terbentuk sekaligus kemampuan membran untuk memisahkan komponen gas. Penambahan agen taut silang yang terbukti dapat meningkatkan sifat fisik membran membuka peluang penelitian lebih lanjut untuk penggunaan agen taut silang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bastani, D., Esmali, N., and Asadollahi, M., 2013, "Polymeric Mixed Matrix Membranes Containing Zeolite as a Filler for Gas Separation", *J. Ind. Eng. Chem.*, 19, 373-393.
- Da Silva, M. A., Bierhalz, A. C. K., and Kieckbush, T. G., 2009, "Alginate and Pectin Composite Films Crosslinked with Ca(II) Ions: Effect of the Plastisizer Concentration", *Carbohydr. Polym.*, 77, 736-742.
- Gil, M. V., Alvarez, G., Martinez, M., Rubiera, F., Pevida, C., and Moran, M., 2015, "Carbon Adsorbents for CO₂ Capture from Bio-hydrogen and Biogas Stream: Breakthrough Adsorption Study", *Chem. Eng. J.*, 269, 148-158.

- Gontard, N., Guilbert, S., and Lug, J. L., 1993, "Water and Glycerol Plasticizer Affect Mechanical and Water Vapour Barrier Properties in Edible Gluten Wheat Film", *J. Food. Sci.*, 58, 190-195.
- Keane, D., Flynn, E., and Morris, M., 2013, "Preparation of Polymer Based Membranes for Dehydrations of Ethanol by Pervaporation", *Reports*, Environmental Protection Agency, Ireland.
- Noble, R. D., Gin, D., Wiessanur, L., Lohr, J., Zhou, M., and Hatekayama, E., 2011, "Water Filtration Performances of a Lyotropic Liquid Crystal Polymer Membrane with Uniform sub 1 nm Pores", *J. Membrane. Sci.*, 366, 62-72.
- Shao, P., Chin, M., Komar, A., Li, H., and Singh, D., 2012, "Design and Economic of a Hybrid Membrane Temperature Swing Adsorpti on Process for Upgrading Biogas", *J. Membrane. Sci.*, 413, 17-28.
- Sun, Q., Li, H., Yan, J., Liu, G., Yu, Z., and Yu, X 2015, "Selection of Appropriate Biogas Upgrading Technology a Review of Biogas Cleaning, Upgrading, and Utilization", *Renew. Sustain. Energy. Rev.*, 51, 521-532.
- Ugra, S. A., Suratman, A., and Wahyuni, E. T., 2016, "Zeolite loaded membrane for CO₂/CH₄ Separations", *Material Science Forums*, 901, 166-172.
- Yaqu, Z., Zhi, W., Chenxin, Z., and Jixiao, W., 2013, "A Novel Membrane Prepared from Sodium Alginate Crosslinked with Sodium Tartrate for CO₂ Capture", *Chinese J. Chem. Eng.*, 10, 1098-1105.
- Zhang, Y., Sunarsa, J., Liu, S., and Wang, R., 2013, "Current Status and Development for CO₂/CH₄ Separation", *Int. J. Greenhouse. Gas. Control.*, 12, 84-107.