



Pemanfaatan Kaolinit Alam Desa Sukamaju Kabupaten Kuansing Sebagai Bahan Membran Hibrid Nilon 6,6-Kaolinit: Pengaruh komposisi kaolinit pada karakter membran hibrid nilon 6,6

Amilia Linggowati, Nurhayati, Rindy Lokasari Novita

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau
Email: alinggowati@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kaolinit alam desa Suka Maju Kabupaten Kuansing sebagai bahan membran hibrid nilon 6,6. Fokus kajian adalah mempelajari pengaruh komposisi kaolinit pada karakter membran hibrid yang dihasilkan. Penelitian ini diawali dengan pembuatan larutan tuang nilon 6,6-kaolinit dengan rasio komposisi nilon 6, 6-kaolinit 97,5/2,5; 95/5; 90/10; 80/20. Membran yang dihasilkan dikarakterisasi untuk mengetahui unsur kimia, morfologi, sifat termal, derajat kekristalan dan permeabilitas. Karakterisasi, morfologi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM), analisis unsur dengan EDX, selektivitas dengan penentuan rejeksi dekstran dan permeabilitas melalui fluks air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi kaolinit semakin kecil ukuran pori. Peningkatan komposisi kaolinit meningkatkan derajat kekristalan dan memperkecil ukuran pori membran. Peningkatan komposisi kaolinit membran hibrid meningkatkan permeabilitas dari $1,5 \times 10^{-3}$ m/s hingga $0,18 \times 10^{-1}$ m/s dan selektivitas meningkat dari 42% hingga 71,8%. Berdasarkan nilai fluks, dan ukuran pori membran hibrid yang dihasilkan adalah tipe mikrofiltrasi.

Kata kunci: Kaolinit alam Desa Sukamaju, membran hibrid, permeabilitas, selektivitas

1 Pendahuluan

Salah satu tipe lempung alam Riau yang telah dikarakterisasi dan diidentifikasi adalah kaolinit yang berasal dari Desa Sukamaju Kecamatan Kuantan Hilir, Kabupaten Kuantan Singingi. Namun malangnya dayaguna kaolinit asal desa ini belum disingkap.

Kaolinit adalah mineral lempung tipe 1:1. Setiap satuan terdiri dari lapisan oksida-Si dan hidroksida-Al. Tipe lapisan seperti ini berpotensi sebagai material *host* untuk interkalasi secara kimia. Oleh sebab itu pada kajian terkini, mineral kaolinit menarik perhatian peneliti yang ingin menggabungkan bahan organik dengan tak organik ke dalam satu sistim. Kaolinit telah menarik perhatian peneliti yang berminat pada bahan komposit polimer berlapis silikat [1]. Hal ini disebabkan oleh kandungan silikatnya yang tinggi hingga mencapai 68,86% [2]. Di antara keuntungan bahan polimer berlapis silika ini adalah dapat meningkatkan ketahanan panas, kekuatan mekanik [3,4] dan meningkatkan kemampuan biodegradasi polimer [3].

Perkembangan penelitian membran terkini adalah membuat membran dengan menggabungkan bahan organik dan tak organik yang dikenal sebagai hibrid. Menurut beberapa peneliti, kajian ini memberi peluang untuk mengembangkan membran baru dengan menggabungkan sifat-sifat bahan organik dan tak organik dalam satu membran [5, 6, 7]. Oleh karena kedua-dua bahan ini secara berasingan mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, maka gabungan kedua-dua sifat bahan ini diharapkan mampu mengatasi kelemahan dari kedua-dua bahan tersebut.

Kajian terkini melaporkan, bahan hibrid nano polimer/lempung banyak mendapat perhatian, karena lempung telah meningkatkan sifat fisik, mekanik dan kimia yang sangat baik

dibandingkan dengan polimer murni [8, 9, 10, 11,12]. Kajian terdahulu melaporkan bahwa penggunaan lempung alam (zeolit asal Lampung) pada pembuatan membran polisulfon telah meningkatkan jumlah pori, ukuran pori dan distribusi pori yang menyebabkan peningkatan permeabilitas [13].

Penggunaan kaolinit untuk pembuatan membran hibrid nilon 6,6 diharapkan dapat meningkatkan kinerja membran, seperti ketahanan, selektivitas dan permeabilitas membran. Kajian ini mempelajari pengaruh komposisi kaolinit pada karakter membran hibrid nilon 6.6.

2 Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan adalah nilon 6.6 (Aldrich), asam formiat (Merck), lempung desa Suka Mahu Kuantan Singingi, dextran 400.000-500.000, 35.000-45.000, 8.500-11.500 Da, fenol, asam sulfat (Merck) dan HCl (BDH).

Alat yang digunakan adalah alat *casting*, SEM-EDX (Oxford Instrument Model 7353, England), XRD (Philip Analytical X-Ray B.V), membran sel dan Spectronic 21.

Pengambilan Sampel dan Persiapan Sampel Lempung

Pengambilan sampel dilakukan di lima titik dan tiga peringkat kedalaman, di desa Sukamaju, kecamatan Kuantan Hilir, Kabupaten Kuantan Singingi, Riau. Sampel dibersihkan dari partikel kasar dan dicuci dengan aquabides kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam. Selanjutnya sampel dihaluskan pada ukuran 200 mesh. Lempung yang lolos ukuran 200 mesh digunakan sebagai sampel

Pembuatan Membran Nilon 6.6 dan Hibrid nilon 6.6-kaolinit secara inversi fasa.

Membran nilon 6,6 dibuat sebagai pembanding membran hibrid. Nilon 6,6 dilarutkan dalam asam formiat pada konsentrasi 12,5% b/b pada temperatur kamar menggunakan pengaduk magnetik secara berterusan hingga merata yang disebut sebagai larutan *tuang* tanpa kaolinit (N0). Seterusnya dengan cara yang sama larutan ditambah kaolinit dengan komposisi nilon dan kaolinit 97,5/2,5, 95/5, 90/10 dan 80/20 masing-masing diberi kode sampel (H5, H10 dan H20). Larutan *tuang* dicetak di atas flat kaca yang telah diolesi aseton menjadi film tipis dan direndam di dalam non pelarut selama 5 menit (proses inversi fasa).

Karakterisasi Membran.

Analisis unsur. Analisis unsur membran nilon 6,6 dilakukan menggunakan EDX. Analisis dilakukan bersamaan dengan analisis permukaan. Analisis ini dilaksanakan di laboratorium unit mikroskopi elektron Universitas Kebangsaan Malaysia (UKM).

Analisis morfologi membran; Analisis ini dilakukan menggunakan scanning electron microscope (SEM) Oxford Instrument Model 7353, England. Untuk mendapatkan gambar penampang lintang, film membran direndam dalam nitrogen cair dan selanjutnya dipotong menjadi dua bahagian menggunakan mikrotom. Perbesaran gambar adalah 500 hingga 50.000x.

Penentuan derajat kristalinitas. Derajat kristalinitas menggunakan XRD (Philip Analytical X-Ray B.V)

Uji permeabilitas. Uji permeabilitas dilakukan dengan menggunakan air suling. Sebelum pengukuran fluks, membran dikompaksi pada tekanan 2 atm untuk mendapatkan keadaan stabil. Air yang melewati membran ditampung dengan gelas ukur hingga volume tertentu. Waktu yang dibutuhkan air untuk melewati membran pada volume tertentu dicatat sebagai waktu alir. Kecepatan alir air melewati membran tersebut dinyatakan sebagai fluks yang dihitung menggunakan persamaan (1)

$$J_w = V/A.t. \quad (1)$$



V adalah volume air melewati membran dengan keluasan A pada waktu t. Penentuan permeabilitas ditentukan berdasarkan kemiringan kurva fluks terhadap tekanan operasional.

Penentuan selektivitas. Penentuan selektivitas dilakukan melalui rejeksi dekstran. Larutan dekstran diedarkan pada membran dengan tekanan 2-3,5 bar, laju adukan 400 rpm pada suhu kamar. Konsentrasi dekstran dalam permeat dan retentat diukur dengan metode kolorimetri, yaitu dengan menambahkan 5 ml Asam Sulfat pekat dan 1 ml Fenol 5% kedalam 1ml larutan dekstran. Sampel diguncang hingga homogen dan dibiarkan pada suhu kamar. Konsentrasi ditentukan berdasarkan serapan dekstran yang diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 485 nm. Penentuan tolakan dekstran ditentukan oleh persamaan (2).

$$R = \frac{c_p - c_f}{c_p} \quad (2)$$

C_p adalah konsentrasi dekstran didalam permeat dan C_f adalah konsentrasi dekstran di dalam feed.

2 Hasil dan Pembahasan

Analisis unsur

Hasil analisis EDX kandungan unsur kimia yang terdapat dalam nylon 6,6 tertera pada Tabel 1. Berdasarkan struktur molekul nylon 6,6 kandungan unsur kimia nylon 6,6 pada keadaan murni hanya terdiri daripada unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N). Namun pada hasil EDX yang tertera pada Tabel 1 membran nylon 6,6 tidak hanya mengandung unsur C, N dan O, tetapi juga mengandung unsur Si yang merupakan unsur tambahan, sedangkan unsur H tidak dapat dilacak oleh EDX.

Tabel 1. Hasil analisis EDX kandungan kimia membran nylon 6,6 dan hibridnya

Kode Membran	Kandungan Unsur (%)					
	C	N	O	Si	Al	Na
N0	75.29	10.24	14.37	0.10	-	-
H2,5	73.50	10.62	15.50	0.11	0.12	0.15
H10	71,28	12.08	15.91	0.35	0.31	0.07
H20-5	71,47	11,39	15.80	0,61	0,57-	0,16-

Berdasarkan Tabel 1 tersebut diketahui bahwa kenaikan kepekatan larutan tuang meningkatkan kandungan unsur N dan O yang berhubungan kait dengan kenaikan gugus hidrofilik. Hal ini juga menunjukkan peningkatan ikatan hidrogen.

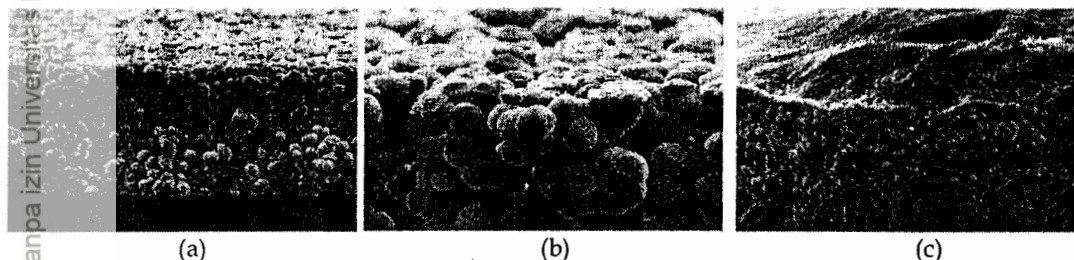
Analisis morfologi

Gambar 1 memperlihatkan hasil SEM penampang melintang dari membran nylon 6,6 (N0) terlihat bahwa membran tersebut berbentuk granular yang satu sama lainnya membentuk garis batas (*linear boundary*). Bentuk seperti ini terlihat sangat berpori. Bentuk pori-pori ini yang menyebabkan nilai permeabilitas membran menjadi besar. Oleh sebab itu fluks dari membran memiliki nilai permeabilitas yang besar serta rejeksi yang rendah. Struktur membran seperti ini sangat rapuh.

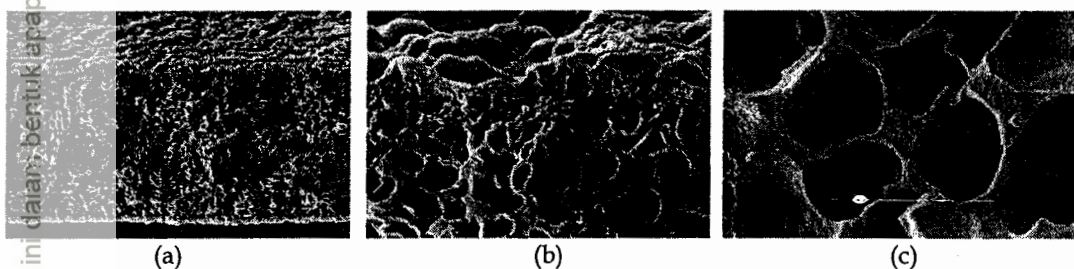
Penampang lintang hibrid nylon 6,6-kaolinit pada komposisi 97,5/2,5 dan 80/20 dengan waktu perendaman 5 menit, masing-masing diperlihatkan oleh Gambar 2 dan 3. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penambahan kaolin mempengaruhi ukuran pori dan distribusi pori. membran. Berdasarkan hasil SEM membran H2,5 (Gambar 2(c)) memiliki ukuran diameter pori 3-4 μm dengan permukaan terlihat kurang rata (Gambar 2 (b)). Membran H20 memiliki ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan dengan H2,5 yaitu berkisar antara 1-2 μm (Gambar



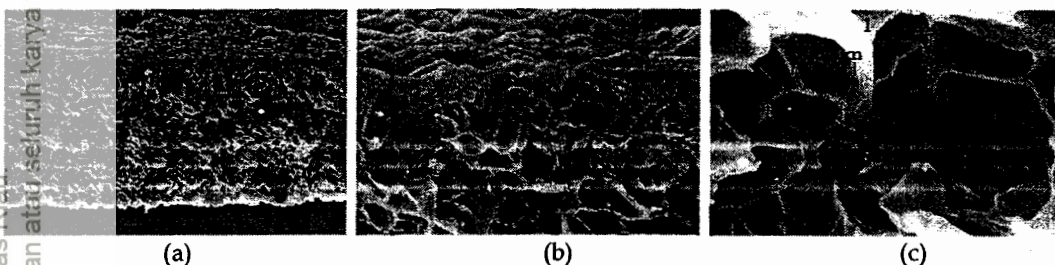
3(c)). Distribusi pori-pori H20 (Gambar 3) lebih banyak dan rapat dibandingkan dengan H2,5 (Gambar 2). Hal ini disebabkan oleh adanya interaksi dari nilon 6,6 dengan kaolin. Oleh karena itu membran hibrid yang dihasilkan menjadi lebih kuat terhadap tekanan dibandingkan dengan membran nilon 6,6 tanpa kaolin (N0). Penambahan kaolinit menyebabkan semakin kecilnya ukuran pori akibatnya selektivitas membran H20 lebih tinggi dibandingkan H2,5.



Gambar 1. Penampang melintang dari N0 (a) 300x (b) 1.000x dan (c) 15.000x perbesaran



Gambar 2. Penampang lintang dari H2,5 (a) 800x (b) 3.000x dan (c) 10.000x perbesaran



Gambar 3. SEM penampang lintang dari H20 (a) 800x (b) 3.000x dan (c) 10.000x perbesaran

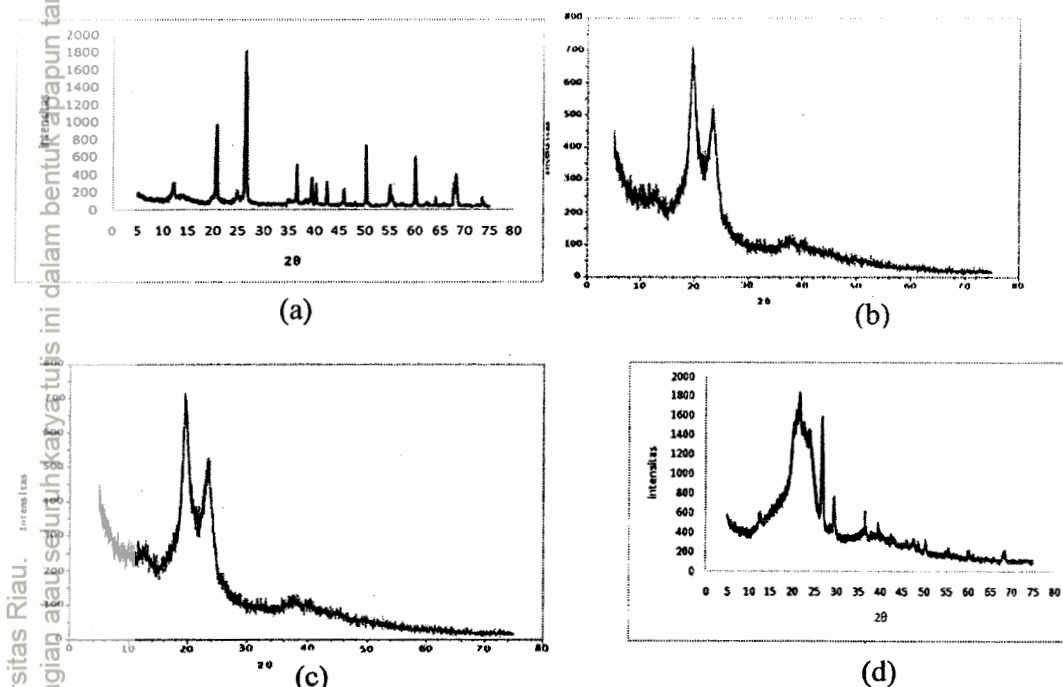
Analisis kristalinitas dengan XRD

Hasil XRD membran hibrid dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan gambar tersebut diketahui bahwa penambahan kaolin dapat mengubah difraktogram dari membran nilon 6,6. Difraktogram ini terlihat jelas pada Gambar 4 (d) yaitu membran H20, khususnya pada daerah 2θ sebesar $5,1^\circ$; $26,72^\circ$; $36,2^\circ$; $29,9^\circ$ dan $25,2^\circ$. Puncak-puncak tersebut berasal dari puncak sampel kaolin. Nilon 6,6 hanya mempunyai puncak karakteristik 2θ pada $13,25^\circ$; $19,83^\circ$ dan $23,55^\circ$. Puncak $19,83^\circ$ dan $23,55^\circ$ mewakili puncak (010) dan (110), sedangkan puncak $13,25^\circ$ merupakan puncak (020).

Pada Gambar 4 (d) tersebut terlihat jelas bahwa puncak karakteristik nilon 6,6 (110 dan 010) pada $23,55^\circ$ telah hilang. Puncak ini hilang dengan munculnya puncak karakteristik kaolin. Menurut [14] daerah 2θ sebesar $5,1^\circ$ memiliki intensitas sebesar 571 merupakan karakter lapisan silikat. Sebagaimana diketahui bahwa kaolin merupakan salah satu lempung yang memiliki kandungan silika cukup tinggi. Hasil difraktogram ini menunjukkan bahwa hibrid nilon 6,6



kaolin telah berhasil dilakukan. Berdasarkan hasil XRD ini juga diperoleh derajat kristalinitas sebagaimana tertera pada Tabel 3. Merujuk Tabel 3 diketahui bahwa semakin tinggi kandungan kaolinit, maka semakin tinggi pula derajat kristalinitasnya. Derajat kristalinitas hasil penelitian ini berkisar antara 54,1% hingga 77,5%. Derajat kristalinitas ini akan mempengaruhi selektivitas sebagaimana dilaporkan [14] bahwa semakin tinggi derajat kristalinitas semakin tinggi selektivitas. Oleh karena membran H20 memiliki derajat kristalinitas paling tinggi (77,5%), maka H20 memiliki rejeksi tinggi yaitu 77,8%. Tingginya derajat kristalinitas juga mempengaruhi kekuatan mekanik membran. Hal ini dapat dilihat pada ketahanan membran saat pengukuran fluks. Membran tanpa kaolin hanya mampu menahan tekanan hingga 2 bar, sedangkan membran hibrid nilon 6,6-kaolinit mampu menahan tekanan hingga 3,5 bar. Penambahan kaolinit sebanyak 20% dan waktu perendaman 5 menit menyebabkan ukuran pori menjadi kecil. Hal ini terjadi karena adanya sambung silang ikatan secara hidrogen yang meningkatkan kekristalan, sehingga memperkecil pori.



Gambar 4. Hasil XRD (a) Kaolin (b) N0 (c) H2,5 dan (d) H20

Tabel 3. Derajat kristalinitas dan amorfus membran hibrid

Kode Membran	Kristalinitas (%)	Amorfus (%)
N0	54,1	45,9
H2,5	61,56	38,44
H20	77,5	22,5

Permeabilitas dan selektivitas membran hibrid nilon 6,6-Kaolinit

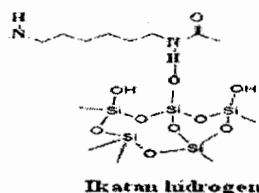
Pada Tabel 5 memperlihatkan permeabilitas dan selektivitas membran hibrid nilon 6,6-kaolin pada komposisi dan tekanan berbeda. Jika dibandingkan dengan kemampuan membran nilon 6,6 terhadap tekanan, ternyata penambahan kaolin dapat meningkatkan kekuatan membran hibrid (Tabel 4). Pada Tabel 4 diketahui bahwa, membran hibrid nilon 6,6-kaolin tahan hingga



Kaolinit alam sebagai bahan membran hibrid nylon 6,6-kaolinit

tekanan 3,5 bar, sedangkan membran nylon 6,6 hanya tahan pada tekanan 2 bar. Kaolin yang ada dalam matriks polimer nylon 6,6 ternyata dapat meningkatkan sifat mekanik membran. Sebagaimana yang dilaporkan [1] penggunaan kaolin pada pembuatan nanokomposit meningkatkan sifat mekanik dan stabilitas termal pada nanokomposit polimetilmetakrilat (PMMA).

Peningkatan sifat mekanik membran hibrid nylon 6,6 -kaolinit disebabkan interaksi dari nylon 6,6 dengan kaolin melalui ikatan hidrogen yang terbentuk dari atom O dari silika dengan atom H dari gugus amina yang terdapat pada nylon 6,6 (Gambar 5). Identifikasi keberhasilan hibrid nylon 6,6-kaolinit ini dapat dilacak dari analisis EDX yaitu dengan keberadaan unsur Si, Al dan Na di dalam membran.



Ikatan hidrogen

Gambar 5. Ikatan Hidrogen pada nylon 6,6 dengan silika dari kaolinit

Berdasarkan data permeabilitas dan selektivitas (Tabel 5) diketahui bahwa penambahan kaolinit meningkatkan selektivitas dan permeabilitas. Pengukuran selektivitas membran hibrid ini menggunakan data rejeksi dari tiga jenis dekstran dengan variasi berat molekul yaitu dekstran dengan rata-rata berat molekul 8,5-11,5 KDa, 35-45 KDa dan 400-500 KDa pada konsentrasi 100 ppm. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ukuran pori, distribusi pori dan derajat kristalinitas. Berdasarkan gambar SEM tersebut diketahui bahwa ukuran pori terkecil terdapat pada membran H20 yaitu sebesar 1-2 μm . Oleh sebab itu H20 memiliki rejeksi $> \text{H2,5-5}$. Selain ukuran pori ternyata selektivitas dipengaruhi oleh kristalinitas. Kajian [14] melaporkan bahwa semakin tinggi derajat kristalinitas maka semakin tinggi pula selektivitas. Berdasarkan Tabel 3 ternyata penambahan kaolin meningkatkan derajat kristalinitas. Membran H20 mempunyai derajat kristalinitas lebih besar daripada H2,5. Oleh karena itu H20 memiliki rejeksi lebih besar daripada H2,5. Selain faktor-faktor yang dinyatakan tersebut, besarnya rejeksi dekstran juga dipengaruhi oleh berat molekul dari dekstran tersebut. Dekstran yang memiliki berat molekul lebih besar akan banyak tertahan pada permukaan membran, sedangkan dekstran yang memiliki berat molekul kecil akan banyak yang lolos. Hal ini disebabkan oleh faktor kesesuaian ukuran pori dengan berat molekul. Ukuran pori yang lebih kecil akan banyak merejeksi dekstran dengan berat molekul yang lebih besar. Oleh sebab itu dekstran yang memiliki berat molekul lebih besar akan banyak terejeksi oleh membran. Nilai rejeksi membran hibrid tertinggi yang dihasilkan oleh H20 yaitu sebesar 71,8% untuk dekstran dengan berat molekul 400-500 KDa.

Tabel 4. Fluks membran hibrid nylon 6,6-kaolin pada variasi komposisi kaolinit dan tekanan

Kode Membran	Fluks (ml/s)						
	0,5 bar	1 bar	1,5 bar	2 bar	2,5 bar	3 bar	3,5 bar
N0	2.12×10^{-5}	7.40×10^{-4}	1.24×10^{-3}	2.01×10^{-3}	rusak	rusak	rusak
H2,5	8.96×10^{-5}	3.12×10^{-4}	9.54×10^{-4}	1.62×10^{-3}	2.56×10^{-3}	3.87×10^{-3}	4.22×10^{-3}
H5-5	9.96×10^{-5}	9.42×10^{-4}	1.84×10^{-3}	5.39×10^{-3}	7.63×10^{-3}	9.97×10^{-3}	1.22×10^{-2}
H10	3.85×10^{-5}	8.73×10^{-5}	1.64×10^{-4}	2.28×10^{-4}	2.83×10^{-4}	3.47×10^{-4}	3.79×10^{-4}
H20	1.17×10^{-5}	9.93×10^{-5}	1.74×10^{-3}	2.64×10^{-3}	3.55×10^{-3}	4.37×10^{-3}	4.99×10^{-3}



Dari hasil uji permeabilitas dan selektivitas dari membran hibrid nilon 6,6-kaolin dengan berbagai komposisi, maka didapat kondisi optimum pembuatan membran hibrid nilon 6,6-kaolinit adalah pada komposisi 80/20 dan waktu perendaman 5 menit (H20-5) dengan nilai permeabilitas sebesar $0,18 \times 10^{-1}$ ml/s bar, nilai rejeksi (selektivitas) sebesar 71,8%.

Tabel 5. Data selektivitas dan permeabilitas dari membran hibrid nilon 6,6-kaolin

Kode Membran	Berat Molekul Dekstran	Rejeksi Dekstran pada tekanan 2 bar (%)	Permeabilitas (Lp)(ml/s bar)
H2,5	8,5 - 11,5 Kda	39,6	$1,5 \times 10^{-3}$
	35 - 45 KDa	49,2	
	400 - 500 Kda	57,1	
H10	8,5 - 11,5 Kda	42,7	$4,29 \times 10^{-3}$
	35 - 45 KDa	50,7	
	400 - 500 Kda	59,9	
H20	8,5 - 11,5 Kda	45,3	$3,04 \times 10^{-3}$
	35 - 45 KDa	53,2	
	400 - 500 Kda	61,7	
H20	8,5 - 11,5 Kda	47,7	$0,18 \times 10^{-1}$
	35 - 45 KDa	56,3	
	400 - 500 Kda	71,8	

Kesimpulan

Komposisi kaolinit mempengaruhi karakter membran. Permeabilitas terkecil pada komposisi kaolinit 2,5 % b/b, sedangkan selektivitas terbesar pada komposisi kaolinit 20 % b/b, masing-masing adalah $0,18 \times 10^{-1}$ m/s bar dan 71,8%. Berdasarkan fluks air suling, membran hibrid yang dihasilkan adalah tipe mikrofiltrasi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada MHERE Project dengan surat kontrak pelaksanaan Research Grant No.010/RG/III/OR/I-MHERE/UR/VI/2009.

Daftar Pustaka

- Y. Li, B. Zhang and X. Pan (2008), Preparation and characterization of PMMA-kaolinite intercalation composites. *Composites Science and Technology*, 68, 1954-1961.
- Pertambangan dan Energi, (2006),
- S. S. Ray, K. Yamada, M. Okamoto and K. Ueda (2002), New polylactide/layered silicate nano-composite: a novel biodegradable material. *Nano Lett*, 2,1093-6.
- E.P Giannelis (1998), Polymer-layered silicate nanocomposites: synthesis, properties and applications. *Appl Organomet Chem*, 12, 675-80.
- B.M. Novak (1993), Hybrid nanocomposite materials - between inorganic glasses and organic polymers. *Adv. Mater*, 5, 422-427





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Kaolinit alam sebagai bahan membran hibrid nylon 6,6-kaolinit

- [6] C. Sanchez and F. Ribot 1994. Design of hybrid organic-inorganic materials synthesized via sol-gel chemistry. *New J. Chem*, **18**, 1007-1011.
- [7] P. Judeinstein and C. Sanchez, (1996), Hybrid organic- inorganic materials: a land of multi-disciplinarity. *J. Mater. Chem*, **6**, 511-515.
- [8] E.P. Giannelis (1996), Polymer layered silica nanocomposites. *Adv. Mater.*, **6**, 573-575.
- [9] T. Lan, P. D.Kaviratna, T. J. Pinnavaia (1994), On the nature of polyimide-clay hybrid composites. *Chem. Mater*, **6**, 573-575.
- [10] B.K.G. Theng (1979), *Formation and properties of clay polymer complexes*. Elsevier. Amsterdam.
- [11] T-Y. Tsai (2000), *In polymer-clay nano composites*. Editor: Pinnavaia, T. J dan G.W. Beall, Wiley, Chichester, England, 609 - 612.
- [12] Q.T. Nguyen and D. G. Baird (2006), Preparation of polymer-clay nanocomposite and their properties, *Adv. Polym. Technol*, **25**, 270-285.
- [13] A. Linggawati, Muhdarina, D. Lang and A.W. Mohammad (2004), Synthesis and characterization of clay filled polysulfone membran: the effect of composition and calcination of clay. *Proceeding of Regional symposium membrane science, Johor, Malaysia*.
- [14] T.Elzein, M.Brogly and J. Schultz (2002), Crystallinity measurements of polyamides adsorbed as thin films. *Polymer* **43**, 4811-4822.
- [15] A. Linggawati, A.W. Mohammad and Z. Gazali (2009), Effect of electron beam irradiation on morphology and sieving 4 characteristics of nylon-66 membranes. *European Polymer Journal*, **45**, 2797-2804.