

# Pengaruh Waktu Dan Tekanan Operasi Membran Keramik Mikrofiltrasi Tubular Terhadap Koefisien Rejeksi Warna Air Rawa Secara *Crossflow Filtration*

E.Elifiana<sup>1</sup>, Muhammad Sami<sup>2</sup>, Syarifah Keumala Intan<sup>3</sup>, Kurniati<sup>4</sup>, Abdul aziz<sup>5</sup> Sativa Farisha<sup>6</sup>

<sup>1,2,5,6</sup> Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>3,4</sup> Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

<sup>1</sup>elifiana@pnl.ac.id

**Abstrak**—Tidak mendukungnya kualitas warna sumber daya air rawa menjadi target dalam penelitian ini untuk menerapkan teknologi membran dalam menjernihkan air rawa yang diukur berdasarkan perubahan konsentrasi warna air rawa sebelum dan sesudah proses pengolahan, dinyatakan sebagai perentase koefisien rejeksi warna (% $R_{\text{warna}}$ ). Penelitian ini membuat membran berbahan campuran zeolit (Z), clay (CL) karbon aktif (CA), semen Portland putih (ZW) dan Polivinil Alkohol (PVA) dengan variasi komposisi Z:CL = 10:50 ( $M_1$ ); 30:30 ( $M_2$ ); dan 50:10 ( $M_3$ ), karbon aktif (CA) 25%, semen Portland putih (CW) 10% dan PVA 5%. Pembuatan membran keramik menggunakan metode sintering pada temperatur 800<sup>o</sup>C selama 6 jam. Proses pengolahan air rawa dilakukan secara *cross flow filtration* pada variasi tekanan 0,5-2,0 bar selama waktu filtrasi 15-75 menit. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh waktu filtrasi sistem aliran *crossflow filtration* terhadap selektivitas membran berdasarkan koefisien rejeksi penurunan konsentrasi warna pada berbagai variasi tekanan. Hasil penelitian menunjukkan koefisien rejeksi warna air rawa mencapai 98,44% pada waktu filtrasi 30 menit dan tekanan operasi 1,0 bar, yaitu pada membran  $M_3$  dengan fluks membran 352,69 L/m<sup>2</sup>.jam dan permeabilitas membran 352,69 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Hasil uji karakteristik membran  $M_3$  bertipe mikrofiltrasi dengan densitas membran 0,6849 gr/cm<sup>3</sup>, porositas membran 31,091%, dan ukuran pori membran 2,702-4,909  $\mu\text{m}$ .

**Kata kunci**—Air rawa, crossflow filtration, koefisien rejeksi warna, metode sintering, variasi zeolit dan clay

**Abstract**— Not supporting color quality of the resources peat water has become a target in this study to apply membrane technology in purify peat water which is measured based on changes in the color concentration of peat water before and after processing, expressed as a percentage of rejection coefficient color (% $R_{\text{color}}$ ). This research makes membranes made from a mixture of zeolite (Z), clay (CL) activated carbon (CA), white Portland cement (ZW) and Polyvinyl Alcohol (PVA) with various compositions Z:CL = 10:50 ( $M_1$ ); 30:30 ( $M_2$ ); and 50:10 ( $M_3$ ), 25% activated carbon (CA), 10% white Portland cement (CW) and 5% PVA. Ceramic membrane manufacture using the sintering method at a temperature of 800<sup>o</sup>C for 6 hours. The peat water treatment process is carried out by cross flow filtration at a pressure variation of 0.5-2.0 bar for a filtration time of 15-75 minutes. This study aims to see how the effect of crossflow filtration time on membrane selectivity based on the rejection coefficient of decreasing color concentration at various pressure variations. The results showed that the rejection coefficient of peat water color reached 98.44% at a filtration time of 30 minutes and an operating pressure of 1.0 bar, namely on an  $M_3$  membrane with a membrane flux of 352.69 L/m<sup>2</sup>.hr and a membrane permeability of 352.69 L/m<sup>2</sup>.hr.bar. The results of the characteristic test of the  $M_3$  membrane that were of the microfiltration type with density of membrane is 0.6849 gr/cm<sup>3</sup>, porosity of membrane is 31.091%, and sizepore membrane are 2.702-4.909  $\mu\text{m}$ .

**Keywords**— Peat water, crossflow filtration, rejection coefficient of color, sintering method, variation of zeolite and clay

## I. PENDAHULUAN

Air rawa adalah air permukaan yang banyak terdapat di daerah berawa maupun dataran rendah. Secara kuantitas air rawa berjumlah besar tetapi secara kualitas belum memadai persyaratan air konsumtif. Secara visual air rawa berwarna coklat kemerah-merahan, berasa asam dan berbau akibat dari proses pelapukan senyawa organik yang terkandung di dalamnya serta adanya kandungan logam besi (Fe) dan mangan (Mn) menyebabkan tingkat kekeruhan yang tinggi. [1]. Sehingga diperlukan suatu teknologi pengolahan air rawa yang aplikatif, ekonomis dan optimal untuk menghasilkan air memenuhi persyaratan kualitas air bersih sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 tahun 2017.

Tidak banyak produk yang mampu menjernihkan air rawa. Teknologi membran menjadi pilihan sebagai teknologi pengolahan air bersih yang praktis, efektif, hemat energy, tidak memerlukan bahan kimia dan aplikatif. Mahalnya harga membran komersial membuat tidak bermasyarakatnya membran pada masyarakat luas. Oleh karena itu diperlukan suatu inovasi untuk menghasilkan membran yang bersifat ekonomis dan aplikatif. Pemanfaatan bahan alam seperti

zeolit, kaolin, arang aktif tempurung kelapa diformulasi menjadi produk membran perlu dilakukan.

Zeolit telah banyak diaplikasikan sebagai adsorben, penukar ion, penyaring molekul sebagai katalis, serta sebagai bahan pengering (<http://zeolit>) Kaolin banyak digunakan di industri keramik, industri farmasi, industri karet, dan penjernihan air (<https://kaolin>) karena memiliki sifat permeabilitas rendah dan sangat kohesif. [2]. Karbon aktif dari arang tempurung kelapa banyak digunakan sebagai bahan penyerap pengotor, penjernihan air dan menyerap bau.

Semen Portland putih merupakan bahan perekat terdiri dari senyawa kalsium silika hidrat yang apabila bereaksi dengan air akan mengikat bahan padat lainnya, membentuk satu kesatuan massa yang kompak, padat dan keras [3]. Polivinil alkohol (PVA) merupakan senyawa organik yang larut dalam air, berfungsi sebagai bahan adesif (perekat) dan akan terbakar pada suhu tinggi. Sifat PVA dapat mudah larut dalam air, fleksibel dan mudah dibentuk. Semen Portland putih dan PVA telah digunakan sebagai perekat membran anorganik atau membran keramik. [3][4][5],

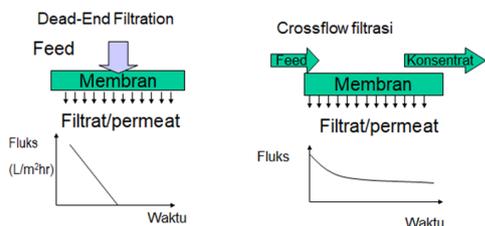
Keberhasilan proses penjernihan air dengan membran juga tergantung pada kualitas suatu produk membran yang

ditentukan oleh jenis, komposisi, ukuran partikel, dan temperatur sinteringnya [6]. Proses pemisahan dengan membran memiliki kemampuan memindahkan salah satu komponen berdasarkan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Air bersih yang mampu melewati luas permukaan membran dalam waktu tertentu dinyatakan dengan fluks. Perpindahan yang terjadi karena adanya gaya dorong (driving force) dalam umpan yang berupa beda tekanan ( $\Delta P$ ), beda konsentrasi ( $\Delta C$ ), beda potensial listrik, dan beda temperatur serta selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi.

Aplikasi membran keramik berbasis zeolit dan variasi clay-karbon aktif dan perekat semen portland putih dan PVA mampu mereduksi 83,78% logam Fe dan 90,40% logam Mn dalam air tanah secara cross flow filtration selama 15 menit pada variasi tekanan 0,5-2,0 bar. Membran terklasifikasi mikrofilter dengan fluks membran 200-500 L/m<sup>2</sup>.jam, dan permeabilitas membran 150-750 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Permselektivitas membran lebih selektif terhadap penyisihan mangan (Mn). Komposisi membran terbaik adalah pada membran M3 (zeolit 10%, tanah liat 50%, karbon aktif 25%, semen Portland putih 10% dan PVA 5%) [5]

Penelitian ini melanjutkan komposisi membran dengan memvariasikan zeolit dan kaolin (10%, 30%, dan 50%) sedangkan karbon aktif, semen Portland putih dan PVA tetap pada komposisi masing-masing 25%, 10% dan 5%, disintering pada suhu 800<sup>o</sup>C. Membran diaplikasikan untuk menjernihkan warna air rawa gambut di Desa Tempok Teungoh Kota Lhokseumawe dengan mengamati perubahan warna dan TDS selama 15-75 menit secara cross flow filtration pada variasi tekanan 0,5-2,0 bar.

Membran keramik tubular merupakan suatu media berpori berbentuk seperti tabung, bersifat semipermeabel berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (spesi) dalam suatu system larutan. Membran berfungsi sebagai penghalang (barrier) yang selektif diantara dua fasa, yaitu hanya dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membrane [10]. Fasa umpan atau konsentrat mengandung komponen yang tertahan sedangkan fasa permeat mengandung komponen yang lolos melalui membran. Sistem pengoperasian membran ada dua yaitu system dead-end dan crossflow, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. System dead-end dan crossflow filtration

Fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu dengan adanya gaya dorong berupa tekanan, dinyatakan dengan persamaan 1.

$$J_x = \frac{V}{A \cdot t} \tag{1}$$

dimana  $J_x$  (fluks, L/m<sup>2</sup>.jam),  $V$  (volume permeat, L),  $A$  (luas permukaan membran, m<sup>2</sup>), dan  $t$  (waktu, jam).

Permeabilitas membran adalah besarnya aliran permeate yang melewati luas permukaan membran dengan adanya gaya dorong berupa tekanan, dinyatakan dengan persamaan 2.

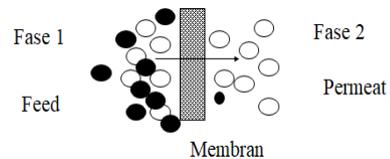
$$Q_x = \frac{V}{\Delta P} \tag{2}$$

dimana  $Q_x$  (permeabilitas membran, L/m<sup>2</sup>.jam.bar), dan  $\Delta P$  (tekanan, bar).

Permselektivitas menyatakan ukuran kemampuan membran berpori menahan suatu spesi atau melewati suatu spesi tertentu, dinyatakan dengan koefisien rejeksi (%R) membran sesuai persamaan 3.

$$\%R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\% \tag{3}$$

dimana  $C_f$  dan  $C_p$  adalah konsentrasi zat terlarut pada umpan dan permeate. Permselektivitas membran diperlihatkan seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2 Permselektivitas membran

Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh waktu filtrasi sistem *cross flow filtration* terhadap selektivitas membran berdasarkan koefisien rejeksi penurunan konsentrasi warna pada berbagai variasi tekanan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan secara rinci tentang penelitian yang dilakukan.

### A. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Air dan Limbah, Pilot Plant, Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Pengujian jurusan Teknik Kimia.

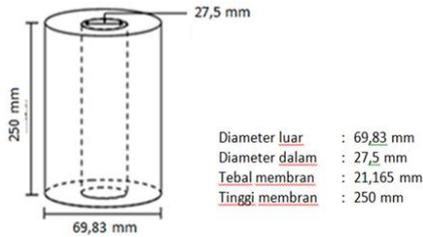
### B. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: air tanah, zeolit, clay, karbon aktif, semen portland putih, PVA, reagen untuk analisa warna, aquades dan kertas lakmus universal.

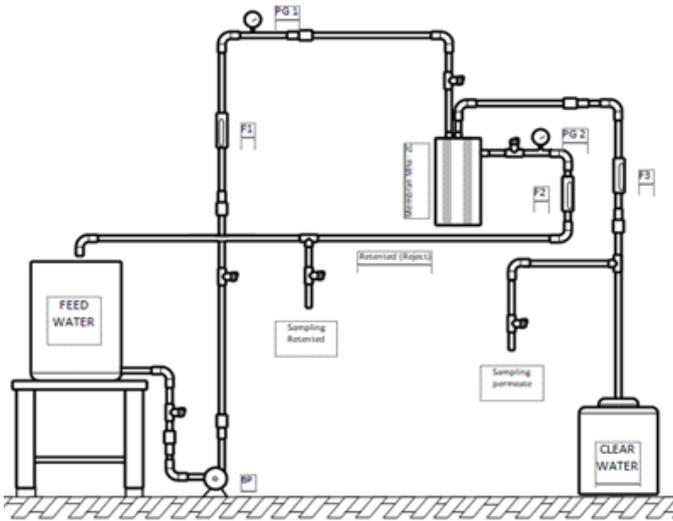
Peralatan yang digunakan chrusser, ayakan, timbangan, oven, furnace, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), cetakan membran tubular, prototipe teknologi membran keramik tipe tubular.

**C. Spesifikasi cetakan membran tubular dan bagan alir proses**

Cetakan membran tubular yang digunakan berupa silinder berlubang di bagian tengah terbuat dari alumunium, besi dan plastik fiber padu dengan spesifikasi seperti gambar 1 dan skema prototype pengolahan air menggunakan membran keramik tubular ditunjukkan dalam Gambar 3.



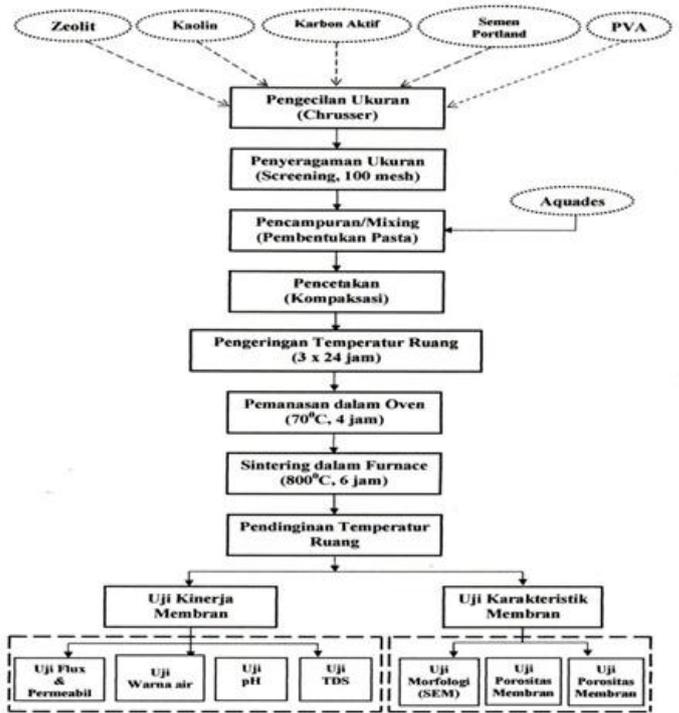
Gambar 3 Spesifikasi membrane tubular



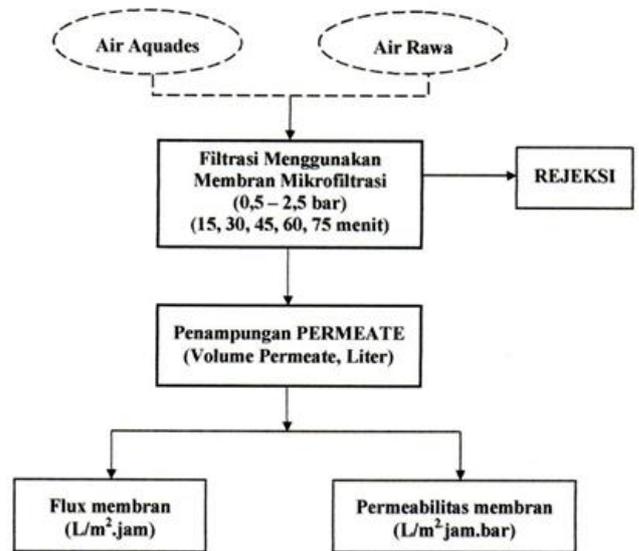
Gambar 4 Skema prototipe unit membran mikrofiltrasi

TABEL I  
VARIABEL PENELITIAN

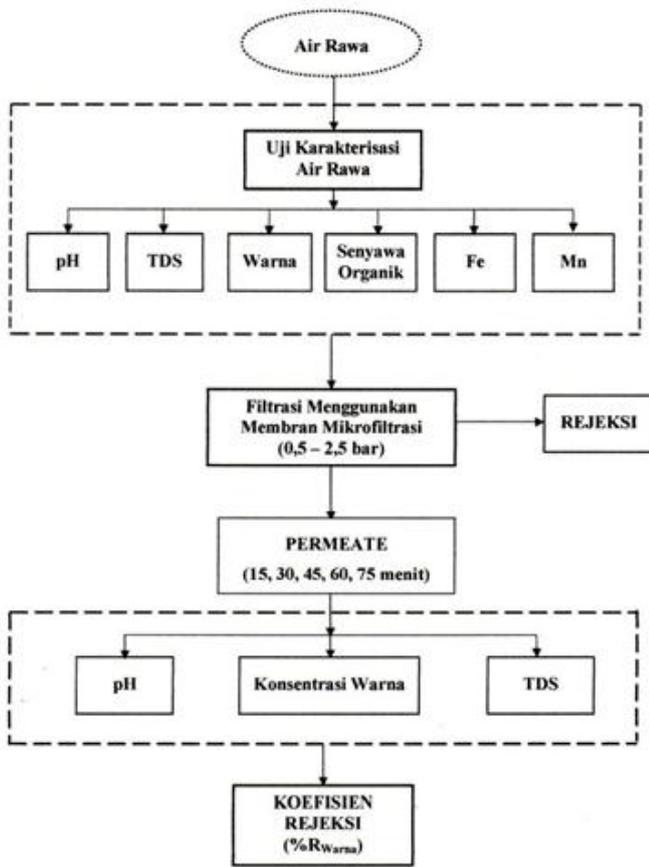
Inisial	Komposisi (%)				
	Zeolit	Clay (CL)	Karbon Aktif (CA)	Semen Portland (CW)	PVA
M1	10	50	25	10	5
M2	30	30	25	10	5
M3	50	10	25	10	5



Gambar 5 Blok diagram proses pembuatan membran keramik tubular [7]



Gambar 6 Blok diagram proses uji fluks membran [6]



Gambar 7 Blok diagram proses filtrasi air rawa menggunakan membran mikrofiltrasi secara *cross flow filtration* [6]

Air rawa yang sudah dikarakterisasi diisi ke dalam feed water tank, kemudian dipompakan ke dalam housing membran yang telah berisi membran keramik mikrofiltrasi berbentuk tubular. Pengoperasian dilakukan pada variasi tekanan 0,5-2,0 bar dengan mengatur keran retented. Proses penyaringan dilakukan secara sistem *cross flow filtration* pada variasi waktu 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Air pada aliran permeate ditampung dan diukur volumenya setiap variasi waktu untuk dihitung flux membran. Permeabilitas membran juga diukur setiap uji flux setiap perubahan tekanan operasi. Untuk mengetahui permselectifitas membran maka setiap variasi waktu untuk setiap variasi tekanan 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 bar sampel air pada aliran permeate diambil dan dianalisa perubahan pH, dan konsentrasi warna. Sehingga diperoleh koefisien rejeksi membran (%R<sub>warna</sub>) menggunakan rumus:

$$R(\%) = \left(1 - \frac{C_{permeate}}{C_{umpan}}\right) \times 100\%$$

dimana : %R = Persentasi tahanan  
 C<sub>permeate</sub> = konsentrasi partikel dalam permeate  
 C<sub>umpan</sub> = konsentrasi partikel dalam umpan

Sedangkan besarnya flux dan permeabilitas membran dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$J_x = \frac{V}{A \cdot t} \text{ dan } Q_x = \frac{J_x}{\Delta P}$$

dimana J<sub>x</sub> = flux (L/m<sup>2</sup>.jam); Q<sub>x</sub> = permeabilitas membran (L/m<sup>2</sup>.jam.bar); V = volume permeate (L); A = luas permukaan membran (m<sup>2</sup>); t = waktu (jam); dan ΔP = tekanan operasi (bar).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

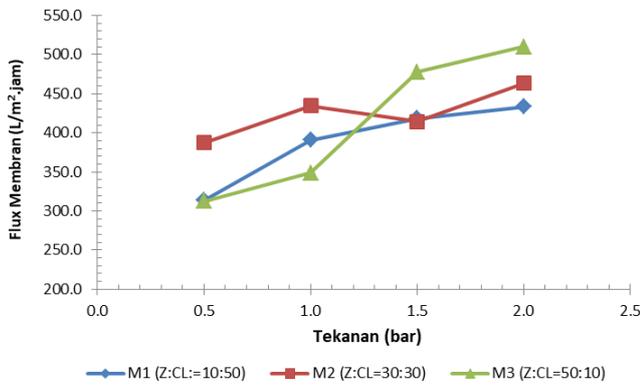
Pada prinsipnya membran berfungsi sebagai media untuk memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul dan menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran yang lebih besar dari pori-pori membran. Pada penelitian ini membran dibuat menggunakan campuran zeolit (Z), clay (CL), karbon aktif (CA), serta semen portland putih (CW) dan PVA sebagai perekat.

Pembuatan membran dilakukan menggunakan metode Sintering pada suhu 800<sup>0</sup>C. Membran yang dibentuk dari campuran-campuran bahan ini diharapkan mampu bertindak bukan hanya sebatas memisahkan material berdasarkan ukuran molekul yang lebih besar dari ukuran pori membran akan tetapi diharapkan luas permukaan membran mampu terjadi proses adsorpsi dan pertukaran ion antara ion negatif material zeolit, clay dan karbon aktif dengan kation material air rawa seperti ion Fe dan Mn yang menyebabkan air rawa itu berwarna. Untuk membuktikan hipotesa yang diajukan tersebut maka perlu diketahui kinerja membran yang dihasilkan dengan melihat bagaimana pengaruh tekanan terhadap permselectivitas membran berdasarkan koefisien rejeksi warna air gambut yang dihasilkan.

Untuk mengetahui kinerja membran keramik tubular yang dihasilkan maka akan dilihat bagaimana pengaruh tekanan terhadap fluks membran (J<sub>v</sub>), permeabilitas membrane (QP) dan koefisien rejeksi membran (%R) dari setiap komposisi bahan membran. Fluks menyatakan jumlah permeate yang mampu melewati luas permukaan membran, sedangkan permeabilitas membran merupakan laju alir permeate yang melewati membran dengan adanya gaya dorong berupa tekanan. Sedangkan permselectivitas digambarkan dengan koefisien rejeksi membran (%R) yang menyatakan ukuran kemampuan membran keramik tubular menahan suatu spesi atau melewati suatu spesi tertentu. [14]

#### D. Pengaruh Tekanan Terhadap Fluks Membran dan Permeabilitas Membran

Pengaruh tekanan terhadap fluks membran dari berbagai komposisi bahan membran diperlihatkan dalam grafik 7.

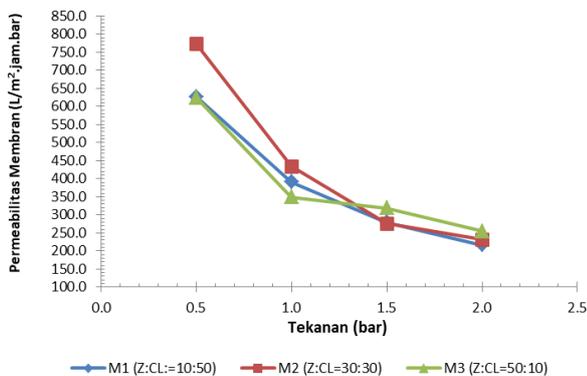


Gambar 7 Pengaruh tekanan terhadap fluks membran pada berbagai variasi komposisi membrane

Dari grafik 7 dapat dilihat bahwa untuk semua variasi komposisi membran semakin besar tekanan semakin besar fluks membran yang diperoleh. Hal ini disebabkan semakin besar tekanan semakin besar gaya dorong. Semakin besar gaya dorong fluida ke dalam sistem maka semakin besar spesies dalam fluida yang berukuran lebih kecil dari pori membran terlewatkan, dan semakin besar pula spesies berukuran lebih besar dari pori membran terdorong melewati membran dan tertampung pada aliran permeat. Sehingga pada waktu cross flow filtration yang sama semakin besar tekanan semakin besar gaya dorong semakin besar volume fluida yang tertampung dalam aliran permeat.

Dari grafik 7 dapat dilihat bahwa fluks terbesar 509,89 L/m<sup>2</sup>.jam pada komposisi membran M3 dan fluks terkecil 312,38 L/m<sup>2</sup>.jam. Berdasarkan nilai fluks membran yang diperoleh untuk seluruh variasi komposisi membran M4, M2, dan M3 dapat dinyatakan bahwa membran terklasifikasi dalam tipe membrane mikrofiltrasi yang memiliki syarat fluks membran >50 L/m<sup>2</sup>.jam.

Jika fluks membran menyatakan jumlah permeat yang mampu melewati luas permukaan membrane, maka permeabilitas membran merupakan laju alir permeat yang melewati membran dengan adanya gaya dorong berupa tekanan. Sehingga semakin besar tekanan semakin besar fluks semakin kecil permeabilitas. Pengaruh tekanan terhadap permeabilitas membran ditunjukkan secara grafis pada Grafik 8.

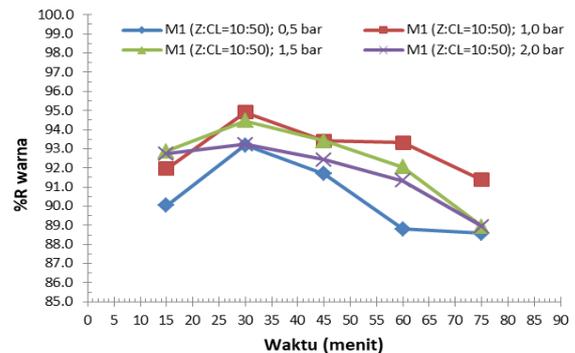


Gambar 8 Pengaruh tekanan terhadap permeabilitas membran pada berbagai variasi komposisi membran

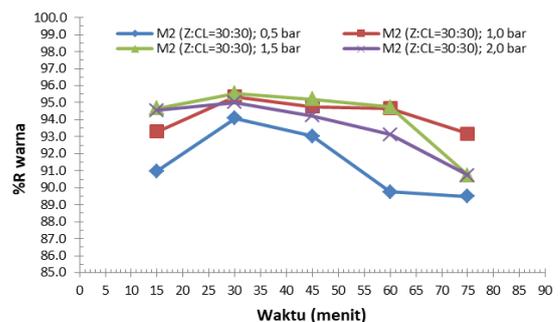
Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa untuk setiap variasi komposisi bahan membran M1, M2, dan M5 menyatakan semakin besar tekanan cross flow filtration semakin kecil permeabilitas membran yang diperoleh. Hal ini disebabkan permeabilitas membran merupakan laju alir permeat yang melewati luas permukaan membran yang nilainya berbanding terbalik dengan gaya dorong dari tekanan yang diberikan. Sehingga semakin besar tekanan semakin besar fluks membran dan semakin kecil permeabilitas membran. Dari grafik 8 dapat dilihat bahwa permeabilitas membran terbesar 773,90 L/m<sup>2</sup>.jam.bar pada komposisi membran M2 dan tekanan 0,5 bar. Permeabilitas membran terkecil 216,65 L/m<sup>2</sup>.jam.bar pada komposisi membrane M1 dan tekanan 2,0 bar

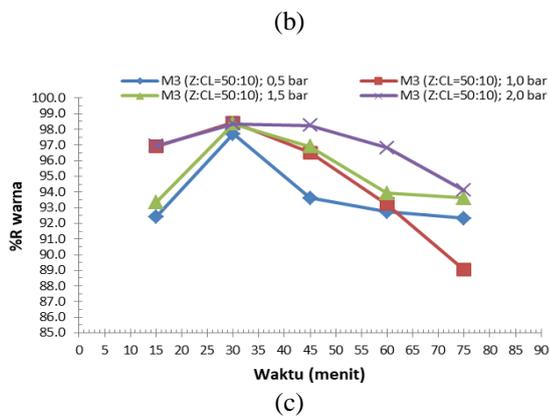
E. Pengaruh Waktu Filtrasi Terhadap Koefisien Rejeksi Warna Air Rawa (%R<sub>warna</sub>) pada Berbagai Variasi Tekanan pada Setiap Komposisi Membran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kemampuan membran dalam menjernihkan air hampir memberikan hasil sempurna. Sampel air rawa sebelum melewati membran sebesar 22.239,5 PtCo. Efisiensi penurunan konsentrasi warna air dinyatakan dengan koefisien rejeksi (%R<sub>warna</sub>) yang diperoleh untuk setiap komposisi membran M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> dan M<sub>3</sub> yang dioperasikan pada waktu filtrasi 15-75 menit dan variasi tekanan 0,5-2,0 bar ditunjukkan secara grafik ditampilkan pada Gambar 9.



(a)





Gambar 9 Pengaruh tekanan terhadap permeabilitas membran pada berbagai variasi komposisi membran Pengaruh waktu filtrasi sistim cross flow filtration terhadap koefisien rejeksi warna pada berbagai variasi tekanan untuk: (a) Membran M<sub>1</sub>; (b) Membran M<sub>2</sub> ; dan (c) Membran M<sub>3</sub>

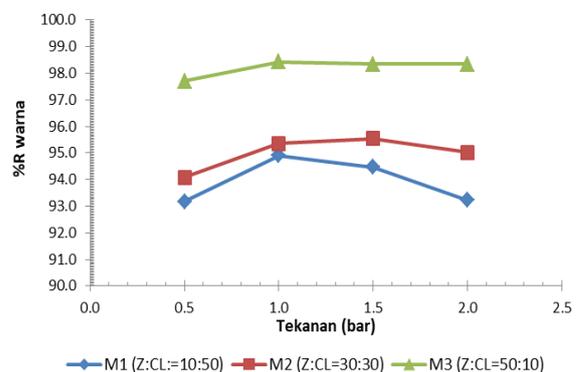
Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa dari waktu ke waktu dalam rentang 75 menit penyisihan konsentrasi zat warna pada setiap tekanan paling baik pada waktu 30 menit yang menyebabkan koefisien rejeksi warna menjadi meningkat. Kemampuan rejeksi berbeda-beda pada setiap tekanan, penyaringan yang memiliki koefisien rejeksi yang besar pada waktu 30 menit yaitu tekanan 1,0 bar. Perubahan konsentrasi warna air rawa setelah melewati membran sebagai permeat menunjukkan bahwa telah terjadi penyeleksian partikel penyebab warna air rawa yang tidak mampu menembus membran sehingga partikel tersebut terpisah dan terejeksi ke aliran retented (konsentrat). Dengan meningkatnya tekanan akan menyebabkan meningkatnya gaya dorong partikel menembus membran sehingga konsentrasi warna air rawa relatif kecil terjadi penurunan pada aliran permeat. Semakin lama waktu penyaringan juga tidak memberikan indikasi peningkatan koefisien rejeksi pada aliran permeat. Justru menyebabkan kejenuhan pada permukaan pori membran sehingga partikel yang tertahan pada permukaan membran akan terdorong menembus pori membrane menyebabkan koefisien rejeksi pada aliran permeat menjadi kecil. Hasil penelitian menunjukkan efektifitas waktu filtrasi optimum pada 30 menit untuk semua jenis membrane M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub>. Selektivitas membran sendiri bergantung pada interaksi antarmuka dari membran dengan spesi yang akan melewati serta ukuran pori membran tersebut. Koefisien rejeksi warna tertinggi disebut sebagai efisiensi penyisihan warna untuk kinerja membran adalah 98,44% diperoleh pada waktu filtrasi 30 menit dan tekanan operasi 1,0 bar untuk membrane M<sub>3</sub>, 95,36% untuk membran M<sub>2</sub>, dan 94,91% untuk membrane M<sub>1</sub>. Semakin banyak jumlah zeolit maka semakin baik kinerja membran.

F. Pengaruh Tekanan Terhadap Permselectifitas Membran berdasarkan Koefisien Rejeksi (%R) dan pH

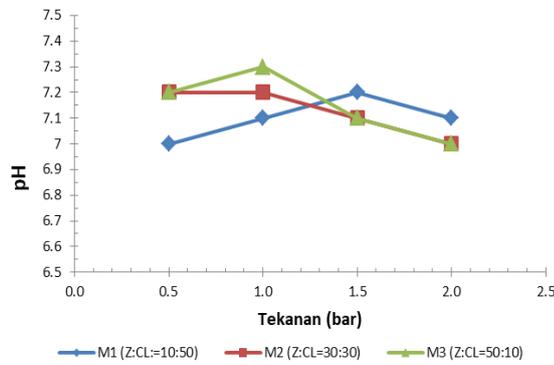
Faktor yang mempengaruhi permselectifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, larutan umpan dan ukuran pori membran. Koefisien rejeksi (%R) yang menggambarkan permselectifitas membran merupakan fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Nilai R bervariasi antara 0 – 100%, dimana R 100% artinya terjadi pemisahan sempurna, dalam hal ini membran semipermeabel ideal, sedangkan nilai R 0% berarti semua partikel lolos dari membran [15]. Oleh karena itu permselectifitas membran digambarkan dengan koefisien rejeksi (%R) membran, menyatakan ukuran kemampuan membran keramik menahan suatu spesi atau melewati suatu spesi tertentu, dalam penelitian ini yang dimaksud adalah warna air rawa.

Pada penelitian ini air rawa yang digunakan berasal dari air empang di daerah Gampong Tempok Teungoh Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. Hasil uji laboratorium diperoleh air rawa daerah tersebut memiliki konsentrasi warna 22.239,50 Pt.Co. Nilai konsentrasi ini melebihi besarnya nilai baku mutu standard air bersih dengan merujuk pada Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2007 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum. Oleh karena itu aplikasi membran keramik tubular dari berbagai komposisi membran M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub>, diuji kinerjanya dengan melihat koefisien rejeksi warna air rawa yang melewati setiap membran secara crossflow filtration.

Suatu fenomena umum yang sering terjadi dalam suatu proses pemisahan dengan membran, yaitu apabila fluks membran yang dihasilkan besar maka permselectifitas membran rendah, dan jika fluks yang dihasilkan rendah maka permselectifitas membran tinggi. Begitu juga sebaliknya jika permselectifitas tinggi maka fluks juga akan rendah. Hasil permselectifitas membran berdasarkan koefisien rejeksi warna air rawa dan pH air rawa pada akhir operasi filtrasi ditunjukkan dalam gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Pengaruh tekanan operasi terhadap koefisien rejeksi warna air rawa pada variasi komposisi membran

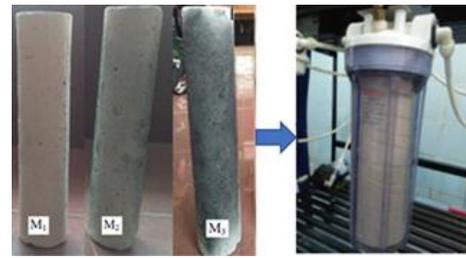


Gambar 11. Pengaruh tekanan operasi terhadap pH air rawa pada variasi komposisi membrane

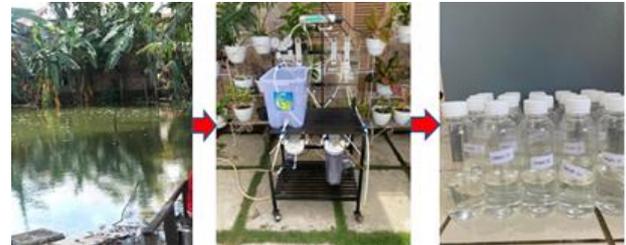
Dari grafik pada gambar 10 dan 11 dapat dilihat bahwa untuk setiap variasi komposisi membran M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub>, menunjukkan koefisien rejeksi warna (%R<sub>warna</sub>) terbaik adalah pada tekanan 1,0 bar. Hal ini disebabkan semakin kecil tekanan semakin kecil gaya dorong maka semakin sedikit jumlah partikel yang mampu melewati pori membran karena tertahan pada permukaan membran dan terlepas terikut pada aliran retented. Dengan sedikitnya jumlah partikel yang mampu lolos melewati membran maka konsentrasi warna dalam aliran permeat kecil. Semakin kecil konsentrasi warna dalam air yang tertampung sebagai permeat maka koefisien rejeksi semakin besar. Semakin besar koefisien rejeksi semakin baik kinerja membran. Semakin besar koefisien rejeksi menunjukkan permeabilitas membran adalah terhadap spesi tertentu yang tidak mampu melewati membran.

Oleh karena itu aplikasi membran keramik tubular dari berbagai komposisi membran M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub> diuji kinerjanya dengan melihat koefisien rejeksi warna air rawa yang melewati setiap membran secara crossflow filtration. Dari grafik 10 dan 11 untuk semua membran M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub> yang dioperasikan secara cross flow filtration maka diperoleh tekanan operasi terbaik adalah 1,0 bar, dimana koefisien rejeksi warna yang terbesar untuk membran M<sub>1</sub> adalah 94,91%, 95,36% untuk membrane M<sub>2</sub>, dan 98,44% untuk membrane M<sub>3</sub>.

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa air rawa yang telah melewati membran sebagai permeat menunjukkan pH air bersih yang diperoleh berkisar 7,0 – 7,3 bersifat netral dari sebelumnya bersifat asam pada pH 2,6. Hal ini disebabkan derajat keasaman (pH) air sangat dipengaruhi oleh partikel yang terlarut dalam air rawa tersebut. Ketika partikel air penyebab warna telah mampu terpisah setelah melewati membran menyebabkan kandungan partikel dalam aliran permeat berkurang sehingga pH air netral. Produk membran dan air aliran permeat ditunjukkan dalam Gambar 12 dan 13.



Gambar 12 Membran M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub>, dan housing yang telah berisi membrane M<sub>3</sub>



Gambar 13 Air sebelum diolah dan setelah diolah menggunakan membrane keramik tubular M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, dan M<sub>3</sub>

Membran M<sub>3</sub> merupakan membran terdiri dari campuran bahan zeolit 50%, clay 10%, karbon aktif 25%, semen Portland putih 10% dan PVA 5%. Sedangkan membran M<sub>2</sub> terdiri dari campuran bahan zeolite 30%, clay 30%, karbon aktif 25%, semen Portland putih 10% dan PVA 5%. Sedangkan membran M<sub>1</sub> terdiri dari campuran bahan zeolite 10%, clay 50%, karbon aktif 25%, semen Portland putih 10% dan PVA 5%. Berdasarkan komposisi ini terlihat jumlah zeolit sangat berpengaruh terhadap koefisien rejeksi warna air rawa, dan optimum Membran M<sub>3</sub>. Semakin banyak jumlah zeolite semakin baik kinerja membrane. Hal ini disebabkan zeolite mempunyai kemampuan pertukaran ion penyebab warna air gambut, seperti senyawa organik ion besi, dan ion Mn. Hal ini juga dapat dilihat dari indikasi pH air rawa dari 2,6 meningkat menjadi 7,3.

### G. Pengaruh Komposisi Membran terhadap Karakteristik Membran

Struktur morfologi membran sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bahan-bahan penyusunnya, keberhasilan proses adonan, proses pencetakannya, kompaksi, dan proses sinteringnya. Untuk mengetahui karakteristik membran yang dihasilkan perlu dilakukan uji sifat fisik membran seperti uji densitas secara gravimetri, uji porositas menggunakan metode gelembung udara, dan uji ukuran pori membran menggunakan SEM a9Scanning Electron Michroschopy). Berdasarkan hasil karakteristik ini akan diketahui type membran yang dihasilkan.

Analisa SEM (Scanning Elctron Microscope) bertujuan untuk dapat mengetahui karakteristik dari membran keramik, dapat melihat morfologi yang meliputi struktur dan penampang lintang serta untuk mengetahui statistika pori yaitu distribusi pori dan ukuran pori membran keramik.

Berhubungan dengan hasil nilai porositas, densitas dan fluks yang didapati, pada analisa membran keramik dengan parameter tersebut dalam variasi komposisi dianalisa struktur morfologi membran menggunakan alat SEM. Adapun hasil analisa membran menggunakan SEM dapat dilihat pada gambar 14.

Hasil pengujian stuktur morfologi membran dilakukan pembesaran 1000x dihasilkan warna gelap menunjukkan pori membran. Dapat dilihat pada gambar pori membran yang terbentuk memiliki ukuran diameter yang tidak seragam hal tersebut dapat disebabkan oleh pembakaran yang belum sempurna tercapai. Ukuran diameter pori yang terbentuk rata-rata yaitu M1 4,909  $\mu\text{m}$  ; M2 4,425  $\mu\text{m}$ , dan M3 2,702  $\mu\text{m}$ . Dari hasil ukuran pori yang diperoleh semakin besar jumlah zeolite maka semakin kecil ukuran pori yang diperoleh dan semakin besar koefisien rejeksi yang diperoleh. Berdasarkan ukuran pori yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa membrane keramik M1, M2, dan M3 memeuhi standar membran keramik mikrofiltrasi (0,05-10  $\mu\text{m}$ ). Pada gambar dapat terlihat bahwa jumlah rongga membran masih tidak beraturan. Ukuran pori berada pada standar mikrofiltrasi hanya saja jumlah pori tidak beraturan dan kepadatan bahan belum merata. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kompaksi tidak dilakukan dengan baik dan saat dilakukan sintering belum sempurna, pembakaran tidak merata. Hasil uji karakteristik membran ditampilkan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil uji karakteristik membran M1, M2 dan M3 pada Suhu Sintering 800<sup>0</sup>C selama 6 jam

No.	Komposisi (%) (Z : CL : CA : CW : PVA)	Membran	Size Pore Membran ( $\mu\text{m}$ )	Densitas g/cm <sup>3</sup>	Porositas (%)
1	10 : 50 : 25 : 10 : 5	M <sub>1</sub>	4,909	0,6886	30,251
2	30 : 30 : 25 : 10 : 5	M <sub>2</sub>	4,425	0,6799	31,588
3	50 : 10 : 25 : 10 : 5	M <sub>3</sub>	2,702	0,6849	31,091

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa membran keramik tubular berbahan zeolite, clay, karbon aktif, semen Portland putih dan PVA memiliki kinerja fluks membran 352,69 L/m<sup>2</sup>.jam dan permeabilitas membran 352,69 L/m<sup>2</sup>.jam.bar. Koefisien rejeksi warna terbaik adalah 98,44% diperoleh pada tekanan 1,0 bar selama waktu filtrasi 30 menit yaitu pada membran M3. Hasil uji karakteristik membran diperoleh densitas membran M3 0,6849 gr/cm<sup>3</sup> memiliki porositas 31,091%, dan ukuran pori membran 2,702-4,909  $\mu\text{m}$  menggunakan SEM. Berdasarkan hasil uji karakteristik membran yang diperoleh maka membrane keramik tubular berbahan zeolite, clay, karbon aktif, semen Portland putih dan PVA memenuhi syarat sebagai membran mikrofiltrasi

#### REFERENSI

[1] [Elfiana, Zulfikar, "PENURUNAN KONSENTRASI ORGANIK AIR GAMBUT secara AOP ( Advanced

Oxidation Processes ) dengan FOTOKIMIA SINAR UV dan UV-PEROKSIDASI," no. SNYube, pp. 233–240, 2012.

[2] J. A. J. Ginting, A. S. Budi, and E. Budi, "Penggunaan Membran Keramik Berbasis Zeolit Dan Clay Dengan Karbon Aktif Sebagai Aditif Untuk Penurunan Kadar Fe Dan Mn Pada Air Tanah Daerah Bekasi," Semin. Nas. Fis. 2012, pp. 72–75, 2012.

[3] M. A. Akbar, "Pembuatan membran mikrofil terzeolit alam dengan penambahan semen portland putih," 2010.

[4] M. A. L. I. Akbar, "Dengan Penambahan Semen Portland Putih Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah 2010 M / 1431 H," 2010.

[5] Elfiana, A. Fuadi, and S. Diana, "Effectiveness of inorganic membrane mixture of natural zeolite and portland white cement in purifying of peat water based on turbidity parameter," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 345, no. 1, 2018.

[6] C. A. R. E. Elfiana<sup>1</sup>, Ridwan<sup>2</sup>, Muhammad Sami<sup>3</sup>, Syarifah Keumala Intan<sup>4</sup>, "Artikel Rek 2021 024," in Klasifikasi dan Permeabilitas Membran Keramik Tubular Berbasis Zeolit Dan Variasi Clay-Karbon Aktif Berdasarkan Fluks, Permeabilitas Membran dan Koefisien Rejeksi Ion Fe dan Ion Mn dalam Air Tanah, 2020, p. A-127-A-131.

[7] E. Elfiana, S. Diana, A. Fuadi, and R. Fauzan, "Characterization Study of Inorganic Hybrid Membrane of Mixed Activated Zeolite and Clay with PVA Adhesives using Sintering Method for colourless Peat Water," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 536, no. 1, 2019.

[8] P. Susmanto, J. P. S, and A. Rumaiza, "Pengolahan Air Rawa Menjadi Air Bersih di Daerah Timbangan Indralaya (-3,201341 LS 104,6513881 BT) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi," Pros. Semin. Nas. Avoer VI, Univ. Sriwij. 30 - 31 Oktober 2014, 2014.

[9] N. I. Said, Kesehatan masyarakat dan teknologi peningkatan kualitas air. Direktorat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi INF, 1999.

[10] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum," Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones., pp. 17–20, 2017.

[11] S. Agmalini, N. N. Lingga, and S. Nasir, "Peningkatan Kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat dan Abu Terbang Batubara," J. Tek. Kim., vol. 19, no. 2, pp. 59–68, 2013.

[12] P. R. Indonesia, PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 82 TAHUN 2001 Tentang PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA, vol. 7, no. 2. 2001.

- [13] N. Widayanti, “Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Variasi Komposisi Pelarut Aseton dan Asam Format,” 2013.
- [14] R. W. BAKER, *Membrane Technology*, Third Edit. Newark, California: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2012.
- [15] J. A. Pinem, “Sintesis , Karakterisasi dan Penggunaan Membran Hibrid Organik-Anorganik untuk Pengolahan Air Gambut Jhon Armedi Pinem,” 2011, pp. 1–6.
- [16] S. Arief and D. Nasmiati, “Studi Membran Anorganik Berbahan Dasar dari Alam serta Potensinya sebagai Filter,” 2013, pp. 401–406.
- [17] S. D. Elfiana, Anwar Fuadi, *EFEKTIVITAS KINERJA MEMBRAN HIBRID ANORGANIK BERBASIS BAHAN DASAR ALAM TERAKTIVASI UNTUK APLIKASI PENINGKATAN KUALITAS AIR GAMBUT*, 1st ed., no. November. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe, 2018.
- [18] E. Elfiana, M. Sami, S. K. Intan, A. Fuadi, and A. H. Salam, “Studi Karakterisasi dan Selektifitas Membran Mikrofilter Berbahan Dasar Clay-Zeolit Teraktivasi Asam-Basa Berdasarkan Parameter Senyawa Organik Air Gambut A x t,” vol. 3, no. 1, pp. 129–133, 2019. ]