



Membran Keramik Berbahan Dasar Tanah Liat dan Fly Ash untuk Penyisihan Warna dan Zat Organik pada Air Gambut¹

Clay and Fly Ash Based Ceramic Membranes for Removal of Color and Organic Substances in Peat Water

Lita Darmayanti^{a,2}, Mutia Putri^a, Edward HS^a

^a Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau

ABSTRAK

Air gambut adalah air permukaan atau air tanah yang banyak terdapat di daerah pasang surut, berawa dan dataran rendah, berwarna merah kecoklatan, dan memiliki kandungan organik tinggi. Jumlahnya yang banyak membuat air gambut menjadi sumber air alternatif bagi masyarakat yang tinggal di lahan gambut meski belum memenuhi baku mutu air bersih. Penelitian ini bertujuan mengolah air gambut menggunakan proses filtrasi membran keramik dari bahan tanah liat dan *fly ash* batubara untuk menyisihkan warna dan zat organik. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan komposisi bahan dan temperatur pembakaran membran keramik terbaik dengan komposisi bahan TL:FA (60:40; 50:50; 40:60 %) dan temperatur pembakaran (750; 800; 850 °C), serta menghitung laju kecepatan alirannya (fluks). Komposisi bahan dan temperatur pembakaran terbaik didapatkan pada komposisi 50:50 % dan temperatur 850 °C dengan efisiensi penyisihan warna dan zat organik yang dihasilkan berurutan sebesar 98,70% dan 94,35%, sedangkan nilai fluks tertinggi diperoleh pada membran keramik dengan komposisi 40:60 % dan temperatur pembakaran 850 °C yaitu sebesar 0,96 L/m².jam.

Kata kunci: air gambut, filtrasi, fly ash, membran keramik, tanah liat

ABSTRACT

Peat water is surface water or groundwater that is widely found in tidal areas, swampy and lowland, brownish red, and has a high organic content. The large amount makes peat water an alternative source of water for people who live on peatlands even though they have not met the standards of clean water quality. This study aims to treat peat water using the ceramic membrane filtration process of clay materials and coal fly ash for the removal of color and organic substances. Research is conducted by varying the composition of the material and temperature of ceramic membrane combustion with the composition of TL:FA (60:40; 50:50; 40:60%) and combustion temperature (750; 800; 850 °C), and calculating the rate of flow speed (flux). The best composition of materials and combustion temperatures are obtained at a composition of 50:50% and a temperature of 850 °C with the efficient removal of color and organic substances are 98.70% and 94.35% respectively. In contrast, the highest flux values are obtained in ceramic membranes with a composition of 40:60% and combustion temperatures of 850 °C which is 0.96 L / m².h.

Keywords: ceramic membranes, clay, filtration, fly ash, peat water

¹ Info Artikel: Received: 6 Desember 2021, Accepted: 24 Februari 2022.

² Corresponding Author: Lita Darmayanti, litadarmayanti@eng.unri.ac.id

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan vital bagi seluruh makhluk hidup. Kebutuhan air bersih terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan industri. Penyediaan air bersih di Indonesia masih tergolong rendah, terlebih untuk masyarakat yang berada di daerah pedesaan (Nurwahyuni, Sinaga, Pratama, & Fathurrahman, 2020). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2019, sebanyak 1,36 juta orang (19,96%) penduduk Provinsi Riau tidak memiliki akses terhadap layanan sanitasi yang layak dan berkelanjutan. Pada umumnya perusahaan-perusahaan yang menyediakan air bersih hanya dapat menjangkau daerah perkotaan, sehingga mendorong masyarakat pada daerah pedesaan untuk memanfaatkan air tanah atau air permukaan untuk memenuhi kebutuhan meskipun air tersebut belum tentu layak untuk digunakan (Triono, 2018). Salah satu sumber air permukaan yang digunakan dalam kegiatan sehari-hari oleh sebagian masyarakat Provinsi Riau adalah air gambut (Amady, 2020).

Air gambut merupakan air yang telah terkontaminasi oleh bahan-bahan organik yang ada di dalam tanah dengan ciri-ciri warna merah kecoklatan, rasa asam, dan kandungan zat organik yang tinggi (Suwanto, Sudarno, Sari, & Harimawan, 2017). Air gambut mengandung warna 350 Pt-Co, zat organik 265,44 mg/l, dan pH 4,26 (Zein, et al., 2016). Keadaan air gambut yang seperti ini tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017). Air gambut bisa menjadi air bersih yang layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari maupun industri apabila telah melalui pengolahan yang tepat. Salah satu metode pengolahan air gambut menjadi air bersih yang dapat digunakan adalah filtrasi menggunakan membran.

Membran keramik dikembangkan sebagai alternatif pengolahan air gambut yang lebih mudah, memiliki kestabilan kimia yang baik, kekuatan mekanik dan ketahanan yang tinggi terhadap panas, asam dan basa, konsumsi energi yang rendah, ukuran pori yang sempit dan biaya operasional rendah (Diana, Zaharani, & Fona, 2018). Mineral seperti alumina, titania, *zirconia* dan *silica* merupakan bahan utama penyusun membran keramik, namun bahan tersebut memiliki ketersediaan yang rendah dan harga yang relatif mahal. Oleh karena itu, mineral alternatif seperti tanah liat yang murah dan banyak terdapat di alam, serta *fly ash* batubara yang merupakan limbah padat industri pembangkit listrik berbahan baku batubara perlu dikaji dan dikembangkan sebagai material substitusi untuk pembuatan membran keramik.

Tanah liat merupakan mineral dengan komposisi aluminium silikat hidrous ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan oksida logam seperti Fe_2O_3 , MgO dan K_2O (Bazin, Ahmad, & Nakamura, 2019). Tanah liat alam merupakan material yang berpori sehingga memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi serta memiliki ion yang bisa dipertukarkan dengan ion lain (Saragih, 2018). Tanah liat berperan aktif sebagai perangkap alami polutan seperti logam berat yang mengalir bersama air di permukaan tanah melalui peristiwa adsorpsi, pertukaran ion, atau gabungan keduanya (Alandis, Mekhamer, Aldayel, & Hefne, 2019). Adapun *fly ash* merupakan bahan hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, yang umumnya dibuang di-*landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri serta belum dimanfaatkan dengan baik (Wardani, 2018). *Fly ash* memiliki kandungan mineral SiO_2 (52,0%), Al_2O_3 (31,9%), Fe_2O_3 (5%), CaO (3%) dan MgO (5%) (Nurhayati & Susanto, 2017), dan ukuran *fly ash* bervariasi dari sekitar 1 μm sampai dengan 100 μm dan luas permukaannya berkisar antara 200 hingga 700 m^2/kg

(Aprianto & Triastianti, 2018), sehingga membran keramik yang berbahan *fly ash* digolongkan sebagai teknologi mikrofiltrasi dan penggunaannya diharapkan dapat meningkatkan selektivitas dan kinerja membran keramik (Nurhayati & Susanto, 2017; Diana, Zaharani, & Fona, 2018; Rawat & Bulasara, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi bahan dan temperatur pembakaran membran keramik terhadap penyisihan warna dan zat organik pada air gambut.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *furnace*; *mixer*; ayakan 80 dan 100 *mesh*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari air gambut desa Rimbo Panjang, Kampar; tanah liat; *fly ash* batubara dari PLTU Tenayan, Pekanbaru.

Persiapan Bahan Baku

Tanah liat dikeringkan selama 3 hari di bawah sinar matahari. *Fly ash* batubara sebagai bahan campuran diperoleh dari PLTU Tenayan, Pekanbaru. *Fly ash* batubara dan tanah liat dianalisis dengan instrumen XRF guna mengetahui komposisi kimianya. Kemudian *fly ash* dan tanah liat dihancurkan sampai lolos ayakan ukuran 80/100 *mesh*.

Pembuatan Membran Keramik

Tanah liat dan *fly ash* yang telah lolos ayakan 80/100 *mesh* ditimbang sesuai masing-masing variasi komposisi berat tanah liat : *fly ash* yaitu 60:40; 50:50; 40:60 %. Masing-masing variasi komposisi bahan baku dicampur menggunakan *mixer* hingga homogen. Bahan baku yang telah dicampur kemudian diberi air sampai adonan menyerupai pasta dan dibentuk menyerupai pot dengan ukuran tinggi 6 cm, diameter dalam 10 cm, diameter luar 11 cm dan ketebalan 1 cm. Membran yang telah berbentuk pot kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hari untuk menghilangkan kadar airnya. Membran keramik yang telah dijemur kemudian dibakar menggunakan *furnace* dengan variasi temperatur 750; 800; 850 °C. Waktu pembakaran dilakukan selama 4 jam.

Filtrasi Air Gambut

Proses filtrasi menggunakan sistem *batch*. Pengujian dilakukan dengan memasukkan sampel air gambut ke dalam pot membran keramik dan ditunggu hingga air merembes keluar dari membran keramik dan ditampung pada wadah penampung. Waktu filtrasi dicatat hingga seluruh air habis melewati membran keramik. Pengujian dilakukan secara duplo, dimana setelah air gambut habis melewati membran, membran keramik dikeringkan dengan cara dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam, lalu air gambut dimasukkan kembali dalam jumlah yang sama. Filtrat (permeat) yang dihasilkan dihitung volumenya, kemudian diuji kandungan zat organik dan warna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia tanah liat dan *fly ash* batubara perlu diuji untuk memperlihatkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam tanah liat dan *fly ash* batubara yang dijadikan bahan baku membran keramik. Komposisi tanah liat dan *fly ash* batubara dianalisa dengan menggunakan instrumen XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan diperoleh hasil seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi tanah liat dan fly ash

Senyawa	Persentase (%)	
	Tanah liat	<i>Fly ash</i> batubara
Silika (SiO ₂)	64,5	42,43
Alumina (Al ₂ O ₃)	28,58	21,19
Titania (TiO ₂)	1,12	0,69
Kalium (K ₂ O)	2,68	0,67
Kalsium (CaO)	0,15	12,93
Magnesium (MgO)	0,81	3,07
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,95	8,99
Sulfur (SO ₃)	-	7,88
Posfat (P ₂ O ₅)	0,90	0,87
Perak (Ag ₂ O)	0,17	0,26

Berdasarkan Tabel 1, silika merupakan komponen utama yang terdapat pada tanah liat dan *fly ash* batubara yaitu berturut-turut sebesar 64,5% dan 42,43%. Keramik terbentuk melalui proses pembakaran yang memiliki bahan dasar silika sebagai penguat bahan keramik (Rosalia, Asmi, & Ginting, 2016). Selain itu SiO₂ memiliki gugus aktif sehingga juga dapat berfungsi sebagai adsorben zat warna (Hardyanti, Nurani, Hardjono, Apriliani, & Wibowo, 2017) dan (Aisah, Zulfikar, & Sulistiyo, 2018). Adapun alumina merupakan senyawa tertinggi kedua yang terdapat pada tanah liat dan *fly ash* yaitu 28,58% dan 21,19%. Adanya oksida logam pada membran keramik menghasilkan muatan listrik sehingga membuat *performance* permukaan material keramik menjadi lebih kuat (Agmalini, Lingga, & Nasir, 2013). Sementara paduan antara silika dan alumina sebagai bahan pembuatan keramik banyak dikembangkan karena memadukan sifat-sifat unggul dari alumina misalnya kuat, memiliki sifat dielektrik yang sangat baik, tahan terhadap perlakuan kimia dan alkali, serta memiliki ketahanan abrasi yang baik, isolator listrik yang baik dan memiliki kestabilan termal yang tinggi (Lestari, Riwasa, Susilowati, & Sudiana, 2017). Begitu pula dikatakan bahwa alumina memiliki fungsi sebagai bahan paling tahan suhu tinggi sampai 1700°C (Ramlan, Ginting, Muljadi, & Sebayang, 2007).

Berdasarkan penelitian, karakteristik tanah liat jenis *montmorillonite* memiliki komposisi kimia SiO₂ 66,7% dan Al₂O₃ 28,3% (Sarapaa & Al-Ani, 2008), dan tanah liat jenis *kaolinite* memiliki komposisi kimia SiO₂ 46,5% dan Al₂O₃ 39% (Ombaka, 2016). Hal ini menandakan tanah liat yang digunakan dalam penelitian ini paling mendekati dengan tanah liat jenis *montmorillonite* dimana *montmorillonite* memiliki kapasitas pertukaran kation yang tinggi, luas permukaan tinggi dan karenanya memiliki tingkat daya serap yang tinggi

pada banyak bahan seperti minyak, air dan bahan kimia lainnya (Ombaka, 2016) dan (Ouaili, Zayani, Trabelsi, & Sauve, 2013). Hal tersebut mengindikasikan bahwa tanah liat dan *fly ash* ini cocok untuk dijadikan sebagai bahan baku untuk membuat membran keramik dan memungkinkan air yang diolah menjadi lebih bersih dengan melalui proses filtrasi-adsorpsi.

Karakteristik Awal Air Gambut

Air gambut yang digunakan pada penelitian ini dilakukan uji karakteristik awal yakni pengukuran pH, warna dan zat organik. Karakteristik air gambut (berdasarkan hasil pengujian laboratorium dibandingkan dengan baku mutu hygiene sanitasi) dapat dilihat pada Tabel 2.

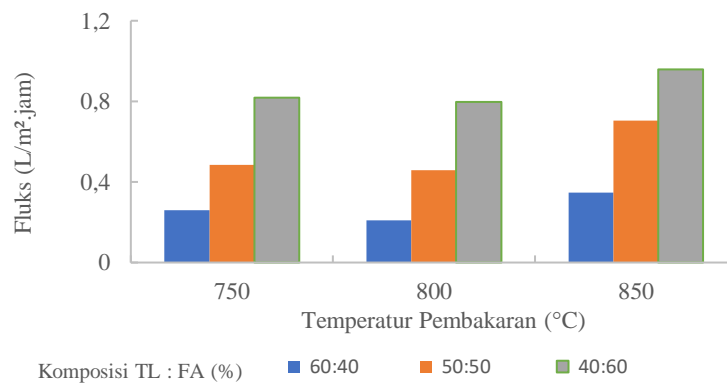
Tabel 2. Karakteristik air gambut

Parameter	Satuan	Penelitian ini	Baku mutu
pH	-	4,3	6,5-8,5
Warna	Pt/Co	650	50
Zat organik	mg/l	363,4	10

Berdasarkan Tabel 2, konsentrasi pH, warna, dan zat organik air gambut yang digunakan pada penelitian ini masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan yaitu berturut-turut sebesar 4,3; 650 Pt/Co; dan 363,4 mg/l. Selain itu secara pengamatan fisik air gambut memiliki warna merah kecoklatan, maka dari itu air gambut memerlukan pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi konsentrasi warna dan zat organik agar dapat dimanfaatkan sebagai air untuk keperluan hygiene sanitasi.

Pengujian Kecepatan Aliran Filtrasi (Fluks)

Fluks membran keramik adalah suatu ukuran yang mengukur kecepatan jumlah volume permeat yang melewati membran keramik persatuan luas permukaan persatuan waktu dengan gradien tekanan sebagai pendorong (Diana, Zaharani, & Fona, 2018). Nilai fluks (laju alir) dari membran keramik pada komposisi dan temperatur pembakaran yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 1.



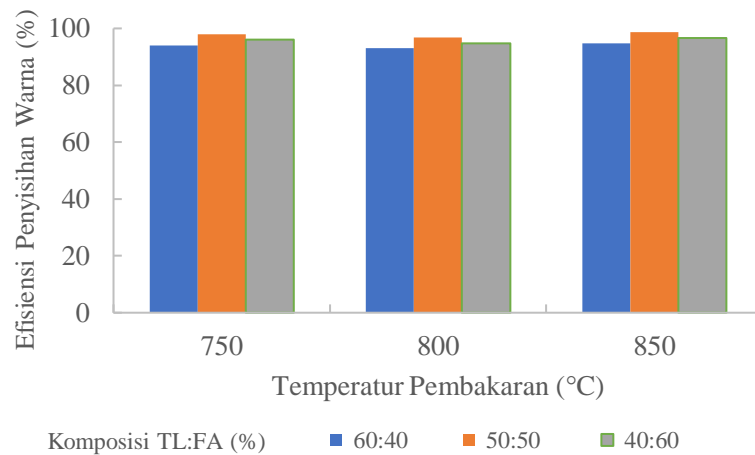
Gambar 1. Grafik pengaruh komposisi bahan dan temperatur pembakaran pembuatan membran keramik terhadap fluks

Seperti yang terlihat pada gambar 1, fluks membran keramik terus menurun dengan meningkatnya kandungan tanah liat. Nilai fluks tertinggi ($0,96 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}$) diperoleh pada membran keramik berbasis *fly ash* batubara (40%:60%) dan nilai terendah ($0,21 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}$) didapat pada membran berbasis tanah liat (60%:40%). Hal ini sesuai dengan penelitian bahwa peningkatan kadar tanah liat pada membran keramik akan menyebabkan penurunan ukuran pori sehingga menyebabkan penurunan nilai fluks (Rawat & Bulasara, 2017). Begitu pula penelitian yang menggunakan campuran tanah liat dan zeolit aktif sebagai bahan membran keramik untuk media filter pada air sungai, memperoleh fluks tertinggi pada komposisi tanah liat paling sedikit (TL:ZA = 50:50%) yaitu sebesar $1,074 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}$ dan fluks terendah pada komposisi tanah liat paling banyak (90% TL: 10% ZA) yaitu sebesar $0,271 \text{ L/m}^2 \cdot \text{jam}$ (Saifuddin, Elisa, & Sami, 2018). Hal ini sesuai dengan teori filtrasi dimana cairan yang dimasukkan ke dalam membran berpori, semakin kecil pori membran maka air yang turun (filtrat) juga semakin lambat, sebaliknya semakin besar pori membran maka air yang turun semakin cepat. Nilai fluks pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Saifuddin, Elisa, & Sami (2018) dikarenakan pada penelitian ini menggunakan ukuran partikel 80/100 *mesh*, sedangkan Saifuddin, Elisa, & Sami (2018) menggunakan ukuran partikel 50/60 *mesh* sehingga semakin besar ukuran partikel maka semakin besar pula pori yang terbentuk dan air yang keluar akan semakin cepat (Abdullayev, Bekheet, Hanaor, & Gurlo, 2019).

Adapun pengaruh temperatur pembakaran pembuatan membran keramik terhadap fluks air yaitu menurunnya fluks pada temperatur 800°C . Suhu 800°C cenderung didominasi struktur amorf sehingga ukuran butir pada permukaan membran tidak merata (tidak homogen) (Rosalia, Asmi, & Ginting, 2016). Ketidakhomogenan ini juga yang mengakibatkan partikel dari membran keramik terlepas dari badan membran dan menutupi luasan pori permukaan membrane (Nurhayati & Susanto, 2015), sehingga keadaan ini akan mempengaruhi laju filtrasi atau permeabilitas dari membran keramik. Hal ini diperkuat oleh hasil *thermogravimetric analysis* (TGA) pada filter keramik, dimana pada suhu 800°C hingga 843°C masih terdapat kehilangan massa yang rendah yang dikaitkan dengan pembakaran beberapa kotoran atau sebagian kecil bubuk *fly ash* yang tidak terbakar (Nandi, Uppaluri, & Purkait, 2008). Adapun hasil XRD dan TGA pada suhu 850°C menunjukkan tidak ada transformasi fase dan kehilangan massa signifikan lainnya yang terjadi. Hal ini menjelaskan kenaikan fluks pada suhu 850°C pada penelitian ini karena telah hilangnya pengotor yang dapat menutupi pori membran.

Pengaruh Komposisi Bahan dan Temperatur Pembakaran Membran Keramik Terhadap Efisiensi Penyisihan Warna

Efisiensi penyisihan didapatkan dari hasil perhitungan data konsentrasi awal air gambut dengan konsentrasi setelah dilakukan filtrasi dengan membran keramik. Pengaruh komposisi bahan dan temperatur pembakaran terhadap efisiensi penyisihan warna pada air gambut yang juga dihubungkan dengan fluks dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh komposisi bahan dan temperatur pembakaran membran keramik terhadap penyisihan warna

Berdasarkan Gambar 2 efisiensi penyisihan warna tertinggi terjadi pada temperatur pembakaran 850°C dan komposisi bahan 50% tanah liat : 50% *fly ash* batubara yaitu sebesar 98,70%, sedangkan efisiensi penyisihan terendah terjadi pada temperatur pembakaran 800°C dan komposisi bahan 60% tanah liat : 40% *fly ash* batubara yaitu sebesar 93,08%. Ini sesuai dengan hasil analisa luas permukaan membran keramik dengan pengujian bilangan iodin yang telah dibahas sebelumnya, dimana pada membran keramik dengan komposisi bahan 50% TL : 50% FA dan temperatur pembakaran 850°C (C2) memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dibandingkan membran keramik dengan komposisi 60% TL : 40% FA dan temperatur pembakaran 800°C (B1), sehingga semakin luas permukaan yang tersedia untuk menyerap zat warna yang berkontak langsung dengan membran keramik. Namun meskipun membran keramik dengan komposisi 40% TL : 60% FA pada semua variasi temperatur (A3, B3, C3) memiliki luas permukaan yang paling tinggi dari semua membran keramik, terjadi penurunan efisiensi karena waktu kontak juga mempengaruhi dalam proses penyerapan (Hanipa, Pardoyo, Taslimah, Arnelli, & Astuti, 2017), membran keramik berbasis *fly ash* batubara memiliki laju alir (fluks) yang paling cepat (Gambar 1), sehingga air gambut memiliki waktu paling sedikit untuk berkontak dengan membran keramik sehingga filtrat yang keluar memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan membran dengan komposisi 50% TL : 50% FA. Selain itu fluks yang lebih cepat menandakan membran berbasis *fly ash* memiliki pori yang lebih besar sehingga memungkinkan zat terlarut yang tertahan pada saat proses filtrasi lebih sedikit dibandingkan membran dengan komposisi 50% TL : 50% FA yang memiliki fluks yang lebih lambat.

Pengaruh Komposisi Bahan dan Temperatur Pembakaran Membran Keramik Terhadap Efisiensi Penyisihan Zat Organik

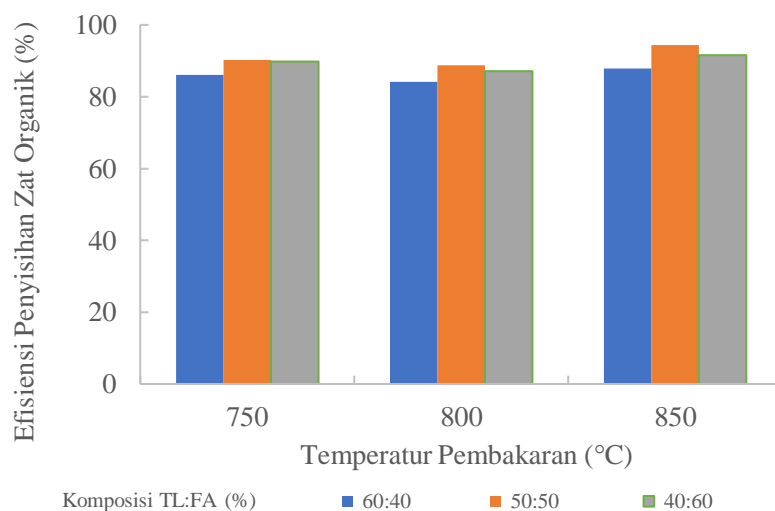
Komposisi zat organik pada air gambut yang terdiri dari asam humat, asam fulvat, dan humin merupakan komponen utama air gambut yang menyebabkan konsentrasi kekeruhan tinggi dan berwarna (Sumawijaya & Suherman, 2013). Mayoritas partikel asam humat ($\approx 72\%$) berada pada kisaran ukuran 5-10 μm , sedangkan mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran mikron yaitu berkisar diantara 0,1 – 10 μm , maka dapat disimpulkan bahwa mikrofiltrasi dapat menjadi metode untuk memisahkan asam humat

dari larutannya (Rawat & Bulasara, 2017). Kehadiran zat organik pada air gambut dapat ditentukan dengan mengukur bilangan Permanganat (KMnO_4) dalam satuan mg/l. Berikut merupakan perbandingan air gambut pada penelitian ini sebelum dan setelah melalui proses filtrasi.



Gambar 3. Perbandingan air gambut sebelum dan setelah proses filtrasi

Berdasarkan Gambar 3 terlihat perbedaan tingkat kejernihan air dimana pada sampel air gambut yang belum melalui proses filtrasi memiliki warna coklat pekat, kemudian air gambut setelah proses filtrasi melalui membran C2 memiliki warna yang lebih jernih dibandingkan air gambut yang difilter melalui membran B1. Berikut pengaruh komposisi bahan dan temperatur pembakaran terhadap kemampuan membran keramik dalam menyisihkan konsentrasi zat organik pada air gambut yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh komposisi bahan dan temperatur pembakaran membran keramik terhadap penyisihan zat organik

Berdasarkan Gambar 4 efisiensi penyisihan warna tertinggi terjadi pada temperatur pembakaran 850°C dan komposisi bahan 50% tanah liat : 50% *fly ash* batubara yaitu sebesar 94,35%, sedangkan efisiensi penyisihan terendah terjadi pada temperatur pembakaran 800°C dan komposisi bahan 60% tanah liat : 40% *fly ash* batubara yaitu

sebesar 84,13%. Adapun penelitian lain menggunakan membran keramik dengan komposisi 25% *fly ash* dan 50% kaolin pada temperatur 900°C dapat menyisihkan asam humat sebesar 98,46% (Rawat & Bulasara, 2017). Pada penelitian ini tingkat penyisihan konsentrasi zat organik lebih rendah dibandingkan penelitian Rawat & Bulasara (2017) yakni 94,35%. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini menggunakan larutan buatan yang mengandung asam humat sedangkan penelitian ini menggunakan air gambut dengan konsentrasi awal zat organik yang jauh lebih tinggi. Begitu pula Agmalini, Lingga, & Nasir (2013) menggunakan membran keramik dengan bahan 67,5% tanah liat, 25% abu batubara dan 7,5% serbuk besi dan temperatur 1000°C dapat menyisihkan zat organik pada air rawa sebesar 84,33%, sedangkan penelitian ini dengan komposisi 50% tanah liat dan 50 % *fly ash* dan temperatur pembakaran 850°C berhasil menyisihkan zat organik sebesar 94,35%. Hal ini disebabkan perbedaan kondisi operasi yang digunakan, Agmalini, Lingga, & Nasir (2013) menggunakan tekanan sebesar 1,72 dan 1,38 bar saat proses filtrasi, penambahan tekanan ini menyebabkan zat terlarut dalam air umpan akan dipaksa masuk ke pori-pori membran keramik sehingga akan mudah untuk lolos melewati membran keramik.

Perbandingan Air Gambut Setelah Pengolahan dengan Baku Mutu

Setelah dilakukan pengolahan air gambut dengan menggunakan membran keramik dari tanah liat dan *fly ash* batubara maka konsentrasi warna dan zat organik dibandingkan dengan standar baku mutu. Berikut tabel perbandingan konsentrasi warna dan zat organik sesudah pengolahan menggunakan membran keramik dengan Permenkes No. 32 Tahun 2017.

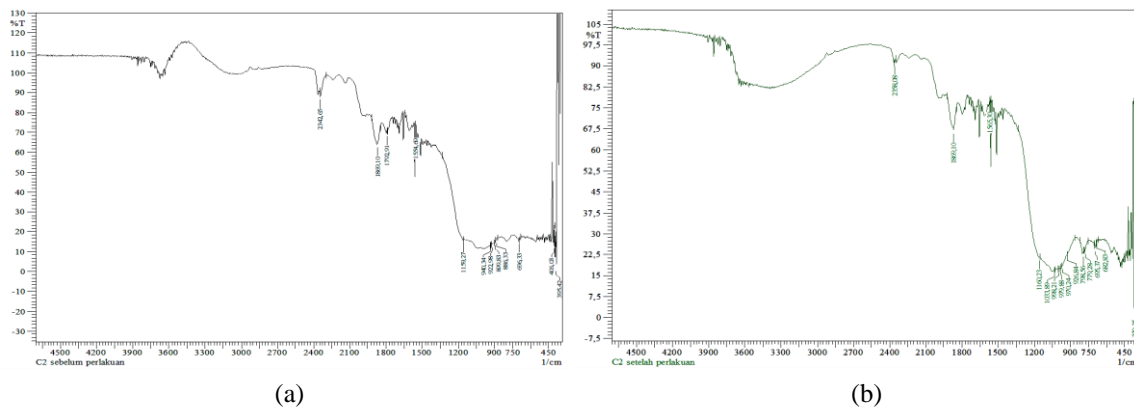
Tabel 3. Perbandingan hasil analisa sebelum dan sesudah pengolahan

Parameter	Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan		Baku Mutu
		Kode Membran	Konsentrasi	
Warna (Pt/Co)	650	A1	38,5	50
		B1	45	
		C1	34	
		A2	14	
		B2	21	
		C2	8,5	
		A3	25,5	
		B3	34	
		C3	22,5	
Zat Organik (mg/l)	363,4	A1	50,56	10
		B1	57,67	
		C1	44,24	
		A2	35,55	
		B2	41,08	
		C2	20,54	
		A3	37,13	
		B3	46,61	
		C3	30,81	

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengolahan air gambut untuk menurunkan konsentrasi warna sudah memenuhi baku mutu untuk semua variasi membran keramik, sedangkan nilai konsentrasi zat organik setelah pengolahan menggunakan semua variasi membran keramik belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk keperluan higiene sanitasi. Hal ini membuktikan bahwa membran keramik dapat digunakan secara efektif dalam menurunkan konsentrasi warna namun membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk penurunan zat organik hingga bisa berada di bawah baku mutu.

Identifikasi Gugus Fungsi pada Membran Keramik

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi gugus fungsi dari membran keramik sebelum dan setelah dilakukan proses filtrasi menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Hasil deteksi FTIR tergambar dalam bentuk puncak-puncak gugus fungsi yang memiliki bilangan gelombang masing-masing. Analisa FTIR dilakukan pada membran dengan hasil penyisihan terbaik (membran C2). Spektra IR membran keramik C2 sebelum dan setelah proses filtrasi pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Spektra FTIR membran keramik (a) sebelum filtrasi (b) setelah filtrasi

Berdasarkan Gambar 5 spektra membran keramik sebelum dan setelah filtrasi air gambut menunjukkan pita serapan pada $1869,10 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan hasil vibrasi tekuk -OH. Bilangan gelombang gugus fungsional hampir identik dengan spektra membran keramik yang dikemukakan oleh Dewi (2020) dalam bilangan gelombang 1872 cm^{-1} pada membran sebelum filtrasi dan 1876 cm^{-1} pada membran setelah filtrasi (vibrasi tekuk -OH). Selanjutnya pita gugus Si-O dari Si-O-Si (siloksan) diamati pada puncak $1159,27 \text{ cm}^{-1}$ untuk membran sebelum filtrasi, dan bergeser ke $1160,23 \text{ cm}^{-1}$ setelah proses filtrasi air gambut. Munculnya pita serapan baru pada $970,24 \text{ cm}^{-1}$, $979,88 \text{ cm}^{-1}$, $998,21 \text{ cm}^{-1}$, $1033,89 \text{ cm}^{-1}$ setelah proses filtrasi merupakan vibrasi ulur asimetris Si-O-Si. Menurut Hanipa, Pardoyo, Taslimah, Arnelli, & Astuti (2017), daerah serapan sekitar $1250-950 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O-Si atau Al-O-Al. Spektrum menunjukkan adanya vibrasi ulur Si-OH (silanol) pada $922,98$ dan bergeser menjadi $926,84 \text{ cm}^{-1}$ setelah proses filtrasi. Pergeseran juga terjadi pada bilangan gelombang $696,33$ ke $695,37 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur Si-O-Al.

Data lebih jelas mengenai gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam membran keramik terdapat pada Tabel 4 di bawah ini.

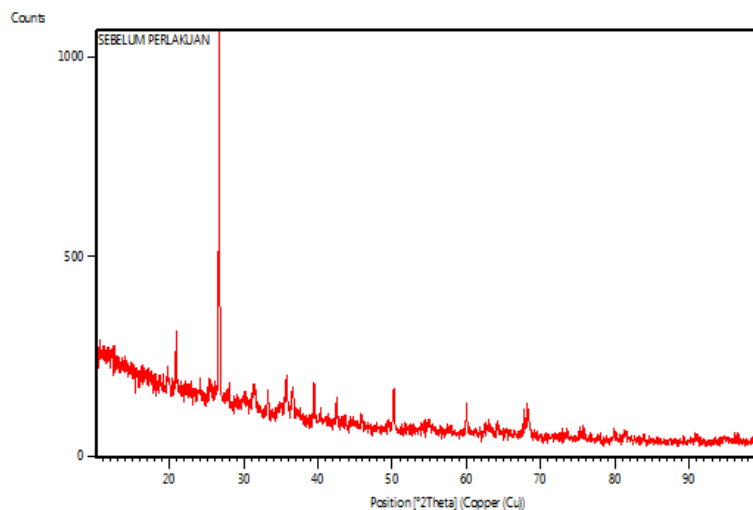
Tabel 4. Perbandingan spektrum FTIR membran C2 sebelum dan setelah filtrasi

Sebelum Filtrasi		Setelah Filtrasi	
Gugus Fungsi	Serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Serapan (cm ⁻¹)
Si-OH tekuk	1869,10	Si-OH tekuk	1869,10
Si-O-Si ulur atau Al-O-Al asimetris	1159,27	Si-O-Si ulur atau Al-O-Al asimetris	970,24; 979,98; 998,21; 1033,89; 1160,23
Si-OH ulur	922,98	Si-OH ulur	926,84
Si-O-Al ulur	696,33	Si-O-Al ulur	695,37

Banyaknya gugus silanol merepresentasikan pembentukan membran berpori kecil (mikropori) dan banyaknya gugus siloksan menunjukkan ukuran pori lebih besar (mesopori) (Lestari, et al., 2019). Setelah proses filtrasi air gambut terjadi pergeseran bilangan gelombang. Pergeseran ini memberikan informasi bahwa terjadi interaksi langsung antara zat organik dalam air gambut dengan gugus aktif yang ada pada permukaan membran keramik (Lestari, Mahraja, Farid, Gusti, & Permana, 2020) dan (Bertus, Suherman, & Sabang, 2014), dimana menurut Hardyanti, Nurani, Hardjono, Apriliani, & Wibowo (2017) adanya gugus aktif -OH dan Si-O-Si membantu dalam proses penyerapan. Dengan demikian membran keramik dengan komposisi 50% tanah liat : 50% *fly ash* batubara dan temperatur pembakaran 850°C memiliki daya adsorpsi terhadap zat organik dalam air gambut.

Analisis Kristalinitas Membran Keramik Menggunakan Instrumen XRD (X Ray Diffraction)

Karakterisasi dengan difraksi sinar-X dilakukan untuk mengetahui jenis mineral penyusun membran keramik yang ditunjukkan oleh munculnya puncak pada sudut 2θ dan tingkat kristalinitas struktur komponen penyusun membran keramik yang ditunjukkan oleh tinggi atau rendahnya intensitas puncak (Soleman, 2011). Hasil difraktogram sampel membran keramik C2 (50% tanah liat : 50% *fly ash* batubara, temperatur pembakaran 850°C) ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pola difraksi sinar X pada membran keramik C2

Berdasarkan Gambar 6 terlihat adanya puncak utama dengan intensitas tertinggi (100%) pada 2θ yaitu $26,640^\circ$ ($d_{001}=3,35 \text{ \AA}$) yang merupakan puncak dari mineral SiO_2 kuarsa (*quartz*), dimana kuarsa merupakan fasa kristal yang paling stabil hingga pada suhu $> 875^\circ\text{C}$ (Fauziyah, 2015). Adapun puncak pada daerah $2\theta = 20,8652^\circ$ ($d_{001}=4,26 \text{ \AA}$) merupakan puncak dari mineral *geothite* dengan intensitas jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan intensitas quartz yaitu 22,93%, sehingga dapat disimpulkan bahwa membran keramik dengan campuran 50% *fly ash* dan 50% tanah liat yang dibakar pada temperatur 850°C mengandung mineral *quartz* sebagai komponen utama dan dominan, yang berarti membran keramik yang dibuat pada penelitian ini cocok untuk digunakan dalam proses filtrasi-adsorpsi air gambut (Hardyanti, Nurani, Hardjono, Apriliani, & Wibowo, 2017).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pemanfaatan membran keramik berbahan tanah liat dan *fly ash* batu bara untuk penyisihan warna dan zat organik pada air gambut dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Komposisi bahan dan temperatur pembakaran berpengaruh terhadap penyisihan warna dan zat organik pada proses filtrasi-adsorpsi air gambut. Efisiensi penyisihan warna dan zat organik terbaik pada komposisi 50% tanah liat : 50% *fly ash* batubara dan temperatur pembakaran 850°C , yakni 98,70% dan 94,35%, dengan konsentrasi warna dan zat organik menjadi 8,5 Pt/Co dan 20,54 mg/l.
2. Dari hasil spektrum FTIR membran keramik sebelum dan setelah filtrasi terdapat gugus fungsi Si-O-Al ulur, Si-OH ulur, Si-O-Si ulur, dan Si-OH tekuk, dengan jenis mineral SiO_2 *quartz* kristalin dari hasil XRD, serta luas permukaan dari hasil pengujian bilangan iodin sebesar $61,849 \text{ m}^2/\text{g}$.
3. Hasil konsentrasi akhir pada air gambut telah memenuhi standar baku mutu Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk parameter warna namun belum memenuhi untuk parameter zat organik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullayev, A., Bekheet, M. F., Hanaor, D. H., & Gurlo, A. (2019). Review: Materials and Applications for Low-Cost Ceramic Membranes. *Membranes*, 9(9), 1-31.
- Agmalini, S., Lingga, N. N., & Nasir, S. (2013). Peningkatan Kualitas Air Rawa Menggunakan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat Alam dan Abu Terbang Batubara. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2), 59-68.
- Aisah, S., Zulfikar, & Sulistiyo, Y. A. (2018). Sintesis Silika Gel Berbasis Fly Ash Batu Bara PLTU Paiton sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *BERKALA SAINSTEK*, 6(1), 31-35.
- Alandis, N. M., Mekhamer, W., Aldayel, O., & Hefne, J. A. (2019). Adsorptive Applications of Montmorillonite Clay for the Removal of Ag(I) and Cu(II) from Aqueous Medium. *Journal of Chemistry*, 1-7.
- Amady, M. R. (2020). Kearifan Lokal Masyarakat Desa Gambut di Provinsi Riau. *Jurnal Penelitian Sejarah dan Budaya*, 6(2), 145-170.
- Aprianto, Y., & Triastianti, R. D. (2018). Pemanfaatan Limbah Padat Slag Nikel, Abu Sekam Padi, dan Fly Ash Menjadi Paving Block. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(1), 1-12.

- Azam, M., Anas, M., & Erniwati. (2020). Analisis Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Daya Serap Arang Aktif Tandan Aren (Arenca Pinnata Merr) dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate (K_2SiO_3). *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(3), 221-226.
- Bazin, M. M., Ahmad, N., & Nakamura, Y. (2019). Preparation of Porous Ceramic Membranes from Sayong Ball Clay. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 417-425.
- Bertus, M. Y., Suherman, & Sabang, S. M. (2014). Karakterisasi FTIR Poliblend Adsorben Serbuk Biji Buah Kelor (Moringa Oleifera) dan Cangkang Ayam Ras untuk Pengolahan Air Gambut di Daerah Palu Barat. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(1), 243-251.
- Dewi, R. (2020). *Sintesa dan Karakterisasi Membran Keramik Berbasis Kaolin Sabang serta Aplikasinya pada Pengolahan Air Gambut dengan Sistem Cross Flow*. FMIPA. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Diana, S., Zaharani, L., & Fona, Z. (2018). Pemanfaatan Fly Ash dan Clay dalam Pembuatan Membran Keramik dengan Penambahan PVA sebagai Perekat untuk Merejeksi TSS pada Air Sungai. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (pp. 91-95). Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Fauziyah, N. A. (2015). *Karakterisasi Komposit PEG 4000/SiO₂ (SiO₂= Kuarsa, Amorf, Kristobalit) dengan Dynamic Mechanical Analyser (DMA)*. FMIPA. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hanipa, P., Pardoyo, Taslimah, Arnelli, & Astuti, Y. (2017). Pengaruh Variasi Waktu Hidrotermal terhadap Sintesis dan Karakterisasi Nanokristal Zeolit A dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2), 79-83.
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono, D. S., Apriliani, E., & Wibowo, E. A. (2017). Pemanfaatan Silika (SiO) dan Bentonit Sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. *Jurnal Sains Terapan*, 3(2), 37-41.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *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*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Lestari, I., Mahraja, M., Farid, F., Gusti, D. R., & Permana, E. (2020). Penyerapan Ion Pb(II) Menggunakan Adsorben dari Limbah Padat Lumpur Aktif Pengolahan Air Minum. *Journal Chemistry Progress*, 13(2), 68-76.
- Lestari, L., Riwasa, R., Susilowati, P. E., & Sudiana, I. N. (2017). Evolusi Mikrostruktur dari Keramik Paduan Silika (SiO) dan Alumina (Al₂O₃). *Jurnal Aplikasi Fisika*, 13(1), 1-6.
- Lestari, R. A., Elma, M., Annadhliyah, S., Suparsih, D. R., Lestari, A. E., & Rabiah, S. (2019). Performansi Pemisahan Membran Organosilika untuk Desalinasi Air Rawa Asin di Kawasan Lahan Basah. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* (pp. 296-300). Banjarmasin: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNLAM.
- Nandi, B. K., Uppaluri, R., & Purkait, M. K. (2008). Preparation and Characterization of Low Cost Ceramic Membranes for Micro-filtration Applications. *Applied Clay Science*, 42, 102-110.
- Nurhayati, C., & Susanto, T. (2015). Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai Bahan Membran Keramik pada Unit Pengolah Air Gambut. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(2), 95-105.

- Nurhayati, C., & Susanto, T. (2017). Pengolahan Air Permukaan di Banyuasin Menggunakan Membran Keramik Berbahan Batubara dan Nano Clay. *Jurnal Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 8(1), 1-12.
- Nurwahyuni, I., Sinaga, R., Pratama, R. Y., & Fathurrahman. (2020). Penerapan Teknologi Penjernihan Air dengan Bantuan Tenaga Surya dan Antimikroba kepada Masyarakat Desa Tanjung Selamat Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 26(1), 34-38.
- Ombaka, O. (2016). Characterization and Classification of Clay Minerals for Potential Applications in Rugi Ward, Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(2), 415-431.
- Ouali, A. E., Zayani, M. B., Trabelsi, M. A., & Sauve, S. (2013). Morphology, Structure, Thermal Stability, XR-Diffraction, and Infrared Study of Hexadecyltrimethylammonium Bromide–Modified Smectite. *International Journal of Chemistry*, 5(2), 12-28.
- Ramlan, Ginting, M., Muljadi, & Sebayang, P. (2007). Pembuatan Keramik Beta Alumina ($\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$) dengan Aditif MgO dan Karakterisasi Sifat Fisis serta Struktur Kristalnya. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, 7(1), 10-15.
- Rawat, M., & Bulasara, V. K. (2017). Synthesis and Characterization of Low-Cost Ceramic Membranes from Fly Ash and Kaolin for Humic Acid Separation. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 1-9.
- Rosalia, R., Asmi, D., & Ginting, E. (2016). Preparasi dan Karakterisasi Keramik Silika (SiO_2) Sekam Padi dengan Suhu Kasinasi 800oC - 1000oC. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 4(1), 101-106.
- Said, M., Hassimi, A. H., Mohd, T. M., & Abdul, W. M. (2015). Removal of COD, TSS and Colour from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Montmorillonite. *Desalination and Water Treatment*, 57(23), 10490-10497.
- Saifuddin, S., Elisa, E., & Sami, M. (2018). Efisiensi Kinerja Membran Keramik Tanah Liat & Zeolit Aktif sebagai Media Filter untuk Filtrasi Air Sungai. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (pp. 240-247). Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Saragih, M. (2018). *Studi Pembuatan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat dan Sekam Padi untuk Menurunkan Kekeruhan dan Total Coliform Air Sungai Deli*. Fakultas Teknik. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sarapaa, O., & Al-Ani, T. (2008). *Clay and Clay Mineralogy*. Finlandia: Geologian Tutkimuskeskus.
- Soleman, P. (2011). Identifikasi Gugus Fungsi dan Kandungan Mineral Lempung Pacitan dengan Spektroskopi Infra Red (IR) X-Ray Diffraction (XRD). *Jurnal Photon*, 2(1), 31-35.
- Sumawijaya, N., & Suherman, D. (2013). Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Suasana Basa. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 6(2), 127-139.
- Suwanto, N., Sudarno, Sari, A. A., & Harimawan. (2017). Penyisihan Fe, Warna, dan Kekeruhan pada Air Gambut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 1-12.
- Triono, M. O. (2018). Akses Air Bersih pada Masyarakat Kota Surabaya serta Dampak Buruknya Akses Air Bersih Terhadap Produktivitas Masyarakat Kota Surabaya. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 3(2), 93-106.

- Wardani, L. D. (2018). *Karakteristik Fly Ash (Abu Layang) Batubara sebagai Material Adsorben pada Limbah Cair yang Mengandung Logam*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Zein, R., Mukhlis, Swesti, N., Novita, L., Novrian, E., Ningsih, S., & Syukri. (2016). Peat Water Treatment by Using Multi Soil Layering (MSL) Method. *Der Pharma Chemica*, 12(8), 254-261.