



Tinjauan Singkat Pengolahan Air Gambut Menggunakan Filtrasi In-Line

Maula Audiana¹, Puti Sri Komala²

¹Program Magister Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Padang, Indonesia
maulaaudiana2015@gmail.com

²Program Magister Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Padang, Indonesia
putisrikomala@eng.unand.ac.id

Abstract

Peat water is generally found in Indonesia and is most commonly found on the islands of Kalimantan and Sumatra. It meets the quantity of drinking water but does not have the quality of drinking water even though it has been treated using conventional technology because the parameters contained in peat water still exceed the quality standards set by the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia. Indonesia number 492 of 2010 concerning Drinking Water Quality Requirements. In this study, various peat water treatments from various in-line filtration treatments will be reviewed. There is an in-line treatment process that can process peat water into drinking water by coagulation and ultra filtration processes from the membrane. The conclusion from the literature review is peat water treatment using $Al_2(SO_4)_3$ coagulant because it is effective in reducing turbidity, alkalinity, neutralizing pH, removing organic substances contained in peat water and using polysulfone membrane (PSf) which can remove color content, organic substances, chloride, TDS, hardness, iron, manganese, zinc and sulfate.

Keywords: Peat Water, Coagulation, In-Line Filtration, Drinking Water

Abstrak

Air gambut pada umumnya berada di Indonesia dan paling banyak ditemukan di Pulau Kalimantan dan Sumatera memenuhi kuantitas air minum namun belum memiliki kualitas air minum walaupun sudah dilakukan pengolahan menggunakan teknologi konvensional karena parameter yang terkandung di air gambut masih melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Pada penelitian ini akan ditinjau berbagai pengolahan air gambut dari berbagai pengolahan filtrasi *in-line*. Filtrasi *in-line* dapat mengolah air gambut menjadi air minum dengan proses koagulasi dan ultrafiltrasi dengan membran. Dari tinjauan literature dapat disimpulkan bahwa pengolahan air gambut menggunakan koagulan $Al_2(SO_4)_3$ efektif untuk menurunkan kadar turbiditas, alkalinitas, menetralkan pH, menyisihkan zat organik yang terkandung dalam air gambut serta penggunaan membran Polisulfon (PSf) yang dapat menyisihkan kandungan warna, zat organik, klorida, TDS, kesadahan, besi, mangan, seng dan sulfat.

Kata Kunci: Air Gambut, Koagulasi, Filtrasi *in-line*, Air Minum

1. PENDAHULUAN

Air gambut merupakan salah satu jenis air yang banyak terdapat pada daerah rawa-rawa dan dataran rendah di Indonesia. Air ini paling banyak tersebar di daerah Kalimantan dan Sumatera. Air gambut adalah air yang mengandung berbagai bahan organik yang terdiri dari kayu atau lumut yang tercipta dikarenakan penguraianya lebih lama dari pada penimbunan yang terus menerus. Adanya perbedaan ini disebabkan curah hujan yang tinggi pada daerah tropis dan suhu dingin yang terjadi di daerah nontropis. Proses terjadinya gambut umumnya pada daerah cekungan, masuknya air rawa atau air

tawar menggenangi daerah cekungan, sehingga proses dekomposisi menjadi terhambat (Musadad 1998). Air gambut memiliki karakteristik berupa pH yang rendah, terdapat kandungan zat organik terlarut yang tinggi sehingga membuat air berwarna merah kecoklatan, dan berbau kesadahan yang rendah dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah. Karakteristik air gambut di setiap daerah berbeda disebabkan komponen yang ada pada tanah dan aktivitas dari masyarakat sekitar (A'idah dkk., 2018). Air gambut umumnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri, pertanian, energi dan kehutanan (Musadad 1998). Namun berdasarkan karakteristik yang disebutkan, air gambut tidak dapat digunakan untuk area persawahan karena penggunaan air gambut dapat menyebabkan berkurangnya unsur hara yang berpengaruh terhadap kesuburan tanah. Selain area persawahan air gambut tidak dapat langsung dikonsumsi tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu.

Proses pengolahan air gambut menjadi air minum dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan sistem filtrasi konvensional, filtrasi langsung, filtrasi *in-line* (filtrasi kontak) dan filtrasi secara dua tahap (Crittenden et al. 2012). Secara umum, pengolahan air menggunakan teknologi konvensional yaitu proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Meskipun air yang dihasilkan dari pengolahan konvensional ini bisa menghasilkan kualitas air minum sesuai standar Departemen Kesehatan Republik Indonesia, namun memiliki kelemahan berupa membutuhkan lahan yang luas, bahan kimia dan peralatan yang banyak serta manajemen dan operasionalnya yang rumit sehingga membutuhkan biaya yang besar (Rizka, 2015). Pengolahan air dengan sistem *in-line* (filtrasi kontak) dapat menjadi pilihan. Pengolahan ini hanya membutuhkan dua tahap yaitu koagulasi dan filtrasi. Karakteristik air yang dapat diolah yaitu kekeruhan air baku <10 NTU (Crittenden dkk., 2012). Pengolahan air menggunakan filtrasi kontak dapat mengolah air gambut dengan keunggulan biaya yang dikeluarkan lebih ekonomis daripada konvensional.

Proses koagulasi sebelum dilakukan ultrafiltrasi pada pengolahan air lumut berfungsi untuk mengurangi beban kerja membran ultrafiltrasi (Ferdian and Arinaldi 2013). Pengolahan dengan proses koagulasi membutuhkan koagulan. Pengolahan air gambut menggunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dapat menyisihkan parameter TSS hingga 82,54% dan kekeruhan hingga 80,89% (Ramadhini dkk., 2021). Koagulan *Aluminium Hidroksida* (HCA) lebih efektif daripada koagulan PAC dalam menurunkan TSS pada air permukaan (Rosariawari and Farahdiba, 2021). Penurunan warna pada air gambut sebesar 95% menggunakan PAC dan 96,17% menggunakan Aluminium Sulfat. Penggunaan tawas lebih ekonomis dan efisien untuk mengurangi warna pada air gambut (Sutapa, 2014). Penggunaan koagulan pada pengolahan air gambut yang berasal dari lempung cengar dapat menghilangkan bau, warna, TSS, asam organik, TDS dan meningkatkan pH, namun penurunan warna dan asam organik tetap melebihi ambang batas dari Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta Peraturan Menteri Kesehatan nomor 416 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (Lasmita and Asmura, 2018). Pemanfaatan biji kelor sebagai koagulan efektif menyisihkan kandungan nitrat, seng dan tembaga namun untuk warna, TDS, pH, besi, sulfat, mangan, kesadahan dan klorida belum memenuhi ambang baku mutu air minum (Sari, 2010). Kombinasi proses koagulasi dan ultrafiltrasi menggunakan membran Poliakrilonitril dapat mengurangi warna pada air sebesar 92,5% (Aprilia dkk., 2013). Pengolahan air menggunakan ultrafiltrasi efektif untuk menghilangkan kekeruhan namun tidak dapat mengolah air asin menjadi air minum karena proses ultrafiltrasi tidak dapat menyisihkan atau menurunkan konsentrasi TDS (Said, 2009). Pengolahan air gambut dengan metode koagulasi-flokulasi dan membran filtrasi dapat menyisihkan zat organik 91,04%, penyisihan warna 96,68% dan kekeruhan 100% (Nastiti, 2006). Kombinasi koagulasi-flokulasi menggunakan PAC dan membran ultrafiltrasi dapat menyisihkan zat organik 92,54%, penghilangan warna 98,72% dan kekeruhan 100% (Rizka, 2015). Pengolahan air dengan kombinasi koagulasi dan ultrafiltrasi dapat menyisihkan virus dan menurunkan kadar warna dalam air minum (Chang dan Wang, 2007). Berdasarkan beberapa studi kasus tersebut, maka proses koagulasi dan ultrafiltrasi dapat digunakan untuk pengolahan air gambut dengan menyisihkan parameter warna, zat organik, TSS, nitrat, Zn, Cu dan meningkatkan pH. Koagulan yang digunakan merupakan koagulan yang mudah ditemui dan bernilai ekonomis. Tinjauan singkat ini bertujuan untuk mereview jurnal terkait berbagai jenis koagulan dan membran filtrasi yang digunakan dalam proses koagulasi dan ultrafiltrasi, khususnya untuk pengolahan air gambut.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan berupa tinjauan literatur dengan topik pengolahan air gambut dengan berbagai jenis koagulan dan membran ultrafiltrasi yang digunakan dalam proses koagulasi dan ultrafiltrasi. Dalam memilih jurnal yang akan diteliti dilakukan teknik *purposive sampling* yang mewakili populasi yang dipilih. Jurnal dikumpulkan dari Google Cendekia dengan prioritas terbitan sembilan tahun terakhir (2013-2020).

Berdasarkan beberapa jurnal yang mengkaji terkait pengolahan air gambut dengan filtrasi *in-line*, pengolahan air gambut pertama-tama dilakukan karakterisasi agar dapat mendapati parameter apa saja yang terkandung di air gambut seperti pH, kandungan organik, warna, kekeruhan, Zn, Sulfat, Fe, Mn, kesadahan dan klorida sebelum dilakukan pengolahan.

Langkah selanjutnya dalam pengolahan air gambut yaitu dengan melakukan proses koagulasi yang umumnya disebut dengan pengadukan cepat, dimana pada proses ini dilakukan dengan metode *jartest*. Selanjutnya dilakukan proses filtrasi, dimana air gambut yang telah diolah dengan penambahan koagulan akan melewati filter/membran. Parameter yang tidak mampu diolah dari proses koagulasi dapat tertahan di membran.

Output air dari proses pengolahan koagulasi dan filtrasi selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium, guna membandingkan kandungan yang ada dalam air gambut sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Air Gambut

Karakterisasi air gambut perlu dilakukan sebelum proses pengolahan koagulasi dan ultrafiltrasi. Tujuan dari karakterisasi itu sendiri adalah untuk mengetahui apakah parameter dari air gambut tersebut melebihi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia no 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Tujuan selanjutnya yaitu untuk mengetahui seberapa efisiennya pengolahan air gambut menggunakan berbagai koagulan dan membran yang dipilih.

B. Proses Koagulasi-Ultrafiltrasi pada Air Sungai

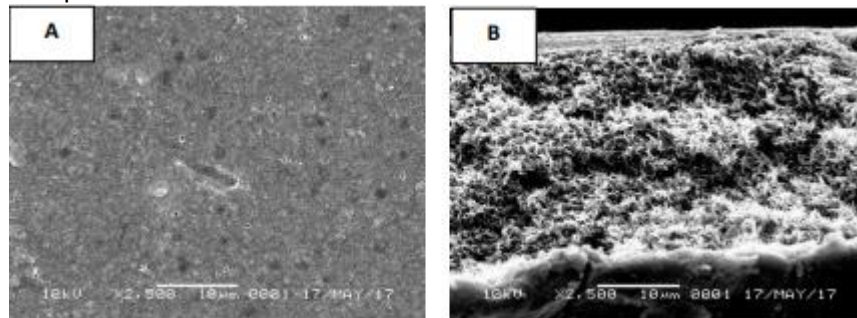
Penelitian ini berada di lokasi Panton Labu, Aceh Utara Provinsi Aceh. Air sungai yang digunakan sebagai objek penelitian bersumber dari Krueng Alue Coet Bada. Tujuan penelitian yaitu untuk membuat dan mengevaluasi karakteristik membran poliakrilonitril (PAN) yang diaplikasikan pada air sungai berwarna. Membran PAN berwujud lempengan dengan cara melarutkan polimer PAN ke dalam dimetilformamida (DMF). Variasi yang digunakan pada konsentrasi PAN terdiri dari 15%, 20% dan 25% beratnya. Selanjutnya dilakukan karakterisasi pada membran yang dihasilkan dengan metode *ScanningElectronMicroscopy* (SEM) untuk menentukan parameter struktur morfologinya. Penggunaan modul filtrasi tipe *dead-end*. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengujian Molecular Weight Cut-Off (MCWO) dengan larutan dekstran masing-masing berat molekulnya yaitu 9500, 19500 dan 39000 DA.

Hasil pengujian SEM yang didapat mengindikasikan bahwa membran memiliki pori berpola asimetrik. Hasil akhir yang didapat yaitu dengan proses koagulasi dengan menggunakan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dan membran PAN dapat menyisihkan warna sebesar 92,5% dengan fluks yang diperoleh hingga 364,8 ml/m²s (Aprilia dkk., 2013). Kelebihan dari penelitian yaitu pengolahan air menggunakan koagulan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dan membran PAN efektif dalam penyisihan warna, namun kekurangan dari penelitian ini yaitu tidak menguji parameter lainnya, sehingga tidak diketahui apakah penggunaan koagulan Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dan membran PAN efektif atau tidaknya dalam menyisihkan TDS, TSS, menetralkan pH serta kontaminan lainnya.

Penggunaan koagulan alum dan membran PAN dapat diterapkan untuk mengolah air gambut juga dikarenakan air gambut yang berwarna merah kecoklatan namun harus dilakukan karakterisasi air gambut karena parameter yang terkandung dalam air sungai berbeda dengan parameter air gambut terutama pada pHnya.

C. Proses Koagulasi-Ultrafiltrasi pada Air Gambut

Objek penelitian berada di KM.17 Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Sampel yang diambil lalu dilakukan karakterisasi dilakukan dengan pengujian pH, kandungan organik KMnO_4 , DOC, UV_{254} dan nilai SUVA_{254} . Tujuan penelitian yaitu untuk memperoleh dosis dan tekanan optimum pada proses hibrid koagulasi dua tahap dan UF-PSf dalam penyisihan kandungan organik alami, serta memahami pengaruh adanya proses koagulasi dua tahap terhadap berubahnya nilai fluks pada membran polisulfon UF-PSf. Koagulan yang digunakan berupa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan pengujian menggunakan jar tes. Membran UF-PSf menggunakan sistem aliran *dead-end*. Gambar membran UF-PSf dapat dilihat pada Gambar 1.

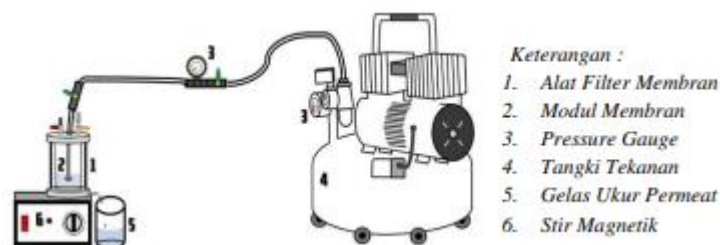


Gambar 1 Uji SEM Membran UF-PSf dengan KCL 0,5% (b/b) perbesaran 2500 ×

(a) Penampang Permukaan; (b) Penampang Melintang

(Sumber: Rosadi dkk., 2017)

Gambar 2 menjelaskan bahwa membran UF-PSf memiliki susunan pori yang rapat dan bersifat asimetrik. Pori yang rapat pada membran memiliki selektivitas membran yang tinggi dan fluks yang dihasilkan juga tinggi. Adapun proses hybrid koagulasi dan UF-PSf dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Skema Peralatan Operasi Ultrafiltrasi *Dead-end*

(Sumber: Rosadi, 2017)

Produk hasil olahan dari proses koagulasi dilanjutkan pengolahannya dengan proses filtrasi dengan memakai membran UF-PSf menggunakan sel ultrafiltrasi *dead-end* dengan tekanan yang bervariasi yaitu 1, 1.5, 2, 2.5 dan 3 bar. Volume air permeat diukur setiap 5 menit dalam waktu satu jam agar dapat ditentukan nilai J_t/J_0 . Pengukuran laju pembentukan *cake* pada membrane terhadap waktu operasi dapat menggunakan analisis J_t/J_0 . Pengulangan sebanyak dua kali (*duplo*) dilakukan pada proses hibrid. Kemudian dilakukan pengujian kandungan bahan organik dengan parameter KMnO_4 , UV_{254} dan UV_{254} pada sampel dari setiap proses hibrid proses koagulasi satu dan dua tahap agar mendapatkan keadaan operasi optimum dari variasi dosis dan tekanan setiap proses.

Proses koagulasi yang dilakukan dapat berpengaruh pada nilai fluks yang secara bertahap dapat bertambah besar pada proses hibrid koagulasi dua tahap dan UF-PSf. Nilai fluks yang dihasilkan yaitu sebesar 154,84 $\text{L/m}^2\text{jam}$ pada tekanan optimum 3 bar. Didapatkan hasil dari proses koagulasi-ultrafiltrasi ini pada Tabel 1 berikut (Rosadi, 2017).

Tabel 1 Perbandingan Penyisihan Kandungan Organik Alami Proses Hibrid Koagulasi-Ultrafiltrasi

Tekanan (bar)	Koagulasi Satu Tahap-UF		Koagulasi Dua Tahap-UF	
	Uji UV ₂₅₄ (%)	Uji UV ₂₅₄ (%)	Uji UV ₂₅₄ (%)	Uji KM _n O ₄ (%)
1	90,51	90,77	98,47	99,40
1,5	88,98	89,58	98,27	99,11
2	88,27	88,99	97,76	98,66
2,5	87,35	88,10	97,14	98,21
3	86,43	87,50	96,02	97,32

Sumber: Rosadi, 2017

Penggunaan membran polisulfon (PSf) memiliki berbagai kelebihan dan kekurangan. Adapun keunggulan dari membran PSf yaitu: pada operasional dan perawatannya, energi yang digunakan lebih rendah, tidak memerlukan lahan yang luas karena desain dan konstruksinya dirancang untuk sistem skala kecil, peralatan modular sehingga dapat dengan mudah dilakukan scale-up dan tidak memerlukan kondisi yang ekstrim (temperatur dan pH) (Notodarmojo and Deniva, 2004). Kelemahan dari membran PSf yaitu sifat hidrofobik yang dapat menyebabkan meningkatnya *fouling* (penyumbatan) yang umumnya terjadi pada membran. Meskipun begitu sifat hidrofobik dapat diakali dengan mencampurkan zat aditif berupa polietilen glikol (PEG) karena memiliki karakteristik yang stabil tidak mudah terurai dan tidak bereaksi (Wardani 2013). Kelebihan dari penelitian ini yaitu penggunaan koagulan Aluminium Sulfat Al₂(SO₄)₃ dan membran UF-PSf efektif menyisihkan kandungan bahan organik alami, KmnO₄ dan UV₂₅₄ dengan tekanan 1 hingga 3 bar pada air gambut. Semakin tinggi tekanan yang digunakan maka semakin baik pula tingkat penyisihan parameter bahan organik alami, KmnO₄ dan UV₂₅₄. Keefektifan penggunaan koagulan Aluminium Sulfat Al₂(SO₄)₃ dan membran UF-PSf juga dipengaruhi oleh pemberian tekanan 3 bar saat proses filtrasi karena hanya mengakibatkan *fouling* membran yang sangat kecil jika dibandingkan dengan tekanan yang lain.

D. Proses Koagulasi-Flokulasi-Ultrafiltrasi pada Air Gambut

Penelitian ini dilakukan di Pulau Sumatera tepatnya di Provinsi Riau. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk mengetahui efektifitas koagulasi-flokulasi dalam menyisihkan kekeruhan, bahan organik dan warna air gambut serta menetapkan fluks dan koefisien penolakan kekeruhan, kandungan organik dan warna dengan membran ultrafiltrasi. Adapun koagulan yang digunakan berupa Al₂(SO₄)₃ dan Ca(OH)₂ serta modul membran ultrafiltrasi. Hasil yang didapat dari kombinasi koagulasi-flokulasi dan membran ultrafiltrasi dengan tekanan 1,5 bar dapat menyisihkan zat organik sebesar 91,04%, penyisihan warna 96,68% dan kekeruhan 100% (Nastiti, 2006). Kelebihan dari kombinasi pengolahan air ketiga proses ini dapat menyisihkan parameter zat organik, warna dan kekeruhan yang efektif. Adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu hanya menguji tiga parameter sehingga tidak diketahui lebih lanjut apakah efektif dalam menyisihkan kandungan kimia, kesadahan dan penetralan pH pada air gambut.

E. Proses Koagulasi - Ultrafiltrasi pada Air Payau

Penelitian ini menggunakan air payau sebagai objek pengolahan air (Sari, 2010). Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui tingkat efektifitas kinerja biji kelor sebagai koagulan dan penggunaan membran ultrafiltrasi berupa polisulfon yang dapat menyisihkan TDS, pH, warna, Zn, Fe, Mn, NO₂. Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Analisa Air Payau Sebelum dan Sesudah Proses Koagulasi-Flokulasi serta yang telah Melewati Membran Ultrafiltrasi

No	Parameter	Satuan	*Air minum	Hasil Analisa				
				Tanpa Biji Kelor dan Tekanan Pemompaan	Dengan Koagulan Biji Kelor dan Tekanan Pemompaan	350 mg (tanpa membran)	1 bar	1,5 bar
1	Warna	TCU	15	699	61	25	17,8	8,64
2	Klorida	mg/l	250	1.478	403	349	257	232
3	Kesadahan	mg/l	500	841	604	575	541	429
4	Zat organik	mg/l	10	89,175	52,013	39,25	16,47	9,04
5	TDS	mg/l	500	880	581	563	511	491
6	pH	-	6,5 – 8,5	8,3	7,3	7,2	7,1	6,9
7	Besi	mg/l	0,3	3,35	0,97	0,72	0,55	0,28
8	Mangan	mg/l	0,4	2,15	1,03	0,69	0,47	0,22
9	Seng	mg/l	3	3,32	2,16	2,15	1,77	1,51
10	Sulfat	mg/l	250	1277	657	521	344	222

Sumber: Hasil Uji UPT Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau (2015) & Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Teknik Kimia Universitas Riau

Kelebihan dari penggunaan biji kelor sebagai koagulan dan membran polisulfon (PSf) yaitu efektif menyisihkan banyak parameter yang terkandung dalam air payau terutama pada penyisihan kandungan warna, zat organik, klorida, TDS, kesadahan dilanjutkan dengan parameter kimia lainnya seperti besi, mangan, seng dan sulfat. Kekurangan dari studi kasus ini yaitu terdapat perbedaan pH antara air payau dan air gambut, jika diterapkan pada pengolahan air gambut, maka pH air gambut yang umumnya rendah, dengan dilakukan pengolahan ini, maka ditakutkan dapat menurunkan lagi pH dari air gambut tersebut.

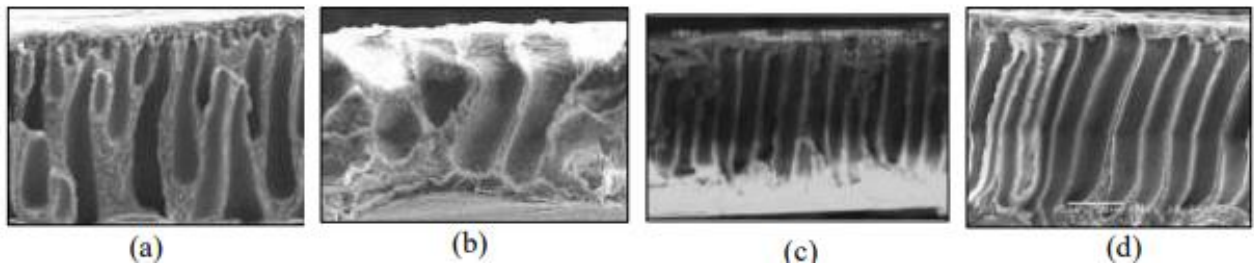
F. Proses Pengolahan Air Gambut dengan Membran Polipropilen/ZnO

Studi kasus ini menggunakan objek air gambut dari provinsi Riau, memaparkan terkait modifikasi membran dengan cara mencampurkan polimer asli dengan polimer yang memiliki sifat lebih sesuai pada permukaan aktif membran. Adapun penggunaan membran asli yang digunakan yaitu membran serat berongga polipropilen, dilapisi dengan membran PSf/PEG400/ZnO yang bersifat antifouling dan anti mikroba serta biayanya yang ekonomis dengan metode *dip-coating*. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan hidrofisilitas membran PP dalam pengolahan air.

Hasil dari pengolahan air gambut menggunakan modifikasi membran yaitu dapat menyisihkan zat humat pada air gambut mencapai 70% dan meningkatkan kejernihan pada air gambut (Wenten dkk., 2020). Adapun kelebihan dari penggunaan modifikasi membran polipropilen dan PSf/PEG400/ZnO yaitu menghasilkan membran dengan permeabilitas dan selektivitas yang lebih baik, efektif dalam menyisihkan zat humat dan meningkatkan kejernihan pada air gambut. Kekurangan dari pengolahan air ini yaitu tidak menguji parameter lainnya sehingga tidak diketahui keefektifan modifikasi membran pada penyisihan partikel selain penyisihan zat humat serta peningkatan kejernihan air gambut.

G. Proses Pengolahan Air Gambut dengan Membran Polisulfon yang Dimodifikasi

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Aryanti dkk., 2018) pengolahan air gambut yang berasal dari Sungai Pekanbaru-Riau yang memiliki pH3 dapat menggunakan membran UF dengan campuran polisulfon (PSf) dalam DMAc dengan menambahkan PEG400 dan aseton konsentrasi rendah sebagai bahan aditif. Pengaruh PSf/PEG 400 dan rasio polimer/pelarut pada kinerja membran PSF dilakukan pengujian selama dua jam penyaringan air gambut. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan rasio PSF/PEG400 dari 1:1 menjadi 1:2,5 meningkatkan hidrofisilitas membran. Adapun SEM membran UF-PSf dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 SEM membran UF-PSf pada rasiopolimer/pelarut 50/50 dan berbagai perbandingan PSf/PEG400: (a) 1:1, (b) 1:1,5, (c) 1:2, (d) 1:2,5 (besaran Sem: 500×)

(Sumber: Aryanti dkk., 2018)

Hal ini ditunjukkan dengan terjadinya penurunan sudut kontak air dari 62° ke 33° serta terjadi peningkatan kadar air pada struktur membrane dari 65 menjadi 74,5%. Fluks air murni meningkat mencapai 200 kali lipat. Fluks yang stabil dapat dicapai ketika rasio PSf/PEG sebesar 1:2 serta menghasilkan 84% penolakan asam humat. Terjadi peningkatan konsentrasi polimer dalam larutan membrane mengurangi fluks air murni tetapi meningkatkan penolakan asam humat. Konsentrasi polimer yang lebih tinggi dalam larutan membrane dapat mengurangi kecenderungan pengotoran permukaan membran. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan fluks dapat berkurang dari 60% menjadi 40% ketika rasio konsentrasi polimer/pelarut diubah dari 40/60 menjadi 50/50 atau sama.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa studi kasus yang telah disebutkan, proses koagulasi dan filtrasi menggunakan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ karena efektif menurunkan kadar turbiditas, alkalinitas, menetralkan pH, menyisihkan zat organik yang terkandung dalam air gambut serta penggunaan membran Polisulfon (PSf) yang dapat menyisihkan kandungan warna, zat organik, klorida, TDS, kesadahan, besi, mangan, seng dan sulfat. Keunggulan dari PSf yaitu terdapat pada operasional dan perawatan membran, energi yang digunakan lebih rendah, tidak memerlukan lahan yang luas karena desain dan konstruksinya dirancang untuk sistem skala kecil, peralatan modular sehingga dapat dengan mudah dilakukan *scale-up* dan tidak memerlukan kondisi yang ekstrim (temperatur dan pH). Kelemahan dari membrane polisulfon ini yaitu sering terjadinya penyumbatan (*fouling*) namun dapat diatasi dengan mencampurkan zat aditif seperti polietilen glikol (PEG). Keefektifan penggunaan koagulan Aluminium Sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan membran PSf juga dipengaruhi oleh pemberian tekanan 3 bar saat proses filtrasi karena dapat mengakibatkan fouling membran sangat kecil terjadi jika dibandingkan dengan tekanan yang lain.

5. DAFTAR PUSTAKA

- A'idah, Erawati, Lia Destiarti, and Nora Indriawati. (2018). "Penentuan Karakteristik Air Gambut Di Kota Pontianak Dan Kabupaten Kuburaya." *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 7(3):91–96.
- Aprilia, Sri, Bastian Arifin, Ricky Rivaldi Anugerah, and Indra Safriadi. (2013). "Kombinasi Proses Koagulasi Dan Sistem Ultrafiltrasi Dengan Membran Poliakrilonitril Untuk Pemurnian Air Berwarna." *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 9(4):173. doi: 10.23955/rkl.v9i4.1230.
- Aryanti, P. T. P., A. M. Noviyani, M. F. Kurnia, D. A. Rahayu, and A. Z. Nisa. (2018). "Modified Polysulfone Ultrafiltration Membrane for Humic Acid Removal during Peat Water Treatment." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 288(1). doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012118.
- Chang, Qing, and Gang Wang. (2007). "Study on the Macromolecular Coagulant PEX Which Traps Heavy Metals." *Chemical Engineering Science* 62(17):4636–43. doi: 10.1016/j.ces.2007.05.002.
- Crittenden, John C., R. Rhodes Trussell, David W. Hand, Kerry J. Howe, and George Tchobanoglous. (2012). "Granular Filtration." *MWH's Water Treatment* 727–818. doi: 10.1002/9781118131473.ch11.
- Ferdian, and Arinaldi. (2013). "Pengolahan Air Lumut Dengan Kombinasi Proses Koagulasi Dan Ultrafiltrasi." *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri* 2(2):8–13.
- Musadad, D. Anwar. (1998). "Pengaruh Air Gambut Terhadap Kesehatan Dan Upaya Pemecahannya." *Media Litbangkes* VIII(1):8–13.

- Nastiti, Yulia dkk. (2006). "Penyisihan, Warna, Zat Organik Dan Kekeruhan Pada Air Gambut Dengan Kombinasi Proses Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) Dan Membran Ultrafiltrasi." 2:2–5.
- Notodarmojo, Suprihanto, and Anne Deniva. (2004). "Penurunan Zat Organik Dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran Dead-End (Studi Kasus : Waduk Saguling, Padalarang)." *ITB Journal of Sciences* 36(1):63–82. doi: 10.5614/itbj.sci.2004.36.1.5.
- Ramadhini, Syafina, R. Estie, and Firra Rosariawari. (2021). "Efektifitas Kombinasi Koagulasi-Flokulasi Pipa Circular Dan Baffle Channel Terhadap Air Sungai." 2:75–80.
- Revi Lasmita, Syarfi Daud, and Jecky Asmura. (2018). "Pre Treatment Air Gambut Dengan Lempung Cengar Dan Penyisihan Zat Organik Dan Kekeruhan Dengan Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran." *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. 1(2):10–27.
- Rizka, Zella S., et al. (2015). "Penyisihan, Warna, Zat Organik Dan Kekeruhan Pada Air Gambut Dengan Kombinasi Proses Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) Dan Membran Ultrafiltrasi." 2(2):1–6.
- Rosadi, Raissa, Mahmud, and Chairul Abdi. (2017). "Pengaruh Proses Hibrid Koagulasi Dua Tahap Dan Membran." *Jurnal Teknik Lingkungan* 3(2):55–69.
- Rosariawari, Firra, and Ulfah Farahdiba. (2021). "Unit Hidroulic Koagulasi Dalam Penyisihan TSS Air Permukaan." 13(1):14–17.
- Said, Nusa Idaman. (2009). "Uji Kinerja Pengolahan Air Siap Minum Dengan Proses Biofiltrasi, Ultrafiltrasi dan Reverse Osmosis (RO) Dengan Air Baku Air Sungai" *JAI* 5(2):144–61.
- Sari, Riny A., et al. (2010). "Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Pada Pengolahan Air Payau Menjadi Air Minum Menggunakan Proses Koagulasi Ultrafiltrasi." 1–6.
- Sutapa, Ignasius D. A. (2014). "Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dan Alumunim Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah." *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan* 24(1):13. doi: 10.14203/risetgeotam2014.v24.78.
- Wardani, AK. (2013). "Pengaruh Aditif Pada Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Berbasis Polisulfon Untuk Pemurnian Air Gambut (Skripsi)." (July 2013):37.
- Wenten, I. G., K. Khoiruddin, A. K. Wardani, P. T. P. Aryanti, D. I. Astuti, and A. A. I. A. S. Komaladewi. (2020). "Preparation of Antifouling Polypropylene/ZnO Composite Hollow Fiber Membrane by Dip-Coating Method for Peat Water Treatment." *Journal of Water Process Engineering* 34(September 2019):101158. doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101158.