

Membran Polyethersulfone (PES)/CNT-TiO₂ untuk Penyisihan Humic Acid di Bendungan Jatiluhur

ELYSIA RAHMAH¹, NADILA AMI SUNIA¹, JONO SUHARTONO¹

¹Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional (ITENAS), Bandung
Email: Echaelysiaaa@mhs.itenas.ac.id

Received 24 01 2022 | Revised 03 02 2022 | Accepted 09 03 2022

ABSTRAK

Teknologi membrane banyak digunakan dalam penyisihan Natural Organic Matter (NOM) untuk mengurangi terbentuknya hasil disinfectant by-product (DBP) seperti trihalomethane (THM) yang bersifat karsinogenik. Pada penelitian ini diteliti penyisihan humic acid dari air bendungan Jatiluhur dengan jenis operasi membran. membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi karena dapat memisahkan koloid, mikroba, humic acid, dan padatan tersuspensi. Membran ultrafiltrasi yang digunakan adalah membran PES/CNT yang terimpregnasi dengan nanopartikel TiO₂. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan dengan variasi konsentrasi dan temperatur umpan untuk mengetahui kondisi terbaik dari variasi temperatur terhadap penyisihan humic acid dengan teknologi membran. Proses penyisihan dilakukan selama 30 menit dengan pengambilan sampel permeat pada menit ke-3, 8, 15, 20, dan 30 menit. Selanjutnya, sampel permeat dianalisis menggunakan spektrofotometri UV254. Hasil rejeksi sebesar 70,64% dan fluks sebesar 0,033 L/m²s.

Kata kunci: Air, Humic Acid (HA), Jatiluhur, Ultrafiltrasi

ABSTRACT

Membrane technology is widely used in removal of Natural Organic Matter (NOM) to reduce the formation of disinfectant by-products (DBP) such as carcinogenic trihalomethane (THM). In this study, humic acid removal from Jatiluhur DAM was investigated using the type of membrane operation. The membrane used was an ultrafiltration membrane because it can separate colloids, microbes, humic acid, and suspended solids. The ultrafiltration membranes used were PES / CNT membranes impregnated with TiO₂ nanoparticles. In addition, this research was also carried out by varying the concentration and temperature of the feed in order to determine the best conditions of temperature variations on humic acid removal with membrane technology. The removal process was carried out for 30 minutes with permeate sampling at 3, 8, 15, 20, and 30 minutes. Furthermore, the permeate samples were analyzed using UV254 spectrophotometry. With a rejection result of 70.64% and a flux of 0.033 L/m²s.

Keywords: Water, Humic Acid (HA), Jatiluhur, Ultrafiltration

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan. Kebutuhan air untuk keperluan individu berbeda – beda untuk tiap tempat dan tiap tingkatan kebutuhan. Oleh karena itu penyediaan air bersih merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia untuk kelangsungan hidupnya dan menjadi faktor penentu dalam kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

Air yang digunakan untuk kehidupan biasanya didapatkan dari alam seperti dari air sungai, danau, laut, maupun air tanah. Salah satu sumber air yang banyak digunakan untuk berbagai macam kebutuhan adalah air dari Bendungan Jatiluhur. Dikarenakan air pada Bendungan Jatiluhur ini memiliki banyak fungsi salah satunya adalah sebagai pasok air untuk rumah tangga, industri, penggelontoran kota dll. Maka dikhawatirkan dapat membuat kualitas air pada bendungan tersebut menurun, yang di akibatkan adanya pencemaran oleh aktivitas manusia yang tinggal disekitaran bendungan dan kegiatan pariwisata. Hal ini dapat menyebabkan adanya pengotor yang terlarut dalam air atau bahkan berupa partikel tersuspensi. Zat – zat yang terlarut dalam air dapat mempengaruhi warna, bau, dan rasa pada air dan dapat berupa senyawa organik, bakteri, maupun ion – ion penyebab kesadahan.

Utami (2018) mengatakan bahwa NOM adalah campuran bermacam – macam senyawa organik seperti karbon aromatic, karbon alifatik, dan lainnya, yang terbentuk secara alami dan berasal dari proses degradasi hewan dan tumbuhan. NOM di dalam air mengandung senyawa hidrofobik dan hidrofilik (Matilainen et al., 2011). Kandungan senyawa hidrofobik di dalam air, kaya dengan senyawa aromatik karbon, memiliki struktur fenol dan biasanya memiliki struktur rangkap dua dan terdiri dari asam humat dan asam fulvat (Matilainen et al., 2011). Senyawa humus yang bersifat hidrofobik di dalam air dapat menyebabkan terbentuknya disinfection byproducts (DBPs), misalnya septitri-halomethanes (THMs) akibat proses klorinasi. Senyawa THMs tersebut dapat menyebabkan kanker jika kandungannya dalam air terlalu tinggi, senyawa total maksimum THMs tidak disebutkan secara nyata dalam Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010, tetapi kadar maksimum yang diperbolehkan untuk senyawa chloroform, yang merupakan bagian terbesar dari THMs yakni 0,3 mg/L.

Adapun metode yang dapat diterapkan untuk menyisihkan atau mengurangi kandungan humic acid adalah dengan cara koagulasi flokulasi, electrochemicalmethods, ion exchange, advanced oxidation processes (AOP), biological, dan pemisahan dengan membrane. Pada metode koagulasi dan flokulasi atau sering disebut sebagai metode konvensional, dimana kekurangannya yaitu metode ini perlu lahan yang cukup besar, menghasilkan limbah padat (sludge) yang tidak mudah dikeringkan, dan perlu adanya senyawa kimia tambahan (Anonim, 2019).

Selain metode koagulasi flokulasi, adapula metode electrochemical, dimana metode ini memiliki kekurangan menurut (Sillanpaa, 2015) yaitu biaya listrik yang cukup besar, harga elektroda yang digunakan pun cukup mahal, dan dalam prosesnya sangat mudah terjadinya pembentukan disinfection by-product (DBP). Adapun metode ion exchange dimana pada metode itu perlu diadakan pengolahan tambahan dan berpotensi terjadinya pembentukan DBP (Sillanpaa, 2015). Selanjutnya adapun metode AOP yang mana efektivitas prosesnya bergantung pada nilai pH, membutuhkan reagen tambahan, dan limbah hydrogen peroksidanya beracun. Sedangkan pada metode dengan biological, kekurangan yang sangat mencolok yaitu kesensitivitasan prosesnya yang sangat bergantung pada kondisi dan variasi konsentrasi dalam airnya, juga membutuhkan nutrisi tambahan, dan pada prosesnya dibutuhkan area yang cukup luas (Sillanpaa, 2015).

Pada metode dengan teknologi membrane yaitu dengan cara melewatkkan air yang mengandung NOM pada membran. Beberapa kelebihan dari metode membrane ini adalah tidak perlu adanya penambahan bahan kimia lain dan memiliki selektivitas tinggi. Membrane dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis.

Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk pembuatan membrane yang paling sering digunakan terutama untuk membrane ultrafiltrasi yaitu PES (Polyethersulfone). PES memiliki banyak sifat menguntungkan termasuk sifat mekanik yang sangat baik, stabilitas dimensi tinggi, stabilitas termal, stabilitas oksidatif dan hidrolitik yang luar biasa, ketahanan mekanik, dan toleransi terhadap pelarut (Zhao et al., 2013). Tetapi membrane PES memiliki kelemahan yaitu sifatnya yang hidrofobik, hal tersebut menyebabkan permeabilitasnya untuk sistem larutan air tidak terlalu baik. Sifatnya yang hidrofobik pun membuat mudah terbentuknya fouling, sehingga menyebabkan nilai water flux yang dihasilkan menurun serta umur pakai membrane menjadi lebih pendek. Maka dari itu untuk menutupi kelemahan tersebut digunakan partikel TiO₂.

CNTs memiliki struktur berukuran nano dapat meningkatkan performa membran karena memiliki sifat peregangan yang baik, selain itu CNTs memiliki sifat hidrofilik dan konduktivitas termal yang baik sehingga adanya pengaruh dari suhu dapat memperkecil ukuran kristal yang terbentuk (nanokristal) atau dengan kata lain meminimalisir terjadinya fouling (Jeon et al, 2011). Selain itu, penambahan CNTs pada membrane dapat meningkatkan electronegativity, hidrofilitas, permeabilitas, anti-fouling, dan kemampuan mekanis dari membrane (Suhartono and Tizaoi, 2015).

Banyak peneliti dalam penilitian mereka menyebutkan bahwa TiO₂ sebagai zat adiktif yang tahan akan fouling serta dapat meningkatkan resistensi fouling telah diuji oleh banyak penelitian, seperti Esnahati (2015), Notodarmodjo (2016), Yuliawati (2019), dan masih banyak lagi. TiO₂ merupakan nanopartikel yang dapat meningkatkan hidrofilisitas, self-cleaning, dan antibacterial dari membran itu sendiri.

Berdasarkan uraian diatas maka dirasa perlu adanya penelitian lanjutan mengenai penyisihan humic acid dengan teknologi membran untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap kandung humic acid dalam air serta mengetahui pengaruh secara keseluruhan dari konsentrasi umpan, temperatur umpan terhadap proses penyisihan humic acid dengan teknologi membran. Dan pada penelitian ini digunakan variasi jenis membrane yaitu membrane PES/CNTs dengan nanopartikel TiO₂.

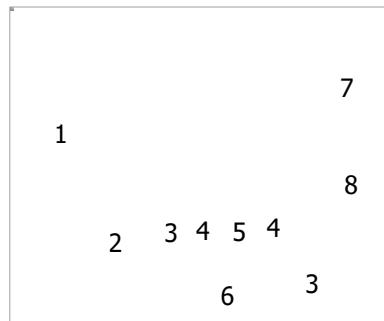
2. METODOLOGI

2.1. Pendekatan

Penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan humic acid dengan menggunakan teknologi membrane PES/CNTs yang terimpregnasi dengan nanopartikel TiO₂. Proses ini dilakukan secara semi-batch dimana umpan hanya dimasukan sekali, dan permeat diambil terus menerus yang merupakan air dengan kadar senyawa organik minimum, sedangkan retentat merupakan air dengan kadar senyawa organik yang tinggi yang merupakan bagian yang tidak ikut tersaring. Permeat yang keluar dilakukan tahap pengujian konsentrasi senyawa organik menggunakan analisis spektrofotometri UV-Vis.

2.2. Alat Dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu membrane PES/CNTs dengan nanomaterial TiO₂, Gelas ukur 1000 mL, Pompa, Rotameter, Pressure gauge, valve, Tangki umpan, Double pipe, Heater. Bahan yang digunakan adalah Aquadest dan Air sampel dari Bendungan Jatiluhur.



Keterangan :

- | | | |
|-------------------|-----|-------------------------|
| 1. Tangki umpan | (a) | 5. Plat membran |
| 2. Pompa | | 6. Permeat |
| 3. Valve | | 7. Rotameter |
| 4. Pressure gauge | | 8. Heater dialiran pipa |

Gambar 1. (a) Skema Alat, (b) Foto Alat

2.3. Prosedur penelitian

2.3.1. Persiapan Sampel Air dari Bendungan Saguling

Menyiapkan air yang sudah diambil dari Bendungan Jatiluhur sebanyak 1 liter yang sudah difiltrasi untuk menghilangkan partikulat-partikulat besar.

2.3.2. Proses Filtrasi dengan Membran

Proses penyisihan Humic Acid dalam air dilakukan pada temperatur 25°C. Membrane PES/CNTs dipasang pada alat uji lalu 1 liter air dari Bendungan Saguling dimasukkan ke dalam tangki umpan. Setelah itu menghubungkan alat pengujian dengan arus listrik untuk mengalirkan larutan umpan. Kemudian, mengatur tekanan operasi pada tekanan 4 bar dan menampung permeat pada gelas ukur 1000 mL selama waktu yang ditentukan. Lalu melakukan prosedur serupa untuk variasi parameter lainnya.

2.4. Analisis

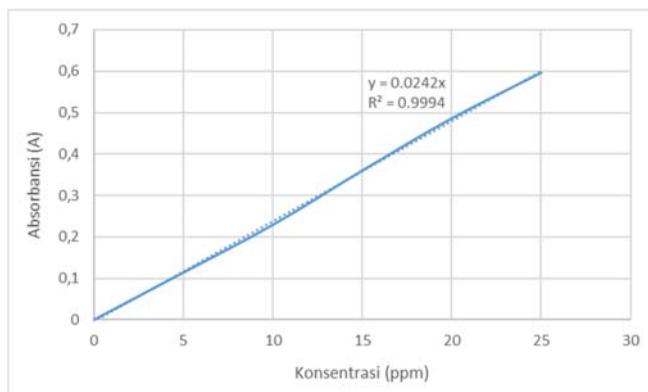
2.4.1. Analisis Spektrofotometer UV-Vis₂₅₄

Untuk mengamati kandungan Humic Acid yang ada sebelum dan setelah dilakukan proses penyisihan Humic Acid maka dilakukan pengujian kadar Humic Acid dengan menggunakan metode analisis spektrofotometri. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui kandungan Humic Acid setelah melakukan proses penyisihan. Pengamatan dilakukan pada panjang gelombang 254 nm, lalu membuat kurva kalibrasi pada panjang gelombang 254 nm, setelah itu melakukan pengecekan konsentrasi Humic Acid dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 254 nm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kurva Standarisasi

Kurva standarisasi didapatkan dengan cara mengukur larutan standar yang diperoleh dari pengenceran larutan induk humic acid 50 ppm dengan berbagai konsentrasi yaitu pada 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. Nilai konsentrasi tersebut didapatkan dengan cara pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 254 nm. Lalu akan diperoleh kurva kalibrasi antara absorbansi dengan konsentrasi humic acid dalam satuan ppm.



Gambar 2. Kurva Standarisasi Larutan Humic Acid

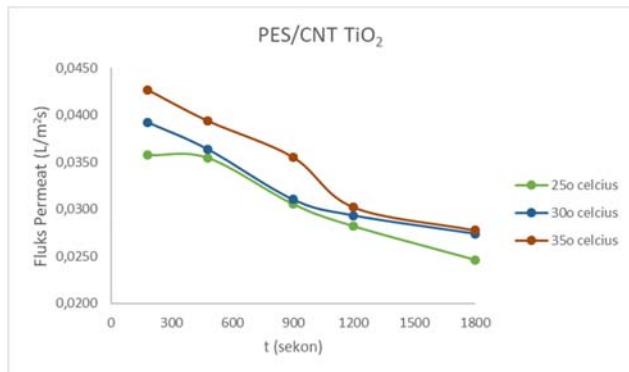
Didapat persamaan garis $y = 0,0242x$ dari kurva pada Gambar 1 diatas. Penggunaan kurva standarisasi ini dibuat untuk mengetahui konsentrasi Humic Acid pada air dari Bendungan Jatiluhur sebelum melalui proses penyisihan dengan teknologi membran dan sesudah melalui proses penyisihan dengan teknologi membran.

3.2. Pengaruh Temperatur Terhadap penyisihan Humic Acid

Pada penelitian kali ini terdapat tiga variasi temperatur, yaitu pada 25°C, 30°C, dan 35°C dengan jenis membran yaitu PES/CNT yang terimpregnasi dengan TiO₂.

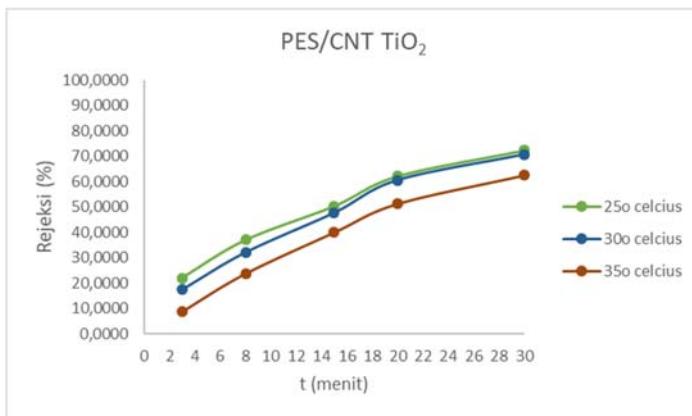
3.2.1. Proses Penyisihan Humic Acid dengan Jenis Membran PES/CNT yang terimpregnasi dengan Nanomaterial TiO₂

Penelitian ini menggunakan membran PES/CNT yang terimpregnasi dengan TiO₂ dengan tujuan mengurangi konsentrasi Humic Acid dari sample air Bendungan Jatiluhur. Pada Bendungan Jatiluhur kandungan senyawa dominan nya adalah senyawa hidrofobik sedangkan membran PES/CNT yang terimpregnasi dengan nanopartikel TiO₂ memiliki sifat hidrofilik. Hal ini menyebabkan Humic Acid yang melewati membran akan tertolak dan terbawa pada aliran retentat sehingga akan maksimal dalam proses penyisihan Humic Acid.



Gambar 3. Kurva Fluks terhadap Waktu pada Membran PES/CNT yang terimpregnasi dengan TiO_2

Perbedaan temperatur terhadap fluks membran cukup berpengaruh, hal tersebut dapat dilihat dari gambar 3 diatas. Dimana air sample Bendungan Jatiluhur dengan temperatur lebih tinggi, fluks lebih tinggi nilainya. Salah satu penyebab hal ini dapat terjadi adalah karena viskositas air pada temperatur tinggi akan turun, sehingga air akan lebih mudah mengalir. Selain itu pori – pori membran yang di lewati oleh air dengan temperatur tinggi bisa mengalami pemuaian. Pemuatan pada pori membran dapat menyebabkan pori – pori membran tersebut menjadi lebih besar dari seharusnya dan meloloskan air. Dapat dilihat pula pada Gambar 3 dari semua variasi temperatur, fluks mengalami penurunan setiap waktunya. Hal tersebut dapat terjadi karena terjadinya fouling pada membran atau ada nya penyumbatan pori membran oleh Humic Acid yang tertahan di membran.



Gambar 4. Kurva Rejeksi terhadap Waktu pada membran PES/CNT yang terimpregnasi dengan TiO_2

Pengaruh temperatur terhadap rejeksi pada membran cukup terlihat pada gambar 4. Air sample Bendungan Jatiluhur dengan temperatur lebih tinggi memiliki rejeksi yang lebih rendah nilai nya dibandingkan dengan air sample dengan temperature lebih rendah. Salah satu penyebab hal ini dapat terjadi adalah adanya fouling. Dapat dilihat pula bahwa temperatur sangat mempengaruhi rejeksi dari air sample Bendungan Jatiluhur. Dimana semakin tinggi temperatur air sample maka nilai nilai rejeksi yang diperoleh menjadi semakin kecil karena pada temperature tinggi, Humic Acid mengalami depolimerisasi yang

menyebabkan ukuran Humic Acid menjadi lebih kecil. Sedangkan pada suhu rendah Humic Acid akan menggumpal menjadi bentuk yang lebih besar sehingga humic acid dapat tertahan pada permukaan membran dan rejeksi akan meningkat. Adapun pada air sample dengan temperatur 25°C dan 30°C di menit ke- 30, nilai rejeksi nya hampir mendekati sama. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh adanya fouling dari sisa penelitian pada temperatur 25°C ketika melaksanakan penelitian pada temperatur 30°C yang menyebabkan Humic Acid tertahan di permukaan membran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan perihal penyisihan Humic Acid ada sample Bendungan Jatiluhur dengan teknologi membran, maka dapat disimpulkan bahwa. Kondisi temperature terbaik pada proses penyisihan Humic Acid menggunakan teknologi membran didapat pada temperature awal 30°C dengan rejeksi sebesar 70,64% dan fluks sebesar 0,033 L/m²s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini. Penulis menyadari akan banyaknya bantuan serta dukungan dari banyak pihak selama penyusunan jurnal penelitian ini. Penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada LP2M Itenas yang telah mendanai penelitian ini melalui Grant No. 306/B.05/LP2M-Itenas/V/2021. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orangtua dan teman-teman yang telah memberikan support dan bantuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2019). Pro dan Kontra Metode Pengolahan Air Limbah: Koagulasi dan Disinfeksi. Retrieved from <https://id.genesiswatertech.com/blog-post/pros-and-cons-of-wastewater-treatment-methods-coagulation-disinfection/>
- Departemen, K. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/VI/2010 tentang Syarat – Syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.
- Esnahati., S. H. (2015). Pengaruh Penambahan Nano-TiO₂ sebagai Agen Anti Bakterial dalam Pembuatan Membran Selulosa Asetat – Kitosan terhadap Biofouling yang Disebabkan oleh Bakteri Gram Negatif dan Positif. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/192448-ID-pengaruh-penambahan-nano-tio2-sebagai-ag.pdf>
- Gladysia, et. al. (2022). Simulasi Fluks Membran PVDF dengan Penambahan CNTs-O dan CNTs-P Menggunakan Penurunan Persamaan Darcy dan Hagen Poiseuille. Prosiding Diseminasi FTI – Itenas, 2021 <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/view/595>
- Jeon, I. a. (2011). Functionalization of Carbon Nanotubes, Carbon Nanotubes–Polymer Nanocomposite. <https://www.intechopen.com/books/carbon-nanotubes-polymer-nanocomposite/functionalization-of-carbon-nanotubes>.

- Matilainen, A. G. (2011). An Overview of The Methods Used in The Characterisation of Natural Organic Matter (NOM) in Relation To Drinking Water Treatment. *Chemosphere*, 83(11), 1431-1442.
- Notodarmojo, S. G. (2016). Pengaruh Fouling pada Permukaan Membran Serat Nano Selulosa Bakterial dengan Nanopartikel Ag dan TiO₂ .).
<https://media.neliti.com/media/publications/55009-ID-pengaruh-fouling-pada-permukaan-membran.pdf>
- Sillanpaa, M. (2015). Natural Organic Matter (NOM) Removal by Electrochemical Methods – A Review.
- Suhartono, J. T. (2015). Polyvinylidene Fluoride Membranes Impregnated at optimised Content of Pristine and Functionalised Multi-Walled Carbon Nanotubes for Improved Water Permeation, Solute Rejection, and Mechanical Properties. *Seppur International Journal*.
- Utami, H. L. (2018). Karakterisasi Natural Organic Matter (NOM) sebagai Prekusor Pembentukan Trihalometan (THM) pada Efluen PDAM Tirta Binangun, Kulonprogo, Yogyakarta.
<https://dspace.uji.ac.id/bitstream/handle/123456789/12026/08%20Naskah%20Publikasi.pdf?sequence=27&isAllowed=y>
- Yuliawati, E. (2019). Jurnal Inovator Membran Komposit PVDF dengan aditif Nanopartikel TiO₂.
- Zhao, C. X. (2013). Modification of polyethersulfone membranes -A review of methods. *Prog. Mater. Sci.*, 58, 76–150.