

# **PENGARUH KOMBINASI *PRETREATMENT* ADSORPSI- ULTRAFILTRASI DALAM MENYISIHKAN *TOTAL ORGANIC CARBON***

**Aussie Amalia, Mohamad Mirwan dan Masterina Sufiati Farid**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

## **ABSTRAK**

*Proses pemisahan berbasis membran salah satu pengaplikasiannya adalah membran ultrafiltrasi (UF). Kendala utama yang dihadapi membran ultrafiltrasi dalam pengaplikasiannya adalah terdosisinya zat padat terlarut pada permukaan membran atau dikenal sebagai fouling. Salah satu pencemar yang terdapat di effluent IPAL adalah Total Organic Carbon (TOC). Kehadiran TOC pada proses UF akan menyebabkan fouling. Pada praktiknya, pengendalian fouling pada industri dapat dilakukan melalui pretreatment, seperti adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kombinasi adsorpsi-UF dalam menyisihkan TOC. Pada effluent IPAL ditemukan TOC sebesar 343 mg/L. Proses kombinasi adsorpsi-UF dinilai mampu dalam menyisihkan TOC, yang ditunjukkan dengan penurunan pada nilai TOC hingga mencapai <1,086 mg/L.*

**Kata kunci:** Total Organic Carbon (TOC), Adsorpsi, Ultrafiltrasi

## **ABSTRACT**

*Implementation a membrane-based separation process one of its applications is an ultrafiltration membrane (UF). The main obstacle facing ultrafiltration membrane in its application is the deposition of dissolved solids on the membrane surface or known as fouling. One of the pollutants found in IPAL effluent is Total Organic Carbon (TOC). TOC presence in UF processes will cause fouling. In practice, fouling control in the industry can be done through pretreatment, such as adsorption. The purpose of this study is to know the influence of adsorption-UF combinations in setting aside TOC. At effluent IPAL found TOC amounting to 343 mg/L. The adsorption-UF combination process is assessed to be able to set aside the TOC, which is indicated by a decrease in the TOC value until it reaches < 1.086 mg/L..*

**Keywords:** Total Organic Carbon (TOC), Adsorption, Ultrafiltration

## PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri khususnya industri minuman ringan berkembang cukup pesat. Seiring dengan hal tersebut, penggunaan sumber daya alam seperti air menjadi meningkat, mengingat bahan baku yang digunakan adalah air bersih. Konsumsi air bersih yang tinggi akan berdampak pada biaya dan kapasitas limbah yang dihasilkan. Pemanfaatan air limbah yang telah diolah menjadi bahan baku proses produksi dan minuman ringan, merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi biaya produksi air bersih dan mengurangi produksi air limbah. Namun, pemanfaatan air limbah tersebut dihadapkan pada permasalahan total organic carbon (TOC) yang cukup tinggi, yaitu 343 mg/L. Oleh karena itu diperlukan proses pengolahan lanjutan untuk menyisihkan parameter tersebut dalam air limbah sebelum digunakan sebagai air baku untuk produksi minuman ringan

Teknologi membran merupakan salah satu pengolahan lanjutan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang berkualitas. Ultrafiltrasi (UF) adalah jenis membran yang pengoperasiannya cukup mudah yang dapat menghilangkan kontaminan dari air (Prasetyo, 2015). Membran UF mampu menggantikan pengolahan air secara konvensional seperti, koagulasi, sedimentasi dan filtrasi. Membran UF merupakan membran berpori akan tetapi seluruh kontaminan partikulat seperti virus dan bakteri termasuk makromolekul dapat direjeksi. Keuntungan proses membran UF adalah kualitas produk yang baik, tidak memerlukan tambahan bahan kimia, dan dapat beroperasi secara konsisten dalam penghilangan partikel dan makromolekul (Wenten, 1997). Pengoperasian teknologi membran dihadapkan kepada beberapa permasalahan yaitu, *fouling*, keterbatasan umur membran dan perawatan yang mahal.

*Natural Organic Matter* (NOM) merupakan campuran heterogen dari makromolekul organik yang berasal dari degradasi dan dekomposisi alami organisme hidup dengan sistem ekologi. NOM dibagi menjadi dua fraksi yaitu material hidrofobik (humik) dan hidrofilik (non-humik). Material humik adalah bahan yang telah terhumifikasi dan dikenal dengan humus. Material non humik adalah bahan yang tidak

terhumifikasi dan lebih mudah di biodegradasi (Alimah, 2012). Humus dapat menyebabkan terjadinya *fouling* pada membran (Lee *et al.*, 2004) dan menurunnya fluks secara terus-menerus.

Resiko *fouling* pada membran dapat diminimalisir dengan cara memberi perlakuan awal sebelum proses membran (*pretreatment*) (Nainggolan, 2015). Dalam pemilihan proses *pretreatment* yang dapat mereduksi kontaminan dan *fouling* harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti koagulan, adsorben, oksidan, dan temperatur (Prasetyo, 2015). Dari hasil penelitian sebelumnya, *pretreatment* adsorpsi pada UF dapat meningkatkan fluks. Pada umumnya, adsorben yang digunakan pada proses adsorpsi adalah karbon aktif, dikarenakan karbon aktif mudah didapatkan dan memiliki kemampuan yang cukup baik untuk menyisihkan kontaminan (Rahma dkk, 2018).

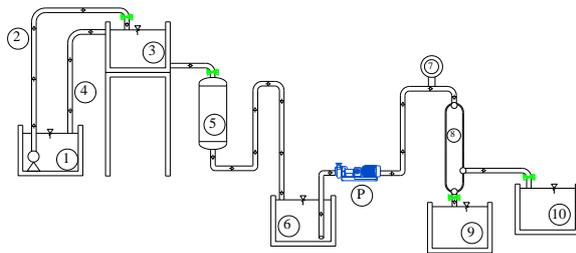
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, variasi jenis adsorben dapat berpengaruh dalam proses adsorpsi dan telah dibuktikan dengan penggunaan adsorben karbon aktif menghasilkan efisiensi penyisihan *organic matter* sebesar 70%. Spesifikasi karbon aktif yang dipakai pada proses adsorpsi menjadi penting untuk diketahui, sebab dari spesifikasi tersebut dapat diketahui kandungan yang penting dari karbon aktif tersebut. Kandungan yang penting untuk diperhatikan yaitu kadar *iodine* yang ada dalam karbon aktif tersebut. Besarnya kadar *iodine* dapat menentukan daya serap suatu jenis karbon aktif. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan karbon aktif sebagai adsorben dengan kadar *iodine* masing-masing sebesar 850 mg/g dan 800 mg/g. Pemilihan variasi karbon aktif ini ditujukan untuk memberikan rekomendasi terbaik pada proses adsorpsi dengan kandungan yang diperhatikan yaitu kadar *iodine* yang ada dalam spesifikasi karbon aktif tersebut (Hatt *et al.*, 2013).

Selain itu, hasil penelitian dari Monnot (2016), membuktikan bahwa debit aliran mempengaruhi penyisihan bahan organik alami pada proses adsorpsi. Dari penelitian tersebut, debit 2,4 liter/jam terbukti mampu menyisihkan 78% bahan organik alami dibandingkan debit yang lainnya yang lebih besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih variasi debit yang lebih kecil dari penelitian sebelumnya, yaitu 39 mL/menit, 29 mL/menit dan 23 mL/menit. Hal

ini dimaksudkan untuk membuktikan bahwa semakin kecil debit, maka pengaruhnya terhadap kemampuan adsorpsi juga semakin besar agar dapat mereduksi *fouling* pada membran UF (Monnot *et al.*, 2016).

**METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan kombinasi adsorpsi dan membran UF dengan menggunakan sampel dari saluran outlet IPAL PT. Multi Bintang Indonesia, Tbk. Parameter utama yang digunakan adalah TOC. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variasi adsorben dan debit aliran yang terbaik pada proses adsorpsi sehingga dapat meningkatkan kinerja pada proses ultrafiltrasi. Rangkaian alat penelitian dijelaskan dalam bentuk potongan (Gambar 1).



**Gambar -1** Potongan Rangkaian Alat

Keterangan:

- 1 = Bak Penampung
- 2 = Pipa *Inlet*
- 3 = Bak Pengatur Debit
- 4 = Pipa *Over Flow*
- 5 = Bak Adsorpsi
- 6 = Bak Titik Sampling Adsorpsi
- 7 = *Pressure Gauge*
- 8 = Membran Ultrafiltrasi
- 9 = Bak *Permeate*
- 10 = Bak *Retenate*
- P = Pompa

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Karakteristik Limbah**

Pada penelitian ini jenis air limbah yang digunakan sebagai sampel adalah air limbah PT. Multi Bintang Indonesia, Tbk. Sampel diambil dari saluran outlet IPAL, kemudian sampel disimpan dalam jerigen, untuk dilakukan pengolahan lanjutan menjadi air bersih dengan pengolahan kombinasi adsorpsi dengan membran UF. Pada air limbah tersebut terdapat kandungan TOC sebesar 343 mg/L.

TOC yang terdapat di dalam air limbah tersebut terdiri dari beberapa komponen, seperti karbohidrat, protein, lemak, zat humus, surfaktan dan berbagai macam zat lainnya. Kandungan TOC yang tinggi akan berpengaruh pada kualitas air bersih sebagai pengangkut material logam dan bahan kimia organik serta memberikan pengaruh terhadap warna, rasa yang tidak diinginkan dan bau tidak sedap (Siahaan & Ali, 2014).

**Pengaruh Ultrafiltrasi (UF) dalam Menyisihkan Total Organic Carbon (TOC)**

Pada penelitian ini digunakan membran UF untuk perlakuan kontrol, dimana air limbah hanya melewati membran UF tanpa melalui proses adsorpsi. Hasil uji TOC dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel -1** Pengaruh Uji TOC terhadap Perlakuan pada Membran Ultrafiltrasi

Berdasarkan Tabel 1, terjadi penurunan nilai TOC pada perlakuan kontrol dari 343 mg/L menjadi 49,59 mg/L dengan persen removal

No.	Perlakuan	TOC (mg/L)	Persen Removal (%)
1.	Awal (tanpa perlakuan)	343	-
2.	Membran Ultrafiltrasi	49,59	85,54

sebesar 85,54%. Penurunan nilai TOC ini terjadi sesuai dengan prinsip proses pemisahan oleh membran. Prinsip ini berupa pemanfaatan sifat membran, di mana dalam kondisi yang identik, jenis molekul tertentu akan berpindah dari satu fasa fluida ke fasa lainnya di sisi lain membran, dalam hal ini yaitu TOC. Jadi, membran bertindak sebagai filter yang sangat spesifik. Bahan organik serta air dengan berat molekul yang lebih tinggi akan tertahan oleh membran, sedangkan air dengan berat molekul rendah akan melewati membran dikarenakan adanya perbedaan suhu dan tekanan (Wenten, Khoiruddin, Aryanti, & Hakim, 2010).

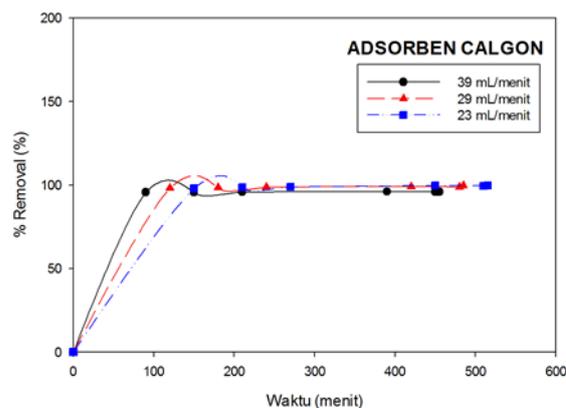
Efektivitas penurunan nilai TOC pada membran UF sebesar 293,41 mg/L dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor selektivitas dan faktor produktivitas. Kedua faktor tersebut sangat bergantung pada jenis membran (Hidayat,

2014). Membran ultrafiltrasi tergolong dalam jenis membran asimetris berpori (Wenten dkk, 2010). Membran ini terdiri dari dua lapisan, yaitu kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1 – 0,5  $\mu\text{m}$ . Membran asimetrik ini menghasilkan selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis membran yang lain (Mulder, 2012). Tingginya nilai selektivitas ini berbanding lurus dengan tingkat keberhasilan dalam pemisahan komponen bahan organik (Hidayat, 2014). Semakin tinggi nilai selektivitas suatu membran, maka tingkat keberhasilan dalam pemisahan komponen bahan organik juga akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh rapatnya lapisan atas membran dan kecepatan permeasi yang tinggi karena tipisnya membran. Tingkat pemisahan membran asimetrik jauh lebih tinggi daripada membran simetrik pada ketebalan yang sama. Hal ini disebabkan karena pada membran simetrik, partikel yang melewati pori akan menyumbat pori-pori membran, sehingga penyaringan membran menurun drastis (Mulder, 2012).

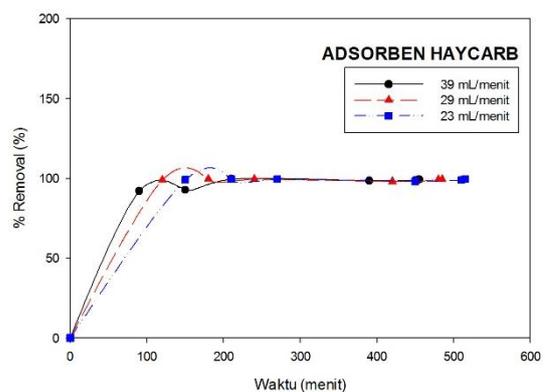
Pemisahan komponen bahan organik berdasarkan membran ultrafiltrasi didasarkan pada ukuran partikel. Partikel yang akan melewati membran harus berukuran lebih besar dari ukuran pori membran. Hal ini diharapkan agar partikel tersebut dapat tertahan dan tidak menembus membran. Namun, seiring dengan banyaknya partikel yang tertahan dalam dinding pori membran atau permukaan membran akan mengakibatkan *fouling* pada membran itu sendiri (Winata, 2016). Terjadinya *fouling* pada membran dapat berdampak pada penurunan fluks pada membran yang mengakibatkan kinerja membran menurun, sehingga dapat meningkatkan biaya operasi dan seringnya pencucian membran (Rahma dkk, 2018). Namun, efek *fouling* tersebut dapat diminimalisasi dengan melakukan *pretreatment* sebelum masuk ke membran ultrafiltrasi (Winata, 2016).

**Pengaruh Kombinasi Pretreatment Adsorpsi-Ultrafiltrasi (UF) Dalam Menyisihkan Total Organic Carbon (TOC)**

Pada penelitian ini dilakukan kombinasi *pretreatment* adsorpsi dan ultrafiltrasi dengan menggunakan variasi debit dan adsorben. Kombinasi dari *pretreatment* adsorpsi dan ultrafiltrasi dapat mempengaruhi penurunan nilai TOC yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 sebagai berikut.



**Gambar -2** Hubungan Waktu terhadap % Removal TOC pada Kombinasi Adsorpsi - UF pada Adsorben Calgon



**Gambar -3** Hubungan Waktu terhadap % Removal TOC pada Kombinasi Adsorpsi - UF pada Adsorben Haycarb

Grafik pada Gambar 2 dan 3 diatas menunjukkan pengaruh kombinasi adsorpsi dengan UF terhadap TOC, yaitu terjadi penurunan TOC pada variasi debit 39 mL/menit; 29 mL/menit; 23 mL/menit sebesar 13,86 mg/L; <0,186 mg/L; <0,186 mg/L dengan menggunakan adsorben Calgon dan 2,45 mg/L; 2,103 mg/L; 1,511 mg/L dengan menggunakan adsorben Haycarb. Dari kedua adsorben tersebut persen removal pada kedua adsorben tersebut berkisar antara 95,83% - 99,68%. Namun, saat dilakukan sampling pada bak penampung yang berisi campuran air hasil adsorpsi yang hendak dipompa menuju membran UF, nilai TOC pada adsorben Calgon mengalami kenaikan untuk semua variasi debit. Kenaikan nilai TOC tersebut disebabkan karena air hasil adsorpsi pada bak penampung yang hendak dipompa menuju UF mengalami pencampuran dari hasil adsorpsi awal hingga 300 menit.

Penurunan TOC pada adsorben Calgon pada penelitian ini diketahui lebih besar dibandingkan dengan adsorben Haycarb. Jika dibandingkan

dengan nilai TOC pada saat proses kombinasi adsorpsi dan UF, maka nilai TOC pada kombinasi adsorpsi dengan UF menghasilkan penurunan yang paling besar, dengan persentase penurunan TOC rata-rata sebesar 99%. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Monnot (2015), bahwa kombinasi adsorpsi menggunakan *granular activated carbon* dengan UF terbukti lebih efektif dalam penurunan DOC (*Dissolved Organic Carbon*) dengan persentase penurunan DOC sebesar 76% jika dibandingkan dengan penggunaan UF saja, yang hanya menghasilkan persentase penurunan DOC sebesar 15-20%.

Terdapat perbedaan persentase penurunan TOC pada penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Monnot (2015). Perbedaan tersebut dikarenakan waktu kontak pada proses adsorpsi penelitian ini cenderung lebih lama, yaitu 2,5 jam dibandingkan dengan waktu kontak pada penelitian yang dilakukan oleh Monnot (2015), yaitu selama 2 jam. Namun, perbedaan persentase penurunan TOC tersebut sama-sama telah membuktikan bahwa kombinasi adsorpsi dengan membran UF efektif untuk meningkatkan kinerja ultrafiltrasi dalam menyisihkan TOC. Selain itu, dalam penelitian Monnot (2015) juga disebutkan, bahwa adsorpsi mampu untuk meminimalisasi terjadinya *fouling* pada membran UF.

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari studi ini adalah kombinasi adsorpsi-UF memiliki pengaruh lebih dalam menyisihkan TOC pada *effluent* IPAL, hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan nilai TOC dari 343 mg/L menjadi <1,086 mg/L.

### DAFTAR PUSTAKA

Alimah, S., & Ariyanto, S. (2012). Strategi Kontrol Fouling Pada Desalinasi Reverse Osmosis (RO).

Hatt, J., Germain, E., & Judd, S. (2013). Granular Activated Carbon For Removal Of Organic Matter And Turbidity From Secondary Wastewater. "*Water Science and Technology*", Vol. 67, No. 4, hal. 846-853.

Lee, N., Amy, G., Croué, J.-P., & Buisson, H. (2004). Identification And Understanding Of Fouling In Low-

Pressure Membrane (MF/UF) Filtration By Natural Organic Matter (NOM). "*Water research*", Vol. 38, No. 20, hal 4511-4523.

- Monnot, M., Laborie, S., & Cabassud, C. (2016). Granular Activated Carbon Filtration Plus Ultrafiltration As A Pretreatment To Seawater Desalination Lines: Impact On Water Quality And Uf Fouling. "*Desalination*", 383, hal. 1-11.
- Mulder, J. (2012). Basic principles of membrane technology: Springer Science & Business Media.
- Nainggolan, R. P. (2015). Pengendalian Fouling pada Sistem Pengolahan Air Berbasis Membran.
- Prasetyo, H. A. (2015). Pengendalian Fouling pada Operasi Membran Ultrafiltrasi (UF) untuk Produksi Air Minum.
- Rahma, A., Mahmud, M., & Abdi, C. (2018). Pengaruh Pra-Perlakuan Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Fouling Membran Ultrafiltrasi Polisulfon (Uf-Psf) Pada Penyisihan Bahan Organik Alami (Boa) Air Gambut. "*Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan*", Vol.1, No. 2.
- Siahaan, D. I., & Ali, F. (2014). Pengaruh Zinc Oksida sebagai Fotokatalisator Terhadap Penurunan Nilai Natural Organic Matter (NOM) Pada Air Gambut. s
- Wenten, I., Khoiruddin, K., Aryanti, P., & Hakim, A. (2010). Pengantar Teknologi Membran. *Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung*.
- Winata, N. A. (2016). Teknologi Membran untuk Purifikasi Air.