



## KAJIAN TENTANG KAPASITAS TANGKI ULTRAFILTRASI PADA PROSES REVERSE OSMOSIS DI PT X

Indah Dhamayanthie dan Hamzah An'nur

Teknik Kimia D-III, Akamigas Balongan, Indramayu 45216, Indonesia

Email: idhamayanthie@gmail.com

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima 07 Januari 2021

Diterima dalam bentuk revisi 08 Februari 2021

Diterima dalam bentuk revisi 17 Februari 2021

#### Keywords:

membrane; reverse osmosis; semi permeable; ultra filtratio; water amount

#### Kata Kunci:

jumlah air; membrane; reverse osmosis; semi permeable; ultra filtrasi

**Abstract:** *Reverse Osmosis (RO) is the most advanced system for water filtration at this time. The RO system is very efficient in the use of energy and inexpensive in its operation to produce clean water. RO uses a semi permeable membrane system where water molecules can pass through while particles or solids cannot. The RO unit is divided into two, namely RO unit I and RO unit II. The purpose of this study is to determine the reverse osmosis process and its problems and to determine the amount of water used for the RO process. After the calculation of the data obtained, it is obtained that the water requirement for the ultra-filtration unit is 267 m<sup>3</sup> / hour. While the problems that are often experienced in this RO system are the occurrence of compressed membranes, dirty membranes and broken membranes in RO I and RO II units.*

**Abstrak:** Reverse Osmosis (RO) merupakan sistem yang paling advance untuk penyaringan air pada saat ini. RO system sangat efisien dalam penggunaan energi dan murah dalam pengoprasianya untuk menghasilkan air bersih. RO menggunakan sistem semi permeable membran dimana molekul air dapat melewatinya sementara partikel atau padatan tidak. Pada unit RO ini terbagi menjadi dua yaitu RO unit I dan RO unit II. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui proses reverse osmosis dan permasalahannya serta mengetahui jumlah air yang digunakan untuk proses RO. Setelah perhitungan dari data yang diperoleh didapat kebutuhan air diunit ultra filtrasi yaitu sebesar 267 m<sup>3</sup>/ jam. Sedangkan permasalahan yang sering dialami pada sistem RO ini yaitu terjadinya membran mampat, membran kotor dan membrane pecah pada unit RO I dan RO II

**Koresponden author: Indah Dhamayanthie**

Email: idhamayanthie@gmail.com

artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi

CC BY SA

2021



## Pendahuluan

Sejak awal, air telah menjadi kebutuhan utama yang sangat penting bagi manusia dan makhluk hidup. Air merupakan kebutuhan dasar manusia. Lebih dari 70% tubuh manusia terdiri dari air (75 % di otak, 75% di jantung, 86% di paru-paru, 86% di hati 83% di ginjal, 75% di otot, dan 83% di darah). Air diperlukan oleh semua organ tubuh agar dapat berfungsi dengan sempurna, misal: dalam proses pembuangan racun (toxic), pelicin bagi sendi-sendi, membantu proses pencernaan, menstabilkan suhu tubuh, dan memperlancar proses metabolisme tubuh. Saat ini, air yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat telah banyak mengandung zat pencemar, baik zat organik maupun zat anorganik. Zat-zat polutan tersebut mengakibatkan menurunnya kualitas air minum untuk kebutuhan konsumsi. Kualitas air minum yang tidak sehat tersebut menyebabkan proses metabolisme sel tidak sempurna dan menghasilkan sedikit energi bagi aktifitas sel. Nutrisi yang terbuang akibat tidak normalnya proses metabolisme akan terbuang dan terakumulasi sehingga menjadi racun bagi tubuh yang pada akhirnya menyebabkan perkembangan berbagai macam penyakit.

Meskipun air mudah untuk ditemukan, namun kenyataannya tidak semua daerah mempunyai sumber daya air yang baik. Karena permasalahan dan kebutuhan utama akan air, telah tercipta banyak sistem pengolahan air antara lain adalah: Disinfeksi (dimasak, Chlorinisasi, Ozonisasi, Sinar Ultra Violet), Destilasi, Mikrofiltrasi, dan Filterisasi (Activated Alumina, Activated Carbon, Anion & Cation Exchange). Salah satu yang terbaik adalah dengan menggunakan teknologi Reverse Osmosis (RO).

Reverse osmosis (RO) merupakan proses kebalikan dari osmosis dimana fluida yang memiliki konsentrasi lebih tinggi diberi tekanan agar menjadi fluida yang memiliki konsentrasi lebih rendah (Surindra, 2013). Aplikasi untuk RO sangat banyak dan beragam, dan termasuk desalinasi air laut atau air payau untuk minum tujuan, pemulihan air limbah, pengolahan makanan dan minuman, pemisahan biomedis, pemurnian minum rumah air dan air proses industry (Dupont, 2020). Selama proses tersebut terjadi, kotoran dan bahan yang berbahaya akan dibuang sebagai air tercemar (limbah). Molekul air dan bahan mikro yang berukuran lebih kecil dari Reverse Osmosis akan tersaring melalui membran. Teknologi membran Reverse Osmosis dapat menghasilkan air minum berkualitas tinggi dengan cepat karena menggunakan tenaga pompa. Sistem membran reverse yang dipakai dapat berupa membran hollow fibre, lempeng/plate atau berupa spiral wound. Membran ini mampu menurunkan kadar zat pencemar hingga 95-98% (Said, 2018). Air hasil olahan sudah bebas dari bakteri dan dapat langsung diminum. Adapun kebaruan dari penelitian ini untuk menghitung berapa kapasitas air yang digunakan dalam tanki ultrafiltrasi

Berdasarkan judul yang akan kami bahas, maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui permasalahan yang terdapat pada sistem pengolahan air bersih dengan reverse osmosis.
2. Mengetahui proses reverse osmosis.
3. Menghitung kapasitas ultrafiltrasi tank yang digunakan pada proses reverse osmosis suatu industri.

## Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kualitatif dimana kejadian yang terjadi di lapangan disesuaikan dengan sistem literasi, sehingga maksud yang terkandung lebih jelas dan terang.

Pendekatan penelitian ini dengan menggunakan studi kepustakaan dengan mengambil referensi dari buku-buku literasi yang dikaji diolah secara sistematis sesuai dengan pokok bahasan dan kajian dari penelitian.

Analisis data dipadukan dengan teori-teori yang mendukung dan terakhir menarik kesimpulan dari hasil pengolahan dari analisis data.

## Hasil dan Pembahasan

Ultra filtrasi sebagai suatu metoda penyaringan dengan menggunakan membran banyak digunakan pada saat ini. Ultra filtrasi adalah suatu proses filtrasi melalui membran ukuran porinya berkisar antara 0,001–0,02  $\mu\text{m}$ . Metode ini umumnya digunakan untuk pemisahan koloid, mengurangi konsentrasi, pemurnian dan fraksionasi makromolekul seperti protein, zat warna dan bahan-bahan polimerik lainnya (Tetra & Usmita, 2016). Syarat yang umum the microorganism count harus lebih kecil dari 100 per ml, namun terkadang 10 per ml dapat mengakibatkan problem sementara 108 per ml tidak mengakibatkan problem. Heat treatment atau chlorination diikuti oleh konvensional filtration adalah metoda yang sering berhasil diterapkan.

Konfigurasi membran yang umum dipakai di industri antara lain berbentuk lembaran datar (plate and frame), gulungan (spiral wound), pipa (tubular), dan serat berongga (hollow fiber). Dibandingkan dengan bentuk modul lain, membran serat berongga merupakan rancangan modul ultrafiltrasi yang relatif lebih baru. Membran tersebut berbentuk pipa self supporting dengan lapisan yang tebal pada bagian dalam pipa. Membran serat berongga ini mempunyai kisaran diameter mulai 0,19-1,25 mm dan ketebalan  $\pm 200$  mikron.

**Tabel 1** Ukuran diameter pori dan batas berat molekul (Said, 2009)

<b>Tipe Filtrasi</b>	<b>Ukuran Partikel</b>	<b>Berat Molekul</b>
<b>Mikro Filtrasi</b>	> 0,1 $\mu\text{m}$	> 500.000
<b>Ultra Filtrasi</b>	0,01 – 0,1 $\mu\text{m}$	1000 – 500.000
<b>Nano Filtrasi</b>	0,001- 0,01 $\mu\text{m}$	100 - 1000
<b>Reverse Os Mosis</b>	< 0,001	< 100

Setiap modul bisa berisi 50-3000 buah hollow fiber, tergantung pada diameter serat berongga dan cangkang. Modul hollow fiber dapat dioperasikan dengan aliran umpan kedalam serat (inside-out) atau aliran umpan dari luar serat (outside-in). Ukuran pori dan karakteristik membran menentukan ukuran partikel yang terpisah berdasarkan ukurannya atau massa. Setiap

membran memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing yang menentukan potensi penggunaannya (Putra, 2013). Didalam prakteknya, proses pengolahan air laut dengan Sistem RO terdiri dari 4 proses utama, yaitu (a) *pretreatment*, (b) *pressurization*, (c) *membrane separation*, (d) *post treatment stabilization* (Suryadi, 2013).

Terdapat beberapa parameter proses yang dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan kinerja, tergantung pada kebutuhan dan aplikasi. Optimasi yang paling penting untuk sistem yang besar dimana perbaikannya kecil dapat membawa manfaat yang besar. Beberapa kelebihan dari membran hollow fiber (Avogusti, 2014), adalah Biaya rendah/murah, keandalan tinggi, On-stream tinggi ketika beroperasi, mudah dalam penggunaan, dapat menghilangkan hidrokarbon tinggi, pemeliharaan rendah dan konsumsi energi rendah.

Prinsip kerja membran adalah memisahkan zat terlarut dengan berat molekul kecil dan memisahkan larutan cair yang mengandung zat organik dalam jumlah yang kecil. Pada proses ini, membran akan *permeable* terhadap air tetapi tidak terhadap garam dan senyawa dengan berat molekul besar. Akibatnya membran hanya dilalui oleh pelarut, sedangkan zat terlarut berupa garam maupun zat organik akan ditolak (Adha, 2011).

Berkaitan dengan modul membran, keunggulan yang ditawarkan dalam teknologi ini adalah karena modulnya kompak sehingga dapat menghemat pemakaian lahan. Modul membran yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat berongga (hollow fiber) yang digabung dengan cara mengikat ujungnya menjadi satu menggunakan agensia seperti resin epoksi, poliuretan atau karet silikon, kemudian dimasukkan ke dalam suatu tempat (housing). Densitas packing modul serat berongga umumnya  $>30000 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ .



**Gambar 1 Modul membran hollow fiber** (Palupi, 2009)

Proses pencucian modul hollow fiber menggunakan metode pencucian hidraulik dengan cara backflushing (pembilasan balik) permeat melalui membran. Pencucian ini digunakan pada proses-proses bergaya pendorong tekanan, dimana arah aliran melalui membran dibalikkan dari sisi permeat ke sisi umpan. Periode waktu untuk backflushing lebih lama dibandingkan dengan back shock.

Prosedur ini biasanya digunakan untuk menghilangkan fouling. Pada bioreaktor hollow fiber, teknik ini digunakan untuk menempatkan biokatalis pada bagian pori membran.

**Tabel 2.** Data dan maintenance Reverse Osmosis (PT X)

No	Unit Mesin	Permasalahan	Penanggulangan
1	Clarifier	Flock berbentuk sangat kecil dan mengapung	Dilakukan jadwal tes/pengujian
2	MMF/ACF 1	MMF mampat	Backwash Manual
		ACF mampat	Backwash Manual
3	MMF/ACF 2	MF mampat	Backwash Manual
		ACF mampat	Backwash Manual
4	Ultra Filtrasi 1	Filterbag UF Kotor	Penggantian Filterbag
		UF mampat	Backwash Manual/Automatis

		[5] Filterbag untuk backwash kotor	Penggantian Filterbag
5	Ultra Filtrasi 2	Filterbag UF Kotor	Penggantian Filterbag
		UF mampat	Backwash Manual/Automatis
		Filterbag untuk backwash kotor	Penggantian Filterbag
6	Reverse Osmosis 1	Membran mampat	Cleaning manual membran
		Flowrate rendah	Cleaning manual membran
		Membran pecah	Penggantian membran
7	Reverse Osmosis 2	Membran mampat	Cleaning manual membran
		Flowrate rendah	Cleaning manual membran
		Membran pecah	Penggantian membran

### Kondisi Operasi Pada Unit Reverse Osmosis

**Tabel 3** Spesifikasi Reverse Osmosis (PT X)

No	Spesifikasi Reverse Osmosis	
1	Model	R002K011
2	TDS Rejection	99% (Approximately)
3	Operation	Automatic
4	Operation Pressure	10 s/d 23 bar
5	No of Membrane	5 unit/vessel
6	No of Pressure Vessel	5 unit, FRP 300 Psi
7	Hight Pressure Piping	Tubing

Volume Tanki UF (Ultra Filtrasi) = 150 m<sup>3</sup>. Dimana dilapangan tersedia 2 tanki UF.

Terdapat 18 batang Hollow Fiber dilapangan, dengan 1 batang mampu menahan air 6m<sup>3</sup>, sedangkan volume tank UF ialah 150 m<sup>3</sup>.

Berikut ini adalah data kondisi operasi aktual yang diperoleh pada pukul 08:00, 10:00 dan 14:00. Pada kondisi kenyataan nya dilakukan per 2 jam dari pukul 08:00-16:00.

**Tabel 4** Kondisi Operasi Aktual Flow Rate RO unit I (PT X)

Data Aktual	Satuan	Hasil Pengamatan				
		FM 01	FM 02	FM 03	FM 04	FM 05
Q1 (Flow Rate)	Liter per menit	75	105	75	70	65
Q2 (Flow Rate)	Liter per menit	75	105	75	75	65

Q3 (Flow Rate)	Liter per menit	75	105	80	70	65
----------------	-----------------	----	-----	----	----	----

**Tabel 5 Kondisi Operasi Aktual Flow Rate RO unit 2 (PT X)**

Data Aktual	Satuan	Hasil Pengamatan						
		FM 01	FM 02	FM 03	FM 04	FM 05	FM 06	FM 07
Q1 (Flow Rate)	Liter per menit	70	70	70	70	60	60	65
Q2 (Flow Rate)	Liter per menit	73	70	70	73	60	60	68
Q3 (Flow Rate)	Liter per menit	73	72	72	75	60	60	69

**Pengolahan Data Reverse Osmosis**

Dari data yang diperoleh baik primer maupun sekunder dilakukan pengolahan data melalui perhitungan menggunakan persamaan dan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung Jumlah Flow Rate Masuk RO I dan II
2. Menghitung Kebutuhan air di unit Ultra Filtrasi yang akan digunakan pada proses Reverse Osmosis
3. Menghitung Efisiensi Reverse Osmosis unit I dan II

**Perhitungan Data Reverse Osmosis**

**Data Pengamatan**

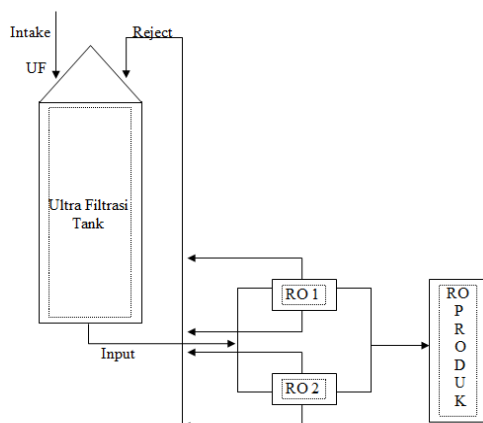
**Tabel 6 Data Flow Rate Masuk Reverse Osmosis unit 1**

Waktu	Keterangan	Satuan	Nilai					$\Sigma$
08 : 00	Flow Rate	Liter Per Menit	75	105	75	70	65	390
10 : 00			75	105	75	75	65	395
14 : 00			75	105	80	70	65	395
Total								1180

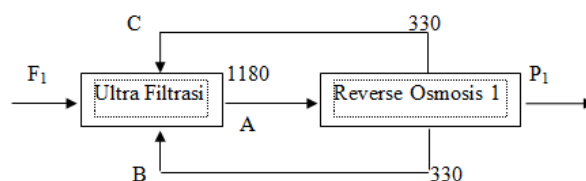
**Tabel 7 Data Flow Rate Masuk Reverse Osmosis unit II**

Waktu	Keterangan	Satuan	Nilai					$\Sigma$	
08 : 00	Flow Rate	Liter Per Menit	70	70	70	60	60	65	465
10 : 00			75	70	70	60	60	68	474
14 : 00			75	72	72	60	60	69	481
Total								1420	

**Pembahasan**



**Gambar 2 Flow diagram Ultra Filtrasi dan Reverse Osmosis**



**Gambar 3 Flow diagram pada RO I**

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu (Wuryati, 2016).

a. Neraca Massa RO Unit 1 :

$$A = B + C + P_1$$

$$P_1 = A - B - C$$

$$F_1 = P_1$$

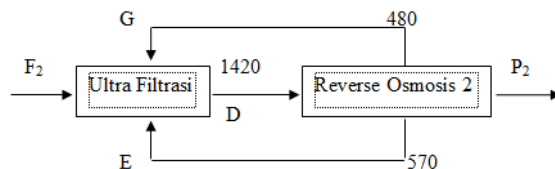
$$P_1 = 1180 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 330 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 330 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} = 520 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}}$$

b. Neraca Massa UF :

$$A = F_1 + B + C$$

$$F_1 = A - B - C$$

$$F_1 = 1180 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 330 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 330 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} = 520 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}}$$



**Gambar 4 Flow diagram pada RO II**

b. Neraca Massa RO Unit 2 :

$$D = E + G + P_2$$

$$P_2 = D - E - G$$

$$P_2 = 1420 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 570 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 480 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} = 370 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}}$$

c. Neraca Massa UF :

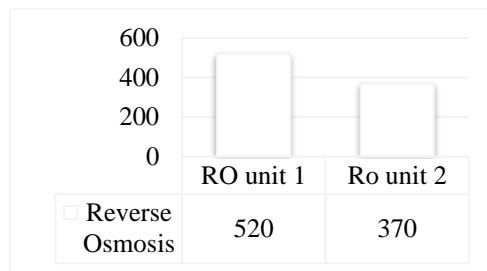
$$D = E + G + F_2$$

$$F_2 = D - E - G$$

$$F_2 = 1420 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 570 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} - 480 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} = 370 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}}$$

Banyak feed yang ada di unit Ultra Filtrasi :

$$F_1 + F_2 = 520 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} + 370 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} = 890 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}}$$

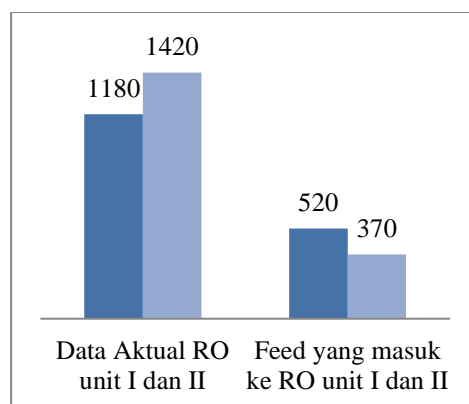


**Grafik 1** Grafik Perbandingan Jumlah Feed yang Masuk ke RO I dan RO II Unit Reverse Osmosis

Dalam 1 hari data pembukaan valve yang didapat dari perusahaan yaitu pada pukul 08:00, 10:00 dan 14:00 sedangkan Aktual nya diperusahaan ada 5 kali pebukaan valve dari Ultra Filtrasi menuju Unit RO pada pukul 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, dan 16:00

$$\begin{aligned} \text{Maka} &= 890 \frac{\text{Liter}}{\text{Menit}} \times \frac{60 \text{ Menit}}{1 \text{ Jam}} = 53400 \frac{\text{Liter}}{\text{Jam}} \\ &= 53400 \frac{\text{Liter}}{\text{Jam}} \times 5 = 267.000 \frac{\text{Liter}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

Maka jumlah 267 m<sup>3</sup>/jam dapat ditampung oleh 2 tanki UF yang dimana masing- masing tanki tersebut bervolume 150 m<sup>3</sup>



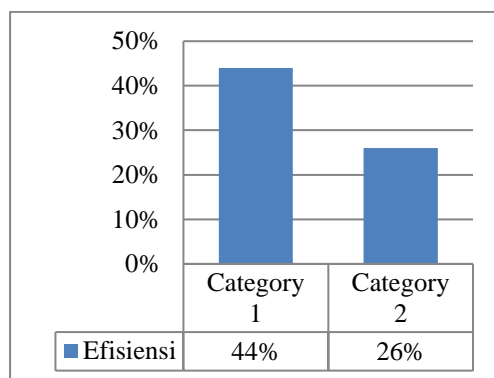
**Grafik 2** Grafik Perbandingan Data Aktual dan Feed yang masuk Unit RO unit I dan II



Dari grafik diatas bisa kita liat bahwa data aktual RO unit II lebih besar dari RO unit I, Namun Feed yang masuk-nya lebih kecil dengan RO unit I. Efisiensi dari kinerja RO unit I dan II :

$$\text{RO I} = \left\{ 1 - \frac{(1180-520)}{1180} \right\} \times 100\% = 44\%$$

$$\text{RO II} = \left\{ 1 - \frac{(1420-370)}{1420} \right\} \times 100\% = 26\%$$



**Grafik 3** Grafik Perbandingan Efisiensi RO unit I dan II

Pada Proses desalinasi air asin efisiensi sistem Reverse Osmosis cukup tinggi 99,5 % (Widayat, 2007).

Dalam aktualnya hollow fiber dilapangan menggunakan 18 batang, setiap batang mampu menampung  $6\text{m}^3$  air, sedangkan kapasitas satu unit ultrafiltrasi tank yaitu  $150\text{m}^3$ , jika hanya menggunakan 18 batang hollow fiber maka melebihi kapasitas yang mana setiap batang hanya menampung sampai  $6\text{m}^3$ .

Permasalahan yang sering dijumpai dalam proses membran adalah kecenderungan terjadinya fouling yang dapat menyebabkan beban kerja tinggi sehingga menyebabkan proses tidak lagi ekonomis (Pangesti, 2017). Fouling adalah pembentukan lapisan deposit pada permukaan lapisan membrane sehingga dapat berakibat pada terakumulasinya deposit dan menutupi celah-celah pori-pori membrane (Sofian, 2014).

Reverse osmosis unit II merupakan reverse osmosis yang lebih dahulu ada diperusahaan dibandingkan dengan reverse osmosis unit I, RO unit I pun digunakan awalnya untuk menggantikan RO unit II yang sudah lama beroperasi, namun pada kenyataannya RO unit I pun sekarang setelah 5 tahun diperusahaan efisiensinya menurun sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan air RO, maka dari itu dilakukanlah kombinasi antara RO unit II dan I, kedua RO unit ini dikombinasikan untuk memenuhi kebutuhan dari perusahaan, namun setelah dikombinasikanpun kedua RO unit ini masih belum memenuhi kebutuhan bisa di liat dari grafik efisiensi yang tidak mencapai 50% menandakan ada masalah seperti over kapasitas produksi dikarenakan menggunakan hollow fiber sesuai kemampuan dari setiap batang.

Berdasarkan grafik diatas Efisiensi dari RO unit I adalah 44% dan untuk RO unit II adalah 26%. Ini dikarenakan permasalahan pada membran RO unit II yang mampat (fouling), kotor ataupun pecah.

### **Kesimpulan**

Setelah melakukan pengamatan dan analisis data dalam proses Reverse Osmosis pada unit 1 dan 2, maka dapat disimpulkan (1) Permasalahan dari sistem Reverse Osmosis diantaranya yaitu : membran mampat, membran pecah dan membrane kotor pada unit RO I dan RO II, kurangnya jumlah hollow fiber dengan volume yang dibutuhkan perusahaan yang mengakibatkan efisiensi yang kurang optimal (2) Berdasarkan flow diagram proses diawali dengan masuknya air ke unit Ultra Filtrasi untuk memisahkan koloid, mengurangi konsentrasi, pemurnian dan fraksionasi makromolekul seperti protein, zat warna dan bahan-bahan polimerik lainnya. Lalu masuk ke Ultra Filtrasi Tank untuk menyimpan air hasil filtrasi. Lalu masuk kedalam Reverse Osmosis Unit 1 dan 2, yang bekerja untuk memproduksi air bersih dan hasilnya masuk ke Reverse Osmosis Tank untuk pembuangannya (reject) dikembalikan ke UF Tank untuk dilakukan proses RO kembali (3) Dari perhitungan kebutuhan air yang terdapat di unit Ultra Filtrasi yang akan digunakan pada proses Reverse Osmosis berjumlah 267 m<sup>3</sup> dapat ditampung oleh 2 tanki UF yang dimana masing- masing tanki tersebut bervolume 150 m<sup>3</sup>.

### Bibliografi

- Adha, M. H. (2011). *Kinerja Membran Reverse Osmosis Terhadap eaksi Kandungan Garam Air Payau Sintetis: Pengaruh Variasi Tekanan Umpan*. Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau ISSN 1907-0500.
- Avogusti, H. (2014). *Analisis Performansi Membran Hollow Fiber Untuk Memisahkan Karbondioksida Dengan Metana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dupont. (2020). *Reverse Osmosis Membranes Technical*.
- Pangesti, A. T. (2017). *Optimisasi Pada Desain Membran Hollow Fiber Sebagai Teknologi Pemisahan Karbondioksida Dengan Metana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, F. R. (2013). Pengaruh Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja (Studi Pada Karyawan PT. Naraya Telematika Malang). *Jurnal Administrasi Bisnis*, 6(1).
- Said, N. I. (2018). Uji kinerja pengolahan air siap minum dengan proses biofiltrasi, ultrafiltrasi dan Reverse osmosis (RO) dengan air baku air sungai. *Jurnal Air Indonesia*, 5(2).
- Sofian, A. N. (2014). *Aplikasi Teknologi Membran dalam Pemisahan Protein*. ITB
- Surindra, M. D. (2013). Analisis Efisiensi Pressure Exchanger (Px) Di Sea Water Reverse Osmosis (Swro) Pada Sea Water Desalination Plant. *Eksergi*, 9(3).
- Suryadi. (2013). *Analisa Teknis Ekonomis Perencanaan Sistem Reverse Osmosis Untuk Kebutuhan Air Tawar (Domestic Fresh Water System) Pada Kapal Niaga (MT.Avila)*. Departemen Merine Institut Teknologi Sepuluh November.
- Tetra, O. N., & Usmita, R. M. (2016). Proses Ultrafiltrasi Untuk Penjernihan Sari Buah Markisa (*Passiflora Quadrangularis*) Dengan Memanfaatkan Membran Keramik. *Jurnal Riset Kimia*, 9(2), 36.
- Widayat, W. (2007). Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Asin Desa Tarupa Kecamatan Taka Bonerate kabupaten Selayar. *Jurnal Air Indonesia*, 3(1).
- Wuryati, S. (2016). *Neraca Massa dan Energi*. Polban.