



## Upaya Mempertahankan Kapasitas Membran *Reverse Osmosis* (RO) pada Instalasi Daur Ulang Air Limbah di Industri Kaleng

### Attempts to Maintain Reverse Osmosis (RO) Membrane Capacity in Wastewater Recycling Installations in the Can Industry

RUDI NUGROHO\*, SATMOKO YUDO, DINDA RITA K. H., SETIYONO, IKBAL, CITRA ARDIANA

Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Gedung Geostech 820 Lantai 2, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, Banten 15314  
\*rudi.nugroho@brin.go.id

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 31 October 2022

Accepted 28 July 2023

Published 31 July 2023

##### Keywords:

Can industry

Wastewater recycling

Reverse osmosis

Membrane

Water demand

#### ABSTRACT

The increasing industrial demand for clean water is in line with the current population growth rate. One industry that has a high demand for clean water is the can industry. This water is widely used especially for the production process. The existing problem is the limited availability of water sources and the uncertainty of supply continuity as well as the increasing operational costs. One alternative solution to the problem of water demand is to optimize the recycled water from the wastewater treatment plant and maintain the capacity of the processed water from the Reverse Osmosis (RO) unit for process needs in the industry. The wastewater recycling treatment process is divided into two stages, namely the production wastewater treatment plant process with chemical and filtration processes, and the recycled water treatment process with the RO process. The RO process water is used for the can washing process. In maintaining the capacity and quality of RO production water, several efforts have been made including; replacing lamella units, cleaning RO membranes, increasing pH values, reducing conductivity values, replacing membranes and others. So, with the maintenance and optimization of RO unit production capacity, the can washing production process will be maintained and also increased. Currently, the installed RO water production capacity is 200 m<sup>3</sup>/day. One way that has a dominant influence in maintaining this capacity is to replace the lamella unit, which serves to improve the quality of RO raw water, so as to extend the service life of the RO membrane.

#### INFORMASI ARTIKEL

##### Histori artikel:

Diterima 31 Oktober 2022

Disetujui 28 Juli 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

##### Kata kunci:

Industri kaleng

Daur ulang air limbah

Reverse osmosis

Membran

Kebutuhan air

#### ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan industri akan air bersih sejalan dengan tingkat pertumbuhan penduduk saat ini. Salah satu industri yang mempunyai kebutuhan air bersih tinggi adalah industri kaleng. Air ini banyak dipakai khususnya untuk proses produksi. Permasalahan yang ada adalah ketersediaan sumber air yang terbatas dan ketidakpastian kesinambungan pasokan serta biaya operasional yang terus meningkat. Salah satu alternatif solusi permasalahan kebutuhan air tersebut, adalah dengan mengoptimalkan air hasil daur ulang instalasi pengolahan air limbah dan mempertahankan kapasitas air hasil olahan unit *Reverse Osmosis* (RO) untuk kebutuhan proses di industrinya. Proses pengolahan daur ulang air limbah terbagi dalam dua tahap, yaitu proses instalasi pengolahan air limbah produksi dengan proses kimia dan filtrasi, serta proses pengolahan air daur ulang dengan proses RO. Air hasil proses RO ini digunakan untuk proses pencucian kaleng. Dalam mempertahankan kapasitas dan kualitas air produksi RO, beberapa upaya telah dilakukan antara lain: mengganti unit lamela, *cleaning* membran RO, meningkatkan nilai pH, menurunkan nilai konduktivitas, penggantian membran, dan lainnya. Sehingga dengan mempertahankan dan mengoptimalkan kapasitas produksi unit RO, proses produksi pencucian kaleng akan terus terjaga dan juga meningkat. Saat ini kapasitas produksi air RO terpasang sebesar 200 m<sup>3</sup>/hari. Salah satu cara yang memiliki pengaruh dominan dalam mempertahankan kapasitas tersebut adalah dengan mengganti unit lamela, yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas air baku RO, sehingga dapat memperpanjang masa pakai membran RO.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini diperkirakan permintaan air tawar di dunia pada tahun 2030 akan meningkat menjadi 40% di atas pasokan air (Anonymous, 2016; Ahyar, 2017). Berdasarkan tingkat pertumbuhan ekonomi, permintaan dari industri manufaktur menyumbang 22% dari pengambilan air tawar global, dan di sebagian besar negara maju, air yang dikonsumsi oleh industri sudah melebihi konsumsi pertanian (Nurhidayanti & Khawari, 2020).

Umumnya, beberapa industri dalam memenuhi kebutuhan airnya, mengandalkan sumber air yang berasal dari air tanah, mata air, atau air sungai. Proses produksi dalam suatu industri memerlukan air dengan standar atau persyaratan tertentu seperti untuk uap panas (*steam*), pembersihan peralatan maupun hasil produk, serta untuk pendingin mesin (Yudo & Nugroho, 2019; Ikbali & Yudo, 2017). Air yang digunakan untuk keperluan industri ini kualitasnya harus berada di atas standar, apabila di bawah standar akan berdampak kepada cepat rusaknya peralatan mesin seperti *nozzle* dan sistem perpipaan serta lainnya (Yudo & Nugroho, 2019; Ikbali & Yudo, 2017). Oleh karena itu, perlu teknologi pengolahan air yang dapat menjadikan kualitas sumber airnya setara dengan kualitas air bersih PAM atau bahkan setara dengan standar kualitas air minum.

Salah satu industri kaleng di Jakarta cukup besar yakni untuk kebutuhan air bersih pada proses pembilasan dan pencucian kaleng bagian luar/dalam dari *lube oil*, garam, *cup lube*, *coolant*, dan *fat* (Santa, 2014). Terdapat 4 *line* proses pencucian yang bekerja secara paralel, proses masing-masing *line* membutuhkan air 175 m<sup>3</sup>/hari sehingga total kebutuhan air bersih sebesar 700 sampai 800 m<sup>3</sup>/hari (Gambar 2).

Kebutuhan air bersih untuk sanitasi, sebagian berasal dari air hasil proses IPAL produksi yang dilanjutkan dengan proses daur ulang (koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi). Sedangkan untuk penggunaan pencucian produk dan lain-lain diperlukan air dengan mutu tinggi. Untuk keperluan ini, sebagian air hasil proses koagulasi sedimentasi filtrasi akan diproses lebih lanjut dengan desalinasi menggunakan membran *Reverse Osmosis* (RO). Dengan proses RO diharapkan kekeruhan, warna, kesadahan, dan konduktivitas maupun TDS dapat mencapai kualitas yang baik untuk dipakai sebagai air proses di industri kaleng tersebut.

Permasalahan yang ada saat ini adalah jumlah kapasitas hasil proses RO dan kualitas airnya mengalami penurunan. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah pengujian yang dapat meningkatkan kapasitas dan kualitas air hasil olahannya, selain itu perlu juga upaya untuk mempertahankan kapasitas dan kualitas air olahan produk membran RO agar tetap terjaga dan stabil.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan upaya untuk mempertahankan kapasitas air hasil olahan unit RO dengan melakukan beberapa upaya, seperti penggantian lamela/media isian pada bak pengendap, pengujian

pemakaian bahan kimia untuk *cleaning* membran RO, penggantian sebagian membran RO.

## 2. METODE

Metodologi yang digunakan adalah metode analisis data primer dan sekunder, telaah pustaka, dan survei lapangan. Data primer berupa hasil analisis sampel kualitas air *outlet* unit filtrasi membran RO.

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di pabrik kaleng yang berada di salah satu industri kaleng DKI Jakarta. Kapasitas unit daur ulang air limbah terdiri dari kapasitas produksi air bersih sebesar 700 m<sup>3</sup>/hari dan kapasitas produksi air RO sebesar 200 m<sup>3</sup>/hari.

### 2.2 Alat dan Bahan

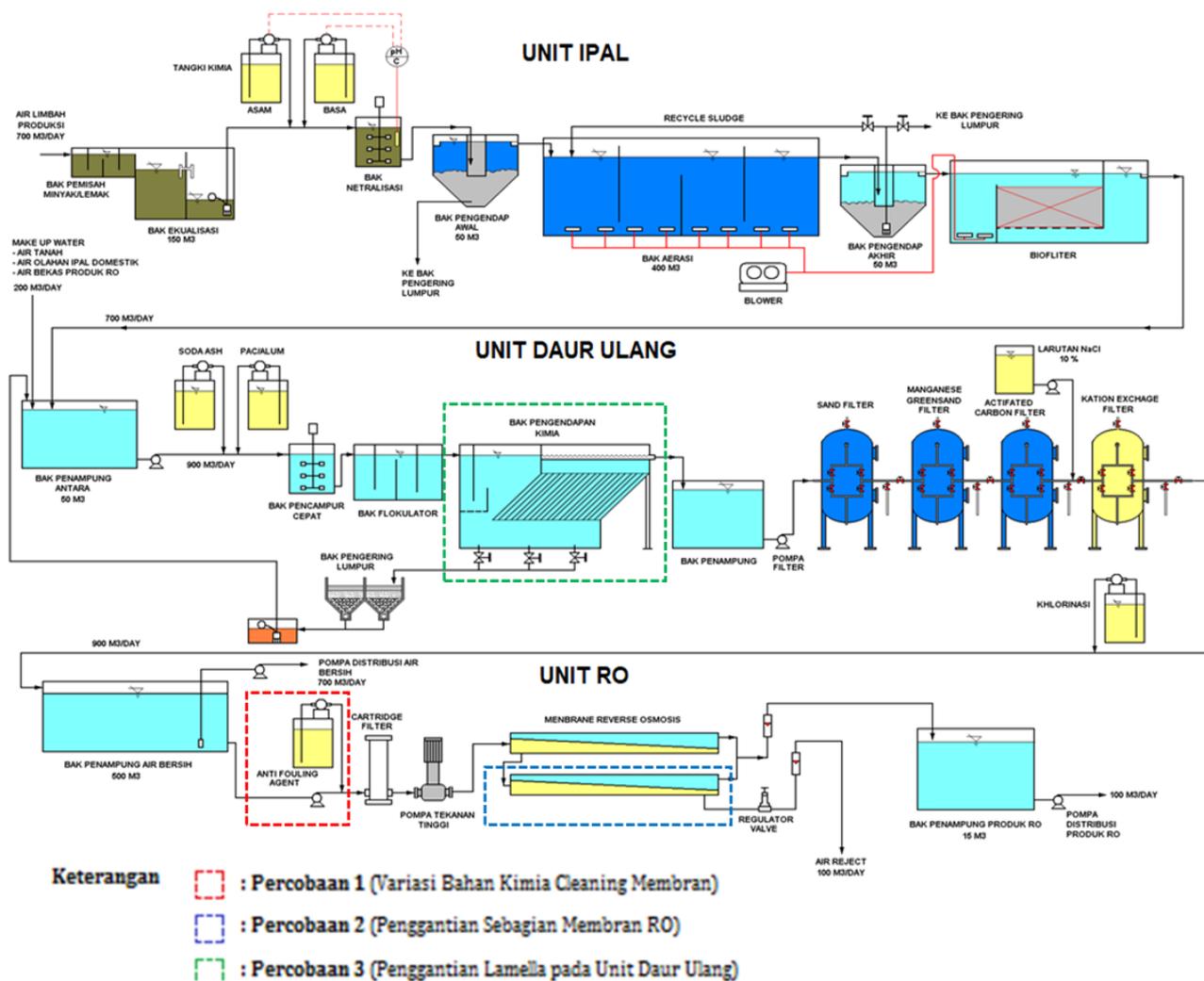
Data-data sekunder tentang sumber air, neraca air, dan kualitas air. Data deskripsi tentang proses industri dan proses pengolahan daur ulang air limbah. Data primer hasil pengamatan tahun 2019 s.d. 2022 tentang air hasil olahan dan kualitas air unit RO. Adapun skema peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Percobaan pertama yaitu dengan variasi bahan kimia yang digunakan dalam *cleaning* membran pada unit RO (pada Gambar 1, ditunjukkan dengan kotak warna merah). Percobaan kedua (kotak warna biru pada Gambar 1), yaitu dengan mengganti sebagian membran RO pada unit pengolahan RO. Dan percobaan 3, ditunjukkan dengan kotak warna hijau pada Gambar 1, yaitu dengan penggantian lamela pada unit daur ulang.

### 2.3 Metodologi Penelitian

Percobaan untuk mempertahankan kapasitas membran RO pada instalasi daur ulang air limbah di industri kaleng dilakukan dengan 3 cara, yaitu variasi bahan kimia untuk *cleaning* membran, penggantian sebagian membran RO, dan penggantian lamela pada bak pengendapan di unit daur ulang limbah. Berikut ini adalah metode penelitian untuk masing-masing percobaan atau pengujian yang akan dilakukan.

#### a. Percobaan 1 (Variasi Bahan Kimia *Cleaning* Membran)

Percobaan ini bertujuan untuk pengendalian nilai pH air produk RO setelah proses pembersihan membran RO. Pengendalian pH dilakukan dengan memodifikasi urutan penggunaan kimia pada proses *cleaning*. Biasanya pencucian kimia membran dilakukan dengan urutan asam kuat, basa kuat, dan terakhir adalah air yang bersifat netral. Akan tetapi jika menggunakan urutan ini, pH air produk bersifat basa, berkisar antara 9. Percobaan 1 dilakukan dengan memisahkan jalur RO menjadi 2, serta membalik urutan pencucian kimia, yang didahului dengan basa, kemudian dilanjutkan dengan bahan kimia asam. Larutan basa yang digunakan menggunakan larutan pembersih membran yang berada di pasaran, yang berisi campuran NaOH, larutan EDTA, dan Sodium Tripolyphosphate (STPP).



Gambar 1. Flow Diagram Proses Pengolahan Air Bersih dengan Sistem RO untuk Meningkatkan Kualitas Air Daur Ulang Air Limbah

**b. Percobaan 1 (Variasi Bahan Kimia Cleaning Membran)**

Percobaan ini bertujuan untuk pengendalian nilai pH air produk RO setelah proses pembersihan membran RO. Pengendalian pH dilakukan dengan memodifikasi urutan penggunaan kimia pada proses *cleaning*. Biasanya pencucian kimia membran dilakukan dengan urutan asam kuat, basa kuat, dan terakhir adalah air yang bersifat netral. Akan tetapi jika menggunakan urutan ini, pH air produk bersifat basa, berkisar antara 9. Percobaan 1 dilakukan dengan memisahkan jalur RO menjadi 2, serta membalik urutan pencucian kimia, yang didahului dengan basa, kemudian dilanjutkan dengan bahan kimia asam. Larutan basa yang digunakan menggunakan larutan pembersih membran yang berada di pasaran, yang berisi campuran NaOH, larutan EDTA, dan Sodium Tripolyphosphate (STPP).

**c. Percobaan 2 (Penggantian Sebagian Membran RO)**

Tujuan dari penggantian sebagian membran ini adalah untuk menurunkan konduktivitas produk RO, sehingga diperoleh kuantitas produk yang lebih optimal. Percobaan 2 dilakukan dengan penggantian 6 buah membran pada *line A*, dan *line B* menggunakan

membran lama yang telah di-*cleaning*. Kemudian dilakukan simulasi agar diperoleh nilai konduktivitas air produk di bawah 100 *micromhos*. Adapun simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Membran RO pada *Line A* pada *housing* 1 dan 2 diganti dengan membran RO baru.
- Membran RO pada *Line B* pada *housing* 3, 4 dan 5 menggunakan membran RO lama.
- Mencampur air produk RO *Line A* dan air produk RO *line B* secara bertahap hingga memperoleh nilai konduktivitas hasil pencampuran berada di bawah 100 *micromhos* dengan variasi percobaan sebagai berikut:
  - Air produk RO *Line A housing* 1 dicampur dengan air produk *Line B housing* 3, 4, dan 5. Kemudian dianalisis nilai konduktivitas air hasil pencampurannya.
  - Air produk RO *Line A housing* 2 dicampur dengan air produk *Line B housing* 3, 4, dan 5. Kemudian dianalisis nilai konduktivitas air hasil pencampurannya.
  - Air produk RO *Line A housing* 1 dan 2 dicampur dengan air produk *Line B housing* 3, 4, dan 5. Kemudian dilakukan analisis pada nilai konduktivitas air hasil pencampurannya.



Gambar 2. Line A (housing 1 & 2) membran RO Baru dan Line B (housing 3, 4 dan 5) membran lama

#### d. Percobaan 3 (Penggantian Lamela)

Percobaan 3 dilakukan dengan mengganti lamela pada bak pengendapan kimia di unit daur ulang. Tujuan penggantian lamela ini adalah untuk meningkatkan kualitas air baku sebelum masuk ke pengolahan membran. Hal ini dimaksudkan untuk memperpanjang masa pakai atau umur membran, karena dengan meningkatkan kualitas air baku, maka kinerja membran akan lebih ringan. Fungsi utama dari lamela sendiri adalah sebagai alat untuk memisahkan partikel yang tercampur di dalam air. Selain itu, sistem ini juga digunakan untuk menjernihkan air baku dengan kualitas yang kurang baik, contohnya seperti *low water* dan *raw water*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Proses Daur Ulang Air Limbah menjadi Air Bersih/Murni untuk Proses Produksi

Beberapa alternatif teknologi daur ulang air limbah antara lain dengan menggunakan penyaringan (filter), penyaringan ditambah ultra filtrasi (UF), dan penyaringan UF ditambah RO. Teknologi daur ulang air limbah dengan menggunakan penyaringan yang ditambah dengan unit UF dan RO akan menghasilkan produk air yang setara dengan air minum dan dapat digunakan untuk *flushing toilet* ataupun *cooling tower* serta lainnya yang membutuhkan air dengan kualitas yang lebih baik dari air PAM (Yudo & Hernaningsih, 2010).

Pada riset ini, air limbah yang telah diproses di instalasi pengolahan air limbah (IPAL) akan didaur ulang secara kimiawi dan dipisahkan endapannya di bak pengendapan kimia selanjutnya mengalir ke bak penampung antara. Dari bak penampung antara ini, air dipompa ke unit filter yang terdiri dari filter pasir, filter mangan, filter karbon, dan *softener*. Setelah air melalui ke empat filter tersebut, selanjutnya keluar dan ditampung sebagai produk air bersih di bak penampung air bersih.

Filter pasir berfungsi untuk menyaring padatan tersuspensi yang memiliki kemungkinan masih terikut di air setelah proses pengendapan kimia. Air dari filter-filter tersebut sudah jernih tidak berbau dan kandungan polutan organik COD sudah di bawah 20 ppm dan kesadahan di bawah 50 ppm. Namun demikian, kandungan garam terlarut dan konduktivitas masih tinggi dan kadarnya hampir sama seperti di air baku. Dari filter kemudian air ditampung dalam bak penampung air bersih dengan diberi injeksi klorin untuk desinfektan. Bak untuk penampungan air bersih dibuat besar, yaitu 400 m<sup>3</sup> agar cadangan air aman apabila sewaktu-waktu terjadi kendala selama proses. Diagram proses pengolahan dan proses daur ulang air limbah dapat dilihat pada Gambar 1 (Yudo & Nugroho, 2019).

Air hasil daur ulang ini kemudian ditampung dan selanjutnya didistribusikan sebagian untuk proses produksi sebanyak 700 m<sup>3</sup> per hari yang dialirkan ke 4 line (Line 1 s.d. 4) di pabrik dengan menggunakan pompa. Kemudian sebagian lagi diproses untuk ditingkatkan kualitasnya dengan menggunakan proses RO sebanyak 200 m<sup>3</sup> per hari melalui ke 2 line (line A dan B), seperti terlihat pada Gambar 2 (Yudo & Nugroho, 2019).

Sebelum melewati proses RO, air terlebih dahulu disaring dengan *cartridge filter* ukuran 5 -10 mikron. Penggunaan filter ini berfungsi agar membran RO tidak cepat rusak dikarenakan adanya penyumbatan oleh partikel halus. Membran RO yang digunakan adalah jenis TFC (*Thin Film Composite*) *breakish water* dengan tekanan sampai dengan 20 bar. Sistem RO diatur 50% *recovery* produk. Dengan demikian akan menghasilkan air *reject* RO sebesar 100 m<sup>3</sup> per hari yang dapat dipakai untuk mencuci lantai, siram tanaman ataupun dibuang langsung ke lingkungan. Sedangkan untuk air produk RO sebanyak 100 m<sup>3</sup> per hari konsentrasi TDS-nya sudah sangat rendah, yaitu di bawah 50 ppm, konduktivitas juga rendah di bawah 50 *micromhos*. Air produk ini selanjutnya ditampung ke bak penampung produk RO untuk didistribusikan ke unit proses yang memerlukan air dengan kemurnian tinggi. Air produk RO ini secara kontinu dipompa ke unit di dalam pabrik.

#### 3.2 Cleaning Membran Unit RO

Dalam teknologi desalinasi yang menggunakan membran RO, keberhasilan kinerja jangka panjang tergantung pada empat faktor, yaitu desain, pengolahan awal, operasi, dan perawatan yang tepat (Alimah et al., 2014). Desalinasi ini dilaksanakan dengan *ion exchange* dan/atau membran *semipermeable*. Hanya saja, kedua unit tersebut perlu air yang bebas koloid, bebas *suspended solid*, apalagi *coarse solid*. Desalinasi dengan *ion exchanger* (resin) ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat terlarut (*ionic*) di dalam air (dan zat cair lainnya) sehingga banyak diterapkan untuk memurnikan air (*purification*) (Cahyana, 2010).

Keunggulan teknologi membran RO adalah kecepatannya dalam memproduksi air, karena menggunakan tenaga pompa, sedangkan kelemahannya adalah penyumbatan pada selaput membran RO (Said, 2009). Dalam pengoperasian secara RO akan terjadi *fouling* pada membran dan *fouling* tersebut dapat menurunkan kinerja dan membahayakan membran. Namun dengan proses pengolahan awal, laju *fouling* dapat diminimalkan dan

diperlambat. Dengan adanya pembentukan *fouling*, maka perlu dilakukan proses pembersihan yang tepat sehingga dapat menghilangkan deposit, mengembalikan karakteristik pemisahan, dan mengembalikan kapasitas normal dari sistem. Metode pembersihan membran dapat dibagi menjadi fisik, kimia, dan fisika kimia. Dalam praktiknya, metode pembersihan fisik diikuti dengan metode pembersihan kimia yang banyak digunakan dalam aplikasi membran. Namun hanya metode pembersihan kimia yang diterapkan secara luas untuk desalinasi RO (Suharso & Buhani, 2015).

Pembersihan kimia membran dapat secara signifikan mengubah hidrofobisitas dan permeabilitas membran (Jiang et al., 2017). keberadaan surfaktan atau zat pengelat dapat menyebabkan penurunan rejeksi, pH larutan merupakan faktor kunci yang bertanggung jawab atas hilangnya pemisahan membran dan perubahan sifat permukaan. Dampak pH larutan pada permeabilitas air dapat dibalik dengan menerapkan pembersihan berikutnya dengan kondisi pH yang berlawanan (Tu et al., 2015). Larutan alkali seperti natrium hidroksida saja tidak efektif dalam membersihkan kotoran organik dengan adanya kalsium sementara SDS, EDTA, dan natrium klorida dapat menghilangkan kotoran ini secara efisien terutama di bawah pH yang lebih tinggi dan waktu pembersihan yang lebih lama (Ang et al., 2011). pH yang lebih tinggi dapat meningkatkan hidrofilitas permukaan membran sekaligus mengurangi muatan negatif (Sohrabi et al., 2011).

Pengujian pengendalian nilai pH air produk RO setelah proses pembersihan membran RO. Pengendalian pH dilakukan dengan memodifikasi urutan penggunaan kimia pada proses *cleaning*. Awalnya, proses *cleaning* dilakukan dengan kimia asam, kemudian dengan kimia basa dan terakhir dengan air netral. Hasil menunjukkan bahwa pH setelah *cleaning* selalu di atas 9. Modifikasi dilakukan dengan urutan, pertama dengan basa, selanjutnya asam dan air netral. Hasil menunjukkan bahwa pH air hasil produk RO saat selesai *cleaning* dapat netral. Namun, dengan metode ini, debit produk RO tidak mengalami kenaikan setelah proses *cleaning*. Sehingga proses *cleaning* tersebut tidak ada artinya. Metode lain dilakukan dengan memisahkan jalur RO menjadi dua jalur, yakni jalur A dan jalur B yang dapat beroperasi satu-satu ataupun beroperasi secara bersamaan. Sehingga saat jalur A dilakukan *cleaning*, jalur B tetap beroperasi. Demikian pula sebaliknya dan hasilnya cukup memuaskan, yakni setelah proses *cleaning*, produk RO yang ada di tangki penampung RO tetap netral, selain itu suplai air RO ke *line* produksi menjadi lebih terkendali.

Pengujian penggunaan bahan kimia khusus untuk *cleaning* membran. Bahan kimia dengan label RO1 dan RO2 diberikan secara gratis oleh *supplier* dengan jumlah masing-masing 20 liter. Hasil proses *cleaning* membran jika dibandingkan dengan menggunakan bahan kimia asam dan basa (yang biasa dilakukan rutin di RO) dengan bahan kimia di pasaran, yakni RO1 dan RO2. Hasilnya menunjukkan kenaikan produk RO lebih besar untuk yang dilakukan *cleaning* dengan asam dan basa. Kebutuhan cairan *cleaning* juga lebih hemat. Dengan demikian, metode yang digunakan oleh operator IPAL sampai saat ini masih paling optimal

adalah dengan menggunakan bahan kimia asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH).

Untuk memastikan efisiensi *cleaning* membran dengan bahan kimia asam dan basa, maka dilakukan perbandingan variasi *cleaning* dengan berbagai bahan kimia yang umum dilakukan untuk membran RO, yaitu *cleaning* dengan larutan basa (NaOH, EDTA, STPP) dan Asam (HCl) serta dengan larutan asam (HCl) dan basa (NaOH). Hasil menunjukkan bahwa *cleaning* membran RO menggunakan larutan asam dan basa yang biasa dilakukan oleh operator menghasilkan nilai kenaikan produk yang jauh lebih besar. Selain itu, kebutuhan bahan kimia juga akan sangat efisien serta waktu *cleaning* yang lebih cepat jika dibandingkan dengan menggunakan larutan basa (NaOH, EDTA, STPP) dan asam (HCl). Berikut ini merupakan tabel hasil percobaan yang telah dilakukan oleh operator IPAL di lapangan.

Tabel 1. Percobaan variasi bahan kimia *cleaning* membran RO

Sebelum di- <i>cleaning</i>		Setelah di- <i>cleaning</i>	
Produk A (m <sup>3</sup> /jam)	Produk B (m <sup>3</sup> /jam)	Produk A (m <sup>3</sup> /jam)	Produk B (m <sup>3</sup> /jam)
1. <i>Cleaning</i> dengan Larutan Asam (HCl) dan Basa (NaOH) (1)			
2,3 m <sup>3</sup> /jam	3,4 m <sup>3</sup> /jam	3,4 m <sup>3</sup> /jam	4,4 m <sup>3</sup> /jam
<b>Total produk 5,7 m<sup>3</sup>/jam</b>		<b>Total produk 7,8 m<sup>3</sup>/jam</b>	
2. <i>Cleaning</i> Menggunakan Larutan Basa (NaOH, EDTA, STPP) dan Asam (HCl)			
1,3 m <sup>3</sup> /jam	2,1 m <sup>3</sup> /jam	1,7 m <sup>3</sup> /jam	2,4 m <sup>3</sup> /jam
<b>Total produk 3,4 m<sup>3</sup>/jam</b>		<b>Total produk 4,1 m<sup>3</sup>/jam</b>	
3. <i>Cleaning</i> Menggunakan Larutan Asam (HCl) dan Basa (NaOH) (2)			
1,7 m <sup>3</sup> /jam	2,3 m <sup>3</sup> /jam	3,2 m <sup>3</sup> /jam	5,1 m <sup>3</sup> /jam
<b>Total produk 4,0 m<sup>3</sup>/jam</b>		<b>Total produk 8,3 m<sup>3</sup>/jam</b>	

### 3.3 Penggantian Membran RO untuk Menurunkan Konduktivitas

Pengujian operasional membran RO dengan tujuan untuk mencari nilai kapasitas dan kualitas air produksi unit RO. Pengujian dilakukan sebelum September 2020, di mana kondisi produk RO di *Line* B mengalami kenaikan konduktivitas di atas 400 *micromhos*, sehingga *output* gabungan *line* A dan B konduktivitasnya jauh melebihi 100 *micromhos*. Sementara pemakaian air di *Line* produksi mensyaratkan di bawah 100 *micromhos*.

Pada kondisi di atas, stok membran baru hanya ada 6 buah dan cukup untuk satu *line*, yakni *line* A. Operator melakukan pembersihan atau *cleaning* membran lama/bekas dan dipilih yang produk konduktivitasnya rendah, yakni di bawah 100 *micromhos* walau debitnya rendah. Kemudian membran bekas yang terpilih dipasang di *Line* B dan disimulasikan dengan *Line* A agar dapat menghasilkan produk air RO yang konduktivitasnya di bawah 100 *micromhos*. Tabel 2 berikut merupakan hasil percobaan operasional RO dengan penggantian membran dan beberapa simulasi seperti yang dijelaskan pada metodologi penelitian. Keterangan pada tabel, merujuk pada Gambar 2 di atas.

Tabel 2. Rekap hasil Percobaan Operasional RO

Kolom	Pressure (Bar)	Produk (m <sup>3</sup> /jam)	Konduktivitas Mix (mikro-mosh)	Keterangan
A	5	2,1	60	Housing 1 buka; Housing 2 tutup
	8	1,5	58	Housing 1 buka; Housing 2 tutup
	10	1,9	54	Housing 1 buka; Housing 2 tutup
B	5	2	30	Housing 3,4,5 buka
	8	3,4	26	Housing 3,4,5 buka
	10	4,6	25	Housing 3,4,5 buka
A	5	0,8	40	Housing 2 buka; Housing 1 tutup
	8	1,3	34	Housing 2 buka; Housing 1 tutup
	10	1,8	32	Housing 2 buka; Housing 1 tutup
B	5	2,2	34	Housing 3,4,5 buka
	8	3,3	26	Housing 3,4,5 buka
	10	4,8	24	Housing 3,4,5 buka
A	5	1,8	58	Housing 1, 2 buka
	8	2,8	46	Housing 1, 2 buka
	10	3,7	44	Housing 1, 2 buka
B	5	1,8	36	Housing 3,4,5 buka
	8	3	32	Housing 3,4,5 buka
	10	4,3	32	Housing 3,4,5 buka

Berdasarkan data pada tabel di atas diketahui bahwa nilai konduktivitas air hasil produk RO dapat menurun jauh di bawah 100 *micromhos* dengan hanya melakukan penggantian membran baru pada *line* A dan tanpa melakukan penggantian baru pada *Line* B. Di mana dari 3 (tiga) percobaan dengan variasi pencampuran air produk RO *line* A ke air produk RO *line* B menghasilkan nilai konduktivitas dengan *range* 24 – 60 *micromhos*. Namun hal ini dilakukan hanya bila stok membran baru terbatas. Idealnya, penggantian membran dilakukan bersamaan pada satu waktu agar mudah dalam melakukan evaluasi.

### 3.4 Pengujian Umur Membran RO dengan Penggantian Lamela pada unit Daur Ulang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab umur membran menjadi lebih awet dan hasilnya akan dipergunakan sebagai referensi dalam pengoperasian IPAL dan RO tahap selanjutnya. Kegiatan ini dilakukan berdasarkan inventarisasi data-data operasional RO dari tahun 2019 – 2022 dan hasil inventarisasi kejadian-kejadian yang dilakukan selama periode 2019 – 2022. Kemudian dilakukan rekapitulasi data-data tersebut dalam bentuk grafik, dan dilanjutkan dengan melakukan evaluasi untuk mengetahui penyebab umur membran RO menjadi lebih awet. Lalu diperoleh hasil inventarisasi data pengoperasian RO tersebut seperti terlihat pada grafik Gambar 3.

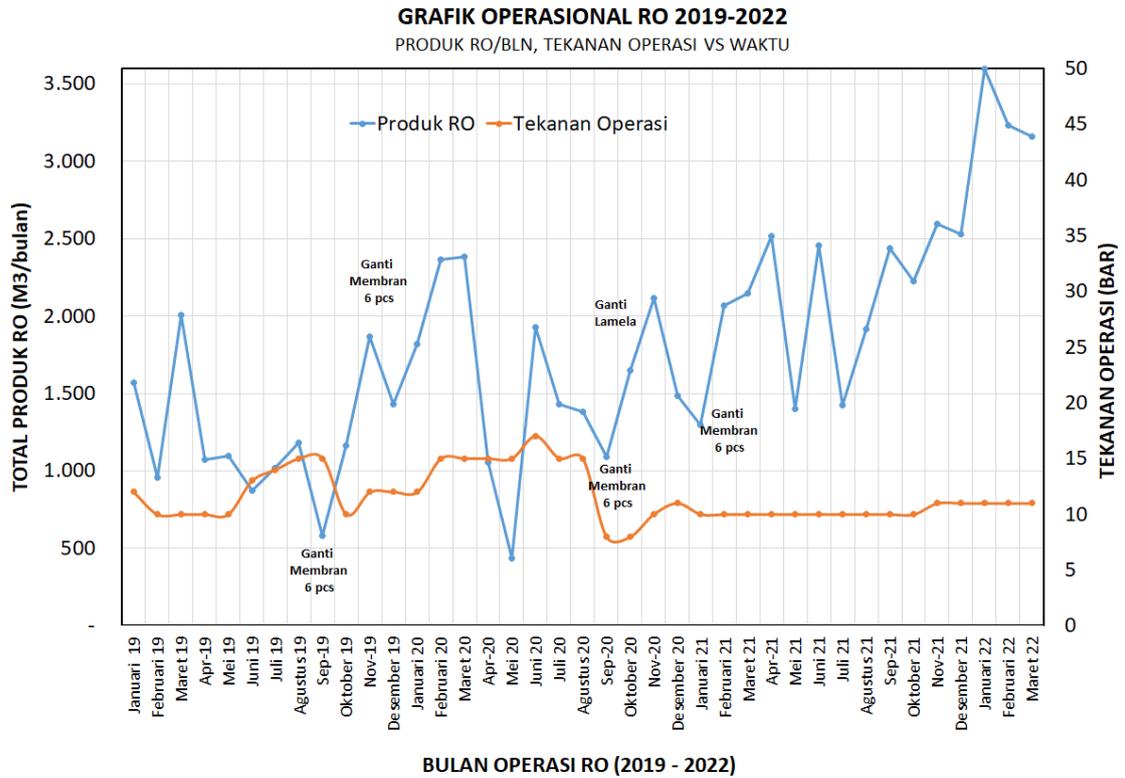
Pada grafik Gambar 3 menunjukkan keterkaitan antara operasional RO tahun 2019 – 2022, yakni total produk RO per bulan serta tekanan operasi terhadap waktu. Instalasi RO terdiri dari enam *housing* dan total 12 membran. Dalam grafik tersebut ditunjukkan bahwa penggantian membran dilakukan di September 2019 sebanyak enam unit, Desember 2019 dilakukan sebanyak enam unit sisanya. Pada periode tersebut, produk RO per bulan masih tidak stabil naik turun dan posisinya relatif rendah walaupun sudah diganti membran. Selain itu, saat dilakukan penggantian membran baru pun tekanan operasi RO relatif rendah, yaitu 10 bar. Namun perlahan-lahan nilainya naik setelah dilakukan penggantian membran. Kondisi produk RO sangat rendah walau tekanan sudah dinaikkan sampai 16 bar yang terjadi pada Maret 2020. Penyebabnya adalah dari kebutuhan penggunaan air RO dari *line* produksi yang memang rendah saat itu, serta adanya kemungkinan dari kondisi air bakunya juga.

Pada September 2020, untuk mengejar kualitas air RO dan jumlah produksi, maka dilakukan kembali penggantian membran. Artinya, sebanyak 12 membran baru hanya bisa dipakai (umur membran) kurang dari satu tahun. Setelah dilakukan kembali penggantian membran enam unit di bulan September tersebut, tekanan operasional RO cukup rendah untuk bisa memenuhi produk yang diperlukan di *line* produksi. Selanjutnya di bulan Oktober 2020, dilakukan

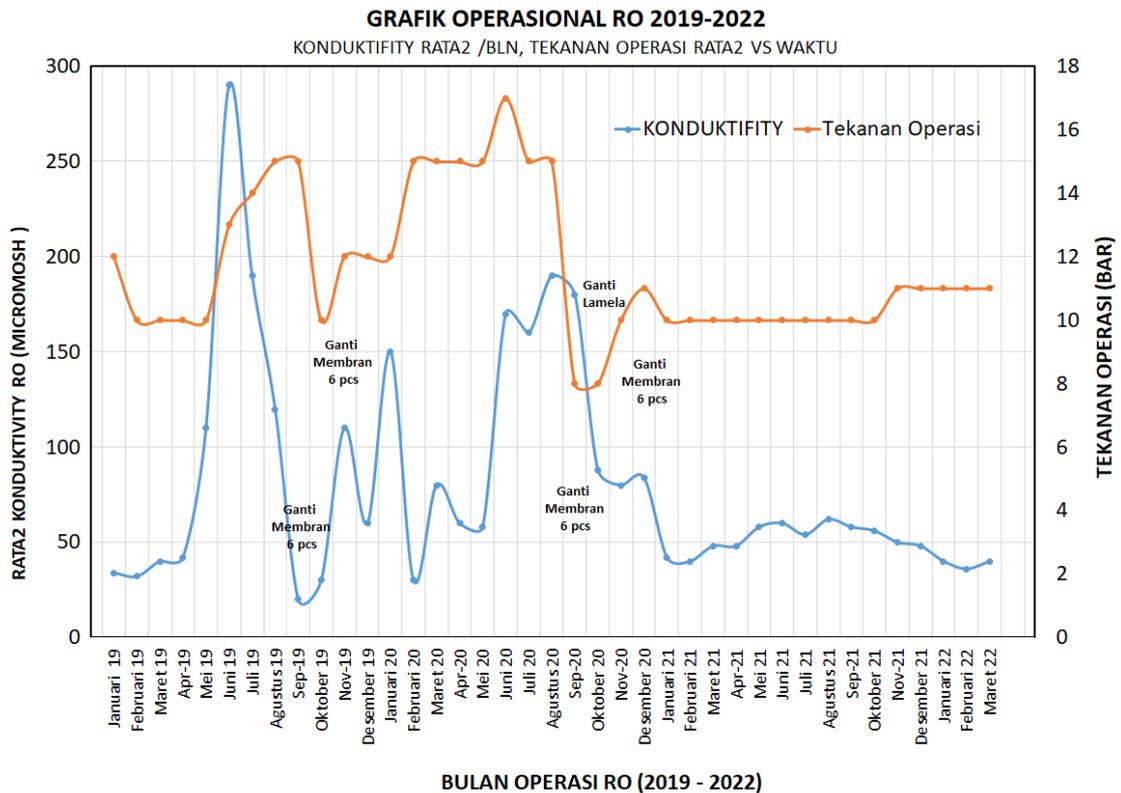
penggantian media plastik (lamela) pada bak pengendapan proses koagulasi dan flokulasi IPAL.

Efek yang terjadi adalah secara visual kualitas air hasil proses koagulasi flokulasi dan sedimentasi, menjadi sangat jernih. Lalu pada bulan Januari 2021 dilakukan penggantian enam unit membran berikutnya. Hasilnya, kondisi RO stabil

pada tekanan sekitar 10 bar sampai waktu pengamatan berakhir, yakni Maret 2022. Produk RO naik turun dan secara umum, lebih tinggi dari periode sebelum penggantian lamela. Naik turunnya total produk RO ini dikarenakan mengikuti kebutuhan *line* produksi.



Gambar 3. Operasional RO 2019-2022, Produk RO/bulan, Tekanan Operasi terhadap Waktu

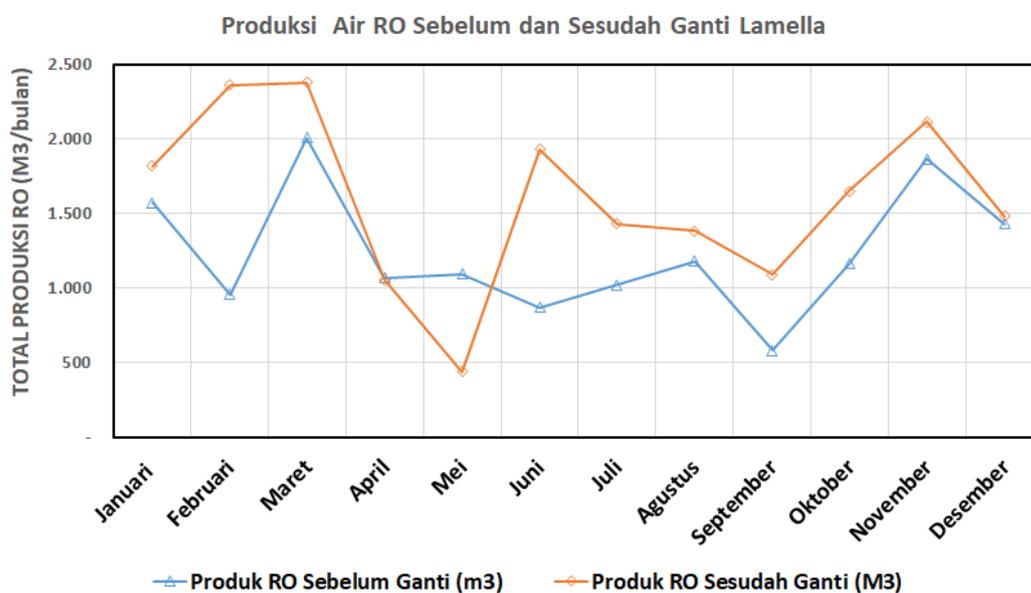


Gambar 4. Operasional RO 2019-2022, Rata-rata konduktivitas produk RO/bulan, Tekanan Operasi terhadap Waktu

Pada grafik Gambar 4 menunjukkan keterkaitan antara operasional RO tahun 2019-2022, yakni rata-rata konduktivitas produk RO per bulan dan tekanan operasi terhadap waktu. Dari grafik ini terlihat bahwa konduktivitas produk RO Januari 2019 sampai sebelum penggantian lamela, yakni Oktober 2020 terlihat tidak stabil dan kecenderungannya tinggi. Adapun ada periode kejadian di mana konduktivitas cukup rendah, yaitu periode September 2019 – Mei 2020. Hal tersebut terjadi karena pada saat itu dilakukan simulasi dengan penyetopan produksi RO dari membran yang lama (*line B*). Sehingga yang beroperasi hanya *line RO* yang membrannya baru. Namun secara umum, pada periode ini konduktivitas RO-nya relatif tinggi dan bahkan sampai tidak memenuhi syarat untuk bisa dipakai di *line* produksi.

Setelah dilakukan penggantian lamela, konduktivitas RO jauh menjadi lebih baik yakni sekitar 50 *micromhos* dan stabil. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh membran yang terkondisikan dengan baik, karena kualitas air baku RO yang juga membaik setelah penggantian lamela. Kualitas air baku RO ini Selain itu, dikarenakan umur membran RO-nya pun sudah melewati 14 bulan, masih stabil.

Secara umum masa pakai membran RO berkisar sekitar 16 bulan, apabila membran digunakan secara kontinu dan tanpa dilakukan *cleaning* membran (Into et al., 2004). Masa pakai membran dapat diperpanjang apabila dilakukan perawatan dan meningkatkan kualitas air baku, sebelum diolah dengan membran RO (Jiang et al., 2017). Berdasarkan kejadian ini, ke depannya hal yang harus dijaga dan diperhatikan adalah kualitas air baku RO atau kualitas air bersih produk IPAL.



Gambar 5. Jumlah produksi air RO sebelum dan sesudah penggantian Lamela

Gambar 5 menunjukkan produksi air RO sebelum dan sesudah penggantian lamela. Setelah dilakukan penggantian, produksi air RO menunjukkan lebih besar jika dibanding sebelum penggantian. Dari Gambar 4 dan 5, penggantian lamela selain dapat meningkatkan produksi air RO, kualitas konduktivitas juga bisa menjadi stabil dan lebih baik.

4. KESIMPULAN

Untuk menjaga kontinuitas kapasitas produksi air olahan unit RO telah dilakukan upaya-upaya yang dapat mempertahankan sekaligus meningkatkan kapasitas serta kualitas hasil pengolahan unit RO. Dari hasil upaya-upaya yang telah dilakukan, seperti penggantian lamela dapat menurunkan nilai konduktivitas secara signifikan dan kapasitas produk air olahan RO menjadi lebih tinggi dan stabil.

Masa pakai atau umur membran RO dipengaruhi oleh kualitas air baku dan cara perawatan atau *cleaning* yang tepat. Dalam penelitian ini, untuk meningkatkan kualitas air baku adalah dengan penggantian lamela. Sedangkan untuk bahan kimia yang digunakan untuk *cleaning* agar hasil produk RO

meningkat adalah dengan menggunakan Larutan Asam (HCl) dan Basa (NaOH).

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pimpinan beserta manajemen industri kaleng DKI Jakarta yang telah memberikan kesempatan dalam melakukan penelitian dan pengujian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Direktur beserta para periset Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih – BRIN yang telah mendukung kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahyar, A. (2017). Peningkatan Kapasitas Penyelenggara SPAM, Musyawarah Antar Perusahaan Air Minum Tingkat Nasional (MAPAMNAS) XIII Perpamsi, Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Jakarta

Alimah, S., Ariyanto, S., & Dewita, E. (2014). Pembersihan Kimiawi *Fouling* Membran Desalinasi RO. Seminar Nasional X SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta.

- Ang, W.S., Tiraferri, A., Chen, K.L., & Elimelech, M. (2011). Fouling and cleaning of RO membranes fouled by mixtures of organic foulants simulating wastewater effluent. *J. Membr. Sci.* 376:196–206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2011.04.020>.
- Anonymous. (2016). Policy Options for Decoupling Economic Growth from Water Use and Water Pollution. Report from the International Resource Panel (IRP). United Nations Environment Programme (UNEP).
- Cahyana, G. H. (2010). Variasi Teknologi Pengurangan Kesadahan Dalam Pengolahan Air Minum. *Jurnal Sositoknologi Terapan*, Vol. XV Maret Keberlanjutan Sumber Daya Air. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol.3, No.2. hal.85-95. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
- Ikbal & Yudo, S. (2017). Desain Instalasi Daur Ulang Air di Industri Migas Studi Kasus Kilang Minyak RU-VI Balongan, PT. Pertamina (Persero). Buku Bunga Rampai Teknologi Lingkungan, BPPT Press, Jakarta.
- Into, M., Jonsson, A.S., & Lengden, G. (2004). Reuse of industrial wastewater following treatment with reverse osmosis. *Journal of Membrane Science* 242, 2004. Hal 21–25
- Jiang, S., Li, Y., & Ladewig, B.P. (2017). A Review of Reverse Osmosis Membrane Fouling and Control Strategies. *Science of the Total Environment* 595, 567-583. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.235>
- Nurhidayanti, N., & Khawari, A., (2020). Analisis Eko-Efisiensi Daur Ulang Air Limbah di PT. Chemco Harapan Nusantara. *Jurnal Tekno Insentif*, 14(2) Hal. 78-87.
- Said, N.I. (2009). Uji Kinerja Pengolahan Air Siap Minum Dengan Proses Biofiltrasi, Ultrafiltrasi dan *Reverse Osmosis* (RO) Dengan Air Baku Air Sungai. *Jurnal Air Indonesia*, Vol 5. No. 2, 2009. Hal. 144-161
- Santa, H. (2014). Perbaikan Kualitas Produk *Can Body* 330 ml pada Departemen *Two Piece Can* PT United Can Co. Ltd. dengan Menggunakan Metode *Six Sigma* DMAIC. Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri, Fakultas Industri Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Sohrabi, M.R., Madaeni, S.S., Khosravi, M., & Ghaedi, A.M. (2011). Chemical cleaning of reverse osmosis and nanofiltration membranes fouled by licorice aqueous solutions. *Desalination* 267:93–100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2010.09.011>
- Suharso dan Buhani. (2015). Buku Penanggulangan Kerak, Edisi 2. Graha Ilmu, Yogyakarta. Buku ISBN 978-602-262-509-4
- Tu, K. L., Chivas, A.R., and Nghiem, L. D. (2015). Chemical Cleaning Effects on Properties and Separation Efficiency of an RO Membrane. *Membrane Water Treatment*, 6 (2), 141-160.
- Yudo, S., & Nugroho, R. (2019). Uji Kinerja Instalasi Daur Ulang Air Limbah Industri Kaleng di Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 20, No. 2. Hal. 225-232.
- Yudo, S., & Hernaningsih, T. (2010). Pemilihan Teknologi Daur Ulang Air Limbah Domestik di Kantor BPPT. *Jurnal Air Indonesia*, Vol. 6, No. 2. 114-123. BPPT, Jakarta.