

# PENGARUH DOSIS *BIOCIDE* TERHADAP JUMLAH KOLONI PADA PENGENDALIAN *BIOFOULING* DI *FEED WATER SWRO* PLTU

Indah Sukmawati, Fariha Afidati, Ariani  
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[indahsukmawati5699@gmail.com](mailto:indahsukmawati5699@gmail.com), [[ariani.chalim@gmail.com](mailto:ariani.chalim@gmail.com)]

## ABSTRAK

Pada *water treatment plant sea water reverse osmosis* (SWRO) sering terjadi pembentukan akumulasi padatan (*fouling*) yang tidak diinginkan dan tertahan di permukaan membran. *Fouling* yang disebabkan oleh pertumbuhan mikro/makro organisme disebut sebagai *biofouling*. Pertumbuhan *biofouling* yang tidak terkendali dapat menyumbat dan menginaktivasi permukaan membran, hal ini menyebabkan naiknya tekanan osmotik atau *different pressure* (DP) antara *inlet* dan *outlet* pada *reverse osmosis* (RO). Tingginya DP pada RO ditandai dengan banyaknya koloni bakteri pada aliran keluar yang tidak digunakan (*reject*). Kondisi ini mengakibatkan dilakukannya proses pembersihan membran RO (*cleaning*) sebagai upaya untuk meningkatkan kembali performa membran. Salah satu bahan kimia yang dapat mengendalikan pertumbuhan koloni pada RO disebut *biocide*, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh dosis *biocide* terhadap jumlah koloni. Pengendalian *biofouling* menggunakan metode pemberian dosis secara berkelanjutan (*continuous*) dengan variabel dosis 7%, 10%, dan 15%. Pertumbuhan *biofouling* dan DP pada *reject* RO diamati setiap waktu serta dihitung menggunakan metode petri film. Metode *continuous dosage* dengan dosis tersebut dapat mencegah tingginya pertumbuhan *biofouling* pada membran RO dalam durasi 7 hari. Metode ini dapat menonaktifkan pertumbuhan *biofouling* namun tidak dapat mengembalikan jumlah koloni pada kondisi awal yang disebabkan oleh adanya *biofilm* pada membran.

**Kata kunci:** *biofouling, biocide, reverse osmosis*

## ABSTRACT

On the *sea water reverse osmosis* (SWRO) *water treatment plant*, a *fouling* often occurs that is stuck and unwanted on a membran surface. *Fouling* caused by the growth of micro / macro organisms is called *biofouling*. Uncontrolled *biofouling* growth can clog and inactivate the membrane surface, this causes in *different pressure* (DP) between *inlet* and *outlet* in *reverse osmosis* (RO) increase. The high DP in RO is characterized by the number of bacterial colonies in the outflow that are not used (*reject*). This condition causes the RO membrane to be cleaned in an effort to improve membrane performance. One of the chemicals that can control the growth of colonies in RO is called *biocide*. The objective of this study was to investigate the effect of dosage on *biofouling* control. Preventive *biofouling* control was studied applying a *continuous dosage* 7%, 10%, and 15%. *Biofouling* growth and DP on *reject* RO are observed all the time and calculated using the petri film method. *Continuous* method with that dosage can prevented growth of *biofouling* increase in RO membrane during a run time of 7 days. This method can inactivated the accumulated of *biofouling* but did not restore the original amount.

**Keywords:** *biofouling, biocide, reverse osmosis*

## 1. PENDAHULUAN

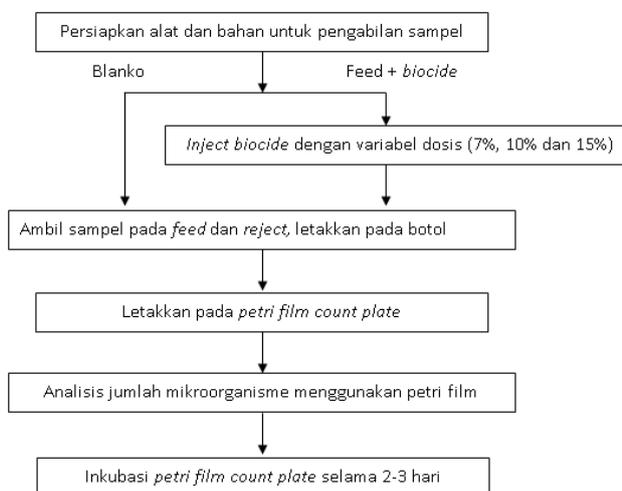
PLTU merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang menggunakan uap untuk menggerakkan generator. Seperti pembangkit listrik tenaga uap lainnya, PLTU memerlukan air untuk proses yang diperoleh dari air laut. *Water treatment* dibagi dalam tiga sistem pengolahan, yaitu *pre-treatment*, *sea water reverse osmosis (SWRO) treatment* dan *fresh water reverse osmosis (FWRO) treatment*. *Reverse osmosis (RO)* adalah proses menghilangkan garam, *micropollutants*, virus dan mikroorganisme untuk menghasilkan kualitas air yang tinggi. Umur pakai membran dan biaya operasional RO dipengaruhi oleh adanya *fouling*. Meskipun usaha pengendalian *fouling* telah dilakukan, *fouling* pada membran tetap terjadi [1]. Untuk dapat menghindari *fouling*, maka dibutuhkan kinerja *chemical cleaning* terhadap membran atau penggantian membran. *Chemical cleaning* dilakukan sebelum memasuki proses SWRO dengan melakukan *inject biocide* sebagai pengendali mikroorganisme yang ada di air laut.

Berdasarkan data Industri PLTU bahwa jumlah *fouling* yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme di bagian *reject RO* cukup tinggi diatas 500 CFU. Ini menyebabkan proses pembersihan membran RO cukup sering dilakukan sehingga berakibat meningkatnya biaya operasional industri. Penelitian ini berbasis skala industri dan bertujuan mempelajari pengaruh dosis *biocide* terhadap jumlah koloni pada pengendalian *biofouling* di bagian *feed water* SWRO PLTU.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara langsung pada membran SWRO PLTU. Pengambilan sampel dilakukan di bagian *feed* dan *reject water* SWRO, yang ditambahkan *biocide* menggunakan metode *continous dossing* sebesar 7%, 10%, dan 15% volume. Durasi dosis dilakukan selama 7 hari untuk setiap dosis *biocide*. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-1, 3, 4 dan 7, kemudian dihitung jumlah koloni menggunakan alat *petrifilm* berdasarkan standar analisis baku petrifilm dari 3M *Food Safety*. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan mikroorganisme di *reject water* SWRO dan *different pressure* di train SWRO.

### 2.1. Prosedur Penelitian



**Gambar 1.** Skema prosedur penelitian.

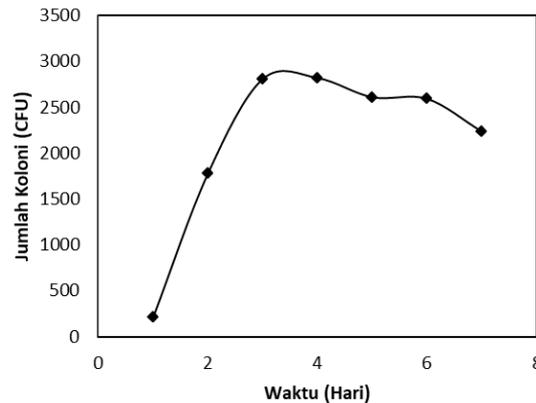
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan mikroorganisme secara berkelanjutan akan membentuk biofilm yang tidak terkendali sehingga dapat menyumbat membran, menginaktivasi permukaan membran, dan merusak sistem. *Biofouling* juga dapat menyebabkan peningkatan *pressure drop* [2]. *Biofilm* yang telah terakumulasi pada membran RO dapat diatasi dengan dilakukannya *cleaning membrane* [3]. Semakin sering terbentuknya *biofilm* semakin sering dilakukan proses *cleaning* pada membran. Hal ini berdampak pada membran *lifetime* dan biaya operasional [4]. Proses *cleaning membran* menggunakan bahan kimia asam dan basa untuk membuka dan mengecilkan pori pada membran [5]. Semakin seringnya dilakukan *cleaning* mengakibatkan pori-pori membran membesar sehingga mempercepat penggantian membran.

##### 3.1.1 Kurva Pertumbuhan

Kurva pertumbuhan bakteri pada *feed water* SWRO sebelum penambahan *biocide* dibuat untuk mengetahui frekuensi injeksi *biocide*. Kurva pertumbuhan dapat menjelaskan aktivitas pertumbuhan bakteri hingga fase *stationer* dan kematian. Pengambilan data diambil menggunakan sampel pada *feed water* SWRO sebelum injeksi *biocide* dan diamati pada petri film hingga data pertumbuhan bakteri menunjukkan penurunan seperti pada Gambar 2.

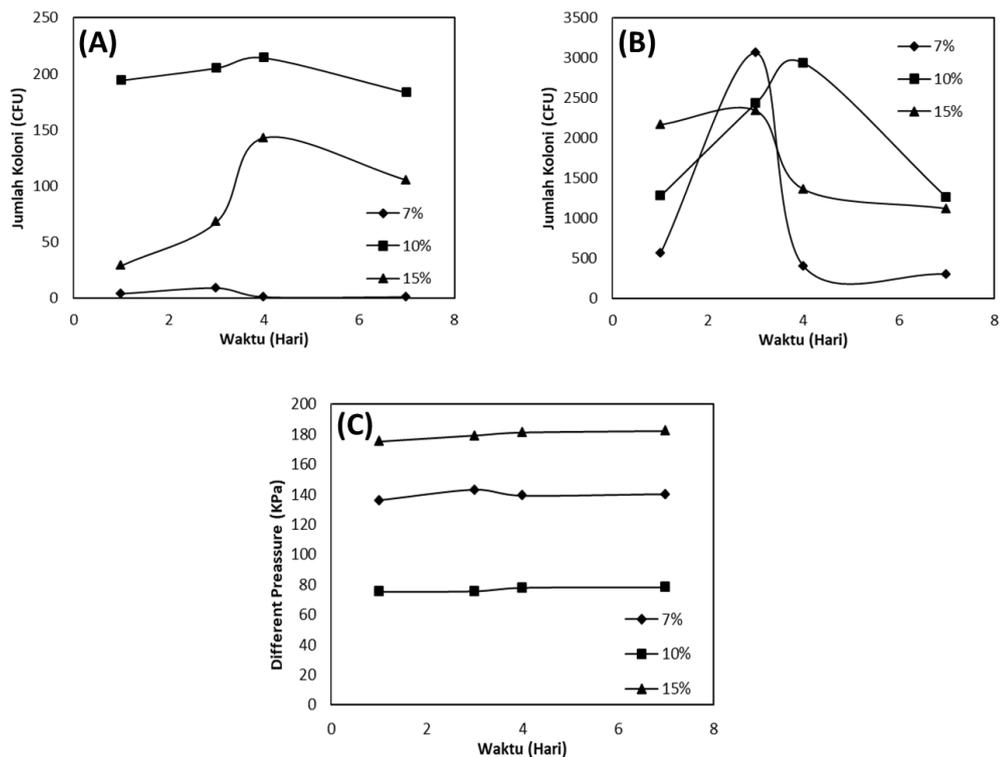


**Gambar 2.** Kurva pertumbuhan koloni blanko.

Data tersebut menunjukkan bakteri mulai mengalami kematian pada hari ke-7. Lama waktu tersebut menjadi dasar frekuensi injeksi *biocide*. Hal ini dilakukan agar percobaan injeksi *biocide* dapat dilakukan secara optimal.

##### 3.1.2 Pengendalian *biofouling* menggunakan *biocide*

Kinerja membran dapat berubah terhadap waktu. Umumnya diakibatkan konsentrasi polarisasi dan *fouling*, fluks membran menurun terhadap waktu penggunaan membran tersebut. Partikel dari foulant akan menutup secara total maupun menutup secara parsial pori-pori dari membran sehingga dapat menimbulkan *fouling*. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *biocide* terhadap pengendalian *biofouling*, dilakukan analisa mikroba pada *Inlet* dan *reject* RO.



**Gambar 3.** Pengaruh penambahan dosis *biocide* pada pertumbuhan koloni *inlet* (A), *reject* (B), dan *different pressure* (C).

Percobaan pengendalian *biofouling* menggunakan dosis *biocide* pada *inlet* Gambar 3(A) menunjukkan pertumbuhan koloni terendah pada penggunaan dosis 7% dan mencapai fase *stationer* lebih cepat yaitu hari ke-3 dibandingkan dengan dosis 10% dan 15%. Sedangkan pertumbuhan koloni tertinggi terdapat pada dosis 15%, ini terjadi karena adanya perbedaan jumlah *biofouling* yang masuk ke dalam *reverse osmosis* ditandai dengan tingginya jumlah koloni di hari pertama. Pada penggunaan dosis 10% pertumbuhan koloni mengalami peningkatan yang drastis. Pada dosis 7% dan 15% cukup baik dalam mengendalikan pertumbuhan *biofouling* pada *inlet* karena dapat menurunkan jumlah koloni seperti hari ke-1.

Pengaruh dosis *biocide* pada *reject* RO merupakan *output fouling* (Gambar 3(B)). Semakin tinggi jumlah koloni pada *reject* maka semakin rendah kemampuan *biocide* dalam mengontrol pertumbuhan *biofouling* di dalam RO. Pada Gambar 3(B) menunjukkan puncak pertumbuhan koloni pada dosis 7% dan 15% terjadi pada hari ke-3 sedangkan dosis 10% terjadi pada hari ke-4. Penggunaan dosis 7% lebih baik dalam mengendalikan *biofouling* pada *reject* dibandingkan dengan dosis lainnya dengan jumlah koloni paling sedikit pada hari terakhir. Semakin tinggi penambahan dosis *biocide* diharapkan dapat mengendalikan pertumbuhan *biofouling* yang lebih optimal. Perbedaan kondisi ini dapat disebabkan oleh sedikitnya variasi dosis yang digunakan serta pertumbuhan *biofilm* yang tidak diamati pada setiap dosis [6].

Selain pertumbuhan jumlah koloni yang dapat dilihat pada petri *film*, *biofouling* dapat ditandai dengan peningkatan tekanan diferensial sejak pada tahap pertama. Adanya

*different pressure* seiring waktu adalah gejala awal dan tingkat keparahan *fouling* [7]. Gambar 6(C) menunjukkan *different pressure* antar dosis tidak stabil hal ini dikarenakan perbedaan jumlah partikel *fouling* yang masuk pada RO untuk setiap dosis. Adanya *fouling* yang terjadi sebelum memasuki RO tergantung pada kandungan partikel tersuspensi sebagai umpan masuk pada membran. Jika DP di filter (*cartridge filter*) meningkat dengan cepat, menunjukkan indikasi kemungkinan masalah dalam pasokan air baku atau dalam proses pretreatment [8]. *Fouling* pada permukaan RO dapat berasal dari macam-macam kontaminan, termasuk partikulat anorganik, bahan organik terlarut, padatan terlarut, dan bahan biogenik [9].

*Foulant* yang telah terdeposisi pada permukaan membran dapat terus tumbuh membentuk lapisan (*biofilm*) yang menghambat terjadinya kontak antara permukaan membran RO dengan *foulant* lainnya sehingga terjadi penambahan *different pressure*. *Foulant* yang tumbuh pada membran RO akan bereaksi dengan *biocide* melalui enzim sehingga menghambat pertumbuhan metabolisme sel diikuti dengan kerusakan dan hilangnya kelangsungan hidup sel [10]. Penggunaan dosis *biocide* yang telah dikaji secara industri secara kontinyu dapat menstabilkan pertumbuhan *biofouling* pada RO namun tidak dapat menurunkan jumlah *biofouling* dalam sistem membran secara signifikan. Akibatnya *foulant* terus bertambah meski telah ditambahkan secara kontinyu.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Pemberian *biocide* berpengaruh pada pertumbuhan jumlah koloni, pada dosis 7% dapat menurunkan jumlah koloni pada inlet dan *reject*. Penambahan dosis 10% dapat menurunkan jumlah koloni pada inlet namun kurang optimal pada *reject*. Pada dosis 15% terjadi penurunan jumlah koloni yang drastis pada *reject* namun belum dapat menurunkan jumlah koloni pada inlet. *Different pressure* antar dosis tidak stabil dan disebabkan perbedaan jumlah partikel *fouling* yang melewati RO. Berdasarkan data eksperimen dosis 7% cukup baik dalam mengendalikan pertumbuhan koloni, dikarenakan fase pertumbuhan yang cepat serta fase kematian dengan jumlah koloni yang lebih sedikit dibandingkan dosis 10% dan 15%.

### 4.2 Saran

Metode pemberian *biocide* secara *shock dosing* lebih tepat dalam mencegah pertumbuhan *biofouling*. Sebagai bentuk pengujian, metode *shock dosing* dapat diaplikasikan pada MFS (*membrane filtration simulator*) sebelum diterapkan di RO untuk mengevaluasi pencegahan *biofouling*.

## REFERENSI

- [1] Ang, W. S., Lee, S., Elimelech, M., 2006, *Chemical and Physical Aspects of Cleaning of Organic-Fouled Reverse Osmosis Membranes*, Journal of Membrane Science, Vol. 272, 198–210.
- [2] Creber, S. A., Vrouwenvelder, J. S., Loosdrecht, M. C., Johns, M. L., 2010, *Chemical Cleaning of Biofouling in Reverse Osmosis Membranes Evaluated using Magnetic Resonance Imaging*, Journal of Membrane Science, Vol. 362, 202-210.
- [3] Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., and Moulin, P., 2009,

- Reverse Osmosis Desalination: Water Sources, Technology, And Today's Challenges*. Water research, Vol. 43, No. 9, 2317-2348.
- [4] Siddiqui, A., Pinel, I., Prest, E. I., Bucs, Sz. S., van Loosdrecht, M. C. M., Kruithof, J. C., Vrouwenvelder, J. S., 2017, *Application of DBNPA Dosage for Biofouling Control in Spiral Wound Membrane System*, Desalination and Water Treatment, Vol. 68, 12-22.
- [5] Jayanti, R. D., Widiassa, I. N., 2016, *Fouling dan Cleaning Membran Reverse Osmosis Tekanan Rendah untuk Aplikasi Daur Ulang Air Limbah Domestik*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Yogyakarta.
- [6] Ras, G. R., 2016, *Control of Biofouling on Reverse Osmosis Membranes Using DBNPA*, M. Eng. thesis, Dept. Chemical Eng., Stellenbosch Univ., Stellenbosch, Afrika Selatan.
- [7] Gerard, G. M., 2017, *Biofouling Control in Reverse Osmosis Membranes for Water Treatment*, PhD. Dissertation, Dept. Chemical Eng., Universitat Rovira I Virgili, Tarragona, Spanyol.
- [8] Maulida, V. R., Zamrudy, W., Mustofa, A., 2020, *Pengaruh Dosis Anti Reduktan Sodium Bisulfit Terhadap Umur Catridge Filter pada Sea Water Reverse Osmosis (Swro) I di PT PJB UBJ O&M Paiton*, Distilat : Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 6, No. 2, 36-40.
- [9] Beyer, M., Lohrengel, B., Nghiem, L.D., 2010, *Membrane Fouling and Chemical Cleaning in Water Recycling Applications*, Desalination, Vol. 250, 977-981.
- [10] Williams, T., 2007, *The Mechanism of Action of Isothiazolone Biocides*, International Corrosion Conference Series, Vol. 9, No. 1, 15-22.