

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil.

1. Peningkatan tekanan operasi dari 10 bar hingga 100 bar akan meningkatkan laju alir produk sebesar 2568 kali dan meningkatkan *salt rejection* sebesar 70,2 %.
2. Tekanan operasi adalah variabel operasi yang sangat berpengaruh terhadap proses *reverse osmosis*.
3. Peningkatan konsentrasi umpan dari 35 kg/m<sup>3</sup> hingga 47 kg/m<sup>3</sup> akan menurunkan laju alir produk sebesar 2,13 kali dan menurunkan *salt rejection* sebesar 0,37 %.
4. Proses *reverse osmosis* adalah proses yang cukup stabil terhadap perubahan konsentrasi umpan.
5. Pengoperasian membran selama 730 hari dengan memperhitungkan fenomena *fouling* akan menurunkan laju alir produk sebesar 639 kali dan menurunkan *salt rejection* sebesar 67,9 %.
6. Fenomena *fouling* akan mempengaruhi proses *reverse osmosis* sehingga fenomena ini perlu diperhatikan saat pengoperasian alat.
7. Peningkatan tekanan operasi adalah salah satu strategi yang dapat dilakukan ketika konsentrasi umpan meningkat dan/atau ketika fenomena *fouling* terjadi.

#### **5.2. Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah secara spesifik menguji fenomena *fouling* pada membran. Penelitian ini dapat dilakukan baik secara langsung di dalam laboratorium ataupun mempelajari model matematika yang mensimulasikan fenomena *fouling* secara lebih mendalam. Saran lainnya adalah penelitian lanjut mengenai konfigurasi seri-paralel dari sistem membran *reverse osmosis*. Hal ini dilakukan agar didapatkan gambaran yang lebih nyata mengenai pengoperasian sistem membran *reverse osmosis* dalam industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- A., A., & Kazmerski, L. L. (2011). Renewable Energy Opportunities in Water Desalination. *Desalination, Trends and Technologies*.
- Alsahy, Q. F., Albyati, T. M., & Zablouk, M. A. (2013). A study of the effect of operating conditions on reverse osmosis membrane performance with and without air sparging technique. *Chemical Engineering Communications*, 200(1), 1–19.
- Avlonitis, S., Hanbury, W. T., & Boudinar, M. Ben. (1993). Spiral wound modules performance an analytical solution: Part II. *Desalination*, 89(3), 227–246.
- Barger, M., Carnaban, R. P., Engineering, W. R., & Arbor, A. (1991). *Fouling Prediction in Reverse Osmosis PROCESSES*. 83, 3–33.
- Boudinar, M. Ben, Hanbury, W. T., & Avlonitis, S. (1992). Numerical simulation and optimisation of spiral-wound modules. *Desalination*, 86(3), 273–290.
- Chapra, Steven C.; Canale, R. P. (2010). *Numerical Methods for Engineers* (6th edition). The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Chen, K. L., Song, L., Ong, S. L., & Ng, W. J. (2004). The development of membrane fouling in full-scale RO processes. *Journal of Membrane Science*, 232(1–2), 63–72.
- Dimitriou, E., Boutikos, P., Mohamed, E. S., Koziel, S., & Papadakis, G. (2017). Theoretical performance prediction of a reverse osmosis desalination membrane element under variable operating conditions. *Desalination*, 419(November 2016), 70–78.
- Garud, R. M., Kore, S. V, Kore, V. S., & Kulkarni, G. S. (2011). A Short Review on Process and Applications of Reverse Osmosis. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1(3), 233–238.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations* (Third). Prentice-Hall International, Inc.
- Gu, B., Xu, X. Y., & Adjiman, C. S. (2017). A predictive model for spiral wound reverse osmosis membrane modules: The effect of winding geometry and accurate geometric details. *Computers and Chemical Engineering*, 96, 248–265.

- Gleick, P.H. (1993). *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York.
- Hoek, E. M. V., Allred, J., Knoell, T., & Jeong, B. H. (2008). Modeling the effects of fouling on full-scale reverse osmosis processes. *Journal of Membrane Science*, 314(1–2), 33–49.
- Hutabarat, L. E. (2017). Studi Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Akibat Pengambilan Air Tanah Berlebihan Di DKI Jakarta. *Kumpulan Karya Ilmiah Dosen Universitas Kristen Indonesia Delapan Windu*, 360–374.
- Jalihah, P., & Venkatesan, R. (2019). Advanced desalination technologies. In *Sustainable Water and Wastewater Processing*. Elsevier Inc.
- 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.
- Kim, J., Park, K., Yang, D. R., & Hong, S. (2019). A comprehensive review of energy consumption of seawater reverse osmosis desalination plants. *Applied Energy*, 254(July), 113652.
- Lee, Y. G., Lee, Y. S., Kim, D. Y., Park, M., Yang, D. R., & Kim, J. H. (2012). A fouling model for simulating long-term performance of SWRO desalination process. *Journal of Membrane Science*, 401–402, 282–291.
- Maddah HA, & Almugahwi MA. (2017). Application of The Solution-Diffusion Model to Optimize Water Flux in Reverse Osmosis Desalination Plants. *AMTA/AWWA 2017 Membrane Technology Conference Proceedings, February*.
- Malaeb, L., & Ayoub, G. M. (2011). Reverse osmosis technology for water treatment: State of the art review. *Desalination*, 267(1), 1–8.
- Mazzotti, M. et al. (2012). Membrane separations. *Food Engineering Series*, 199–214.
- Mohammed, S. A., Abbas, A. D., & Sabri, L. S. (2014). Effect of Operating Conditions on Reverse Osmosis ( RO ) Membrane Performance. *Journal of Engineering*, 20(12), 61–70.
- Park, C., Lee, Y. H., Lee, S., & Hong, S. (2008). Effect of cake layer structure on colloidal fouling in reverse osmosis membranes. *Desalination*, 220(1–3), 335–344.

- Perry, S., Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (2000). Perry's chemical engineers' handbook seventh edition. McGraw-Hill.
- Said, N. I. (2003). Aplikasi Teknologi Osmosis Balik Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum. *J.Tek.Ling. P3TL-BPPT*, 4(2), 16–35.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian Kualitas Air Dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 72.
- Tan, C. H., Lefebvre, O., Zhang, J., Ng, H. Y., & Ong, S. L. (2012). Membrane processes for desalination: Overview. In *Membrane Technology and Environmental Applications* (Issue June).
- Taniguchi, M., & Kimura, S. (2000). Estimation of transport parameters of RO membranes for seawater desalination. *AIChE Journal*, 46(10), 1967–1973.
- The Dow Chemical Company. (2013). Water & Process Solutions, FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes: Technical Manual. *Dow Chemical Company*, 1–181.
- Walas, S. M. (2013). Chemical process equipment: Selection and design. Third edition. Amsterdam: BH, Butterworth-Heinemann.
- Wijmans, J. G. ., & Baker, R. W. (1994). The solution-diffusion model: a review. *Journal of Membrane Science*, 107, 1–21.
- Yoshi, L. A., & Widiasta, I. N. (2016). Sistem Desalinasi Membran Reverse Osmosis ( RO ) untuk Penyediaan Air Bersih. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta, 17 Maret 2016*, 1–7.
- Yuhanafia, N., & Andreas, H. (2017). Pertambahan Estimasi Kerugian Ekonomi Akibat Banjir Dengan Pengaruh Penurunan Tanah Di Jakarta. *Jurnal Geografi Gea*, 17(2), 182.