

ANALISIS PENGARUH WAKTU DAN TEKANAN TERHADAP DEMINERALISASI AIR BUANGAN AC DENGAN METODE *REVERSE* *OSMOSIS*

Faizah Suryani^{1*)}, Madagaskar²⁾, R.A. Nurul Moulita¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang

^{*)}Correspondence email: faizahsuryani@univ-tridianti.ac.id

Abstrak

Demineralised water (air demin) merupakan air yang berasal dari proses pemurnian air sehingga terbebas dari mineral yang biasanya terkandung dalam air. Air demin memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah dapat digunakan sebagai pelarut zat kimia dan juga untuk mencuci peralatan yang ada pada laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk mengolah limbah buangan AC yang selama ini belum termanfaatkan menjadi air demin. Metode yang digunakan adalah metode *Reverse Osmosis* (RO), dimana menggunakan membran sebagai penyaring kontaminan (zat pengotor) seperti bakteri dan logam sehingga air keluaran (*permeate*) dari proses ini dapat sesuai dengan syarat mutu air demin di Indonesia. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu waktu operasi (15, 30, dan 45 menit) dan tekanan operasi (20, 40, 60, dan 80 Psia). Dari hasil penelitian, didapat bahwa nilai terbaik dihasilkan pada penggunaan tekanan operasi 80 Psia selama 45 menit dengan nilai pH 6,96, konduktivitas 4,90 $\mu\text{s}/\text{cm}$, dan TDS 4,50 mg/l serta telah sesuai dengan syarat mutu air demin SNI 6241:2015.

Kata Kunci:

Air buangan AC, Air demin, *Reverse osmosis*, Konduktivitas air, *Total solid dissolved* (TDS)

PENDAHULUAN

Air Conditioner (AC) merupakan alat yang pendingin yang digunakan untuk menyejukkan udara dan mengontrol uap air yang diperlukan bagi tubuh. Dewasa ini, penggunaan AC semakin meningkat seiring dengan bertambahnya suhu lingkungan akibat pemanasan global. Manusia terus mengembangkan teknologi untuk menyejukkan udara yang lebih efisien karena seiring dengan berkembangnya teknologi, manusia mulai menyadari bahwa efek dari penggunaan alat pendingin ruangan dapat menyebabkan konsumsi energi tinggi (Alhamdo, 2015). AC yang digunakan menghasilkan air buangan yang berasal dari proses penguapan (evaporasi) dan proses kondensasi (Sarbu, 2014). Dilihat dari prosesnya, air AC relatif murni dan terbebas dari kontaminan yang mengendap. Selama ini air AC dibuang langsung ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu, padahal air AC memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali (Hari P et al., 2016). Salah satu pemanfaatan air AC yaitu diolah menjadi air demin yang biasa digunakan dalam laboratorium. Air demin merupakan air yang telah mengalami proses pemurnian dari garam-garam mineral yang terkandung di dalam air. Proses pemurnian tersebut disebut dengan proses demineralisasi (Karjono, 2007).

Ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam proses demineralisasi ini, yaitu pertukaran ion, destilasi, dan *reverse osmosis* (Sumada dan Utami, 2018).

Reverse osmosis (RO) merupakan sistem yang menggunakan membran dan juga pompa bertekanan tinggi untuk mendorong air melewati membran tersebut sehingga air akan terbebas dari bahan yang tidak diinginkan. Saat ini, peralatan RO sudah banyak digunakan dalam skala luas, termasuk pada proses penyaringan minuman skala rumah tangga (Singh, 2006). Salah satu keunggulan menggunakan peralatan RO adalah hasil penyaringan yang lebih baik dibandingkan dengan metode lain karena ukuran pori dari membran yang digunakan lebih kecil dari filter lain yaitu 0,0001 m. Teknologi membran sudah banyak digunakan pada proses pemurnian air. Hal ini dikarenakan pada proses pemurnian ini tidak terjadi perubahan fase dari komponen yang dipisahkan. Selain itu, proses ini dapat berjalan pada suhu yang rendah (Safentary dan Mariantarimi, 2020). Rusdi dan Wardalia membuat *aquademineralized* dengan memanfaatkan limbah air AC menggunakan teknologi RO. Penelitian ini memberikan hasil membran RO bekerja secara optimum pada tekanan 2 bar selama 30 menit yang mendapatkan hasil nilai konduktivitas dan TDS air menjadi lebih rendah dari sebelumnya dan sesuai dengan standar. Ragetisvara dan Titah pada tahun 2021 pernah melakukan penelitian mengenai kemampuan desalinasi air laut menggunakan sistem *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) pada kapal pesiar. Metode RO ini dapat mendesalinasi atau menghilangkan kadar garam pada air laut dengan TDS awal $\pm 35.000-45.000$ ppm menjadi <500 ppm. Berdasarkan kedua penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *reverse osmosis* memiliki potensi yang besar dalam memisahkan mineral maupun garam yang terkandung pada air sehingga diharapkan penggunaan metode ini dapat mengubah air buangan AC menjadi air yang bebas mineral dan sesuai dengan standar mutu yang berlaku. Air demin merupakan air yang diperoleh dari proses pemurnian sehingga bebas dari kandungan mineral. Air dapat dikatakan bebas mineral apabila memiliki syarat-syarat tertentu, misalnya batas konduktivitasnya tidak boleh melebihi $5\mu S/cm$ (Lestari dan Utomo, 2007). Berikut standar mutu air demin yang berlaku di Indonesia menurut Badan Standardisasi Nasional SNI 6241:2015.

Tabel 1. Standar Mutu Air Demin

| No. | Kriteria | Satuan | Syarat |
|-----|--------------------|------------|--------------|
| 1. | Bau | - | Tidak berbau |
| 2. | Rasa | - | Tidak berasa |
| 3. | Warna | Unit pt-CO | Maks 5 |
| 4. | pH | - | 5,0-7,5 |
| 5. | Kekeruhan | NTU | Maks 1,5 |
| 6. | Zat terlarut total | mg/l | Maks 10 |
| 7. | Organik karbon | mg/l | Maks 0,5 |
| 8. | Perak | mg/l | Maks 0,025 |
| 9. | Timbal | mg/l | Maks 0,005 |
| 10. | Tembaga | mg/l | Maks 0,5 |
| 11. | Kadmium | mg/l | Maks 0,003 |
| 12. | Merkuri | mg/l | Maks 0,001 |

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2015)

Air yang bebas atau minim dari kandungan mineral dipercaya jauh lebih sehat dan bermanfaat bagi tubuh. Selain bermanfaat bagi tubuh, air demin juga memiliki peranan penting di bidang industri. Air demin seringkali digunakan sebagai bahan utilitas kebutuhan industri, seperti pada proses produksi, proses pendinginan, sanitasi, serta pada penggunaan boiler. Kontaminan yang terkandung didalam air yang

digunakan pada kebutuhan industri dapat menyebabkan terjadinya korosi, pembentukan kerak, hingga *carry over*. Selain digunakan pada kebutuhan sehari-hari dan industri, air demin juga dapat digunakan untuk kebutuhan rumah sakit, yaitu sebagai air input untuk *autoclave*, penggunaan mesin hemodialisa, hingga penggunaan air cuci tangan dokter di ruang operasi. Salah satu proses pemurnian yang dapat menghasilkan air demin adalah *reverse osmosis*.

Reverse osmosis (RO) merupakan proses osmosis yang membutuhkan tekanan kelarutan lebih banyak mengandung garam (Akbar et al., 2020). Membran RO merupakan membran semipermeabel yang mempunyai lapisan tipis polimer pada penyangga berpori (Kusworo et al., 2020). Prinsip kerja dari RO yaitu penggunaan tekanan pompa yang tinggi sehingga tekanan pada sisi yang mengandung garam akan semakin meningkat sehingga air akan melintasi membran RO dan menyebabkan 95-99% garam terlarut tertinggal di *reject steam* (Puretecwater, 2012 dalam Akbar et al., 2020). Ada beberapa jenis membran yang biasa dipakai, diantaranya adalah membran selulosa asetat dan membran komposit. Karakteristik dari kedua membran tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Membran *Reverse Osmosis*

| Batasan | Membran Selulosa Asetat | Lapisan Tipis Membran Komposit |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| pH | 2-8 | 2-11 |
| Temperatur | 5 ⁰ C-30 ⁰ C | 5 ⁰ C-30 ⁰ C |
| Ketahanan terhadap serangan bakteri | Lemah | Sangat kuat |
| Ketahanan terhadap klorin | 0-1 ppm | 0-0,1 ppm |
| Rejeksi terhadap garam pada 60 Psia | 85-92% | 94-98% |
| Rejeksi terhadap nitrat pada 60 Psia | 30-50% | 70-90% |
| Biaya relatif | Rendah | Tinggi |

Sumber: Mustofa, 2007

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi menggunakan membran RO adalah sebagai berikut (Sari, 2010):

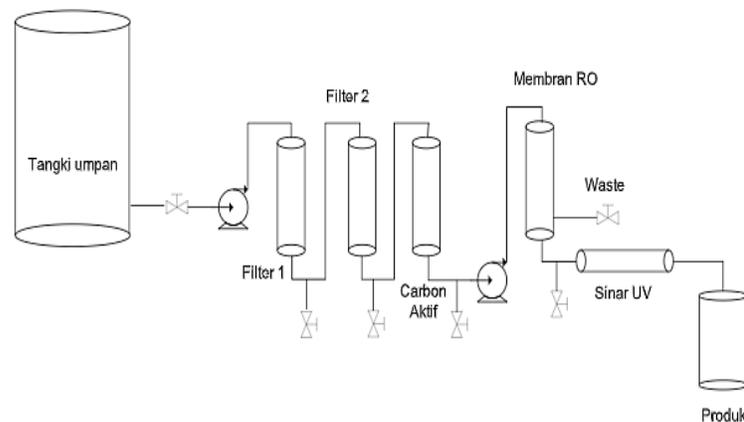
1. Tekanan
Tekanan yang digunakan akan mempengaruhi laju alir bahan pelarut yang melalui membran. Tekanan yang semakin meningkat membuat laju alir menjadi semakin meningkat pula sehingga mutu air olahan (*permeate*) juga akan semakin meningkat.
2. Temperatur
Pada umumnya, temperatur yang digunakan mulai dari 85°F atau sekitar 29°C.
3. Kepadatan membran
Membran yang semakin rapat akan menyebabkan *permeate* menjadi semakin baik.
4. Fluks
Fluks merupakan gerakan air secara terus-menerus. Fluks dapat ditentukan dengan menghitung laju alir *permeate* per satuan luas dari membran.
5. *Recovery factor*
Faktor perolehan yang semakin tinggi akan mempengaruhi konsentrasi garam pada proses pengolahan air. Batasan *recovery factor* pada umumnya adalah 75-95%.
6. Rejeksi garam

Garam rejeksi ditentukan oleh tipe serta karakteristik membran yang dipilih. Kondisi operasi yang digunakan, konsentrasi larutan umpan, serta debit aliran juga sangat mempengaruhi garam rejeksi yang dihasilkan.

7. Ketahanan membran
Membran dapat menjadi cepat rusak apabila terlalu banyak komponen-komponen yang tidak diinginkan terkandung dalam air umpan, seperti bakteri, jamur, dan lain-lain serta nilai pH yang terlalu rendah.
8. Derajat keasaman (pH)
Batasan operasi pH pada membran yang biasa digunakan adalah antara 6-7,7.
9. Kekeruhan
RO digunakan untuk memindahkan kekeruhan dari air umpan.
10. Proses pengolahan awal
Proses pengolahan awal dilakukan dengan tujuan agar membran yang digunakan tidak cepat rusak sehingga dapat bertahan lebih lama. Selain itu, proses ini juga dapat menghambat partikel-partikel yang tidak diinginkan atau berat molekulnya lebih besar tidak ikut masuk ke dalam membran.
11. Pembersihan membran
Pembersihan membran tergantung pada jenis membran yang digunakan dan juga proses penggunaannya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa air buangan AC yang diambil dari Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang. Peralatan yang digunakan yaitu peralatan RO, peralatan pH meter, TDS meter, dan *conductivity meter*. Produk hasil penelitian dianalisa nilai pH, *total dissolved solid* (TDS) dan konduktivitasnya di Laboratorium Badan Lingkungan Hidup dan Pertanian Provinsi Sumatera Selatan. Rangkaian peralatan RO yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan *Reverse Osmosis*

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan air buangan AC yang kemudian disaring untuk membersihkan pengotor yang terkandung didalamnya dan dilakukan analisa awal berupa pengukuran nilai pH, TDS, dan konduktivitasnya. Air AC selanjutnya dialirkan ke peralatan RO untuk dilakukan proses filtrasi. Variabel

yang diamati pada penelitian ini adalah tekanan dan waktu operasi. Tekanan diatur pada 40, 60, dan 80 Psia sedangkan waktu operasinya diatur pada 15, 30, dan 45 menit. Ukuran membran yang digunakan ada empat jenis, yaitu 5 nm, 3 nm, 1 nm, dan membran RO. *Permeate* yang dihasilkan kemudian dianalisa untuk dibandingkan karakteristiknya dengan standar mutu air demin yang berlaku di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Karakteristik Air Buangan AC

Air buangan AC yang telah ditampung mula-mula dianalisa karakteristiknya. Hal ini dilakukan untuk membandingkan karakteristik awal yang dimiliki oleh air buangan AC dengan karakteristik hasil pisahan yang diinginkan atau biasa disebut *permeate* yang telah melewati membran RO. Analisa yang dilakukan meliputi nilai derajat keasaman (pH), konduktivitas, dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Dari hasil analisa didapatkan nilai sebagaimana pada Tabel 2 berikut.

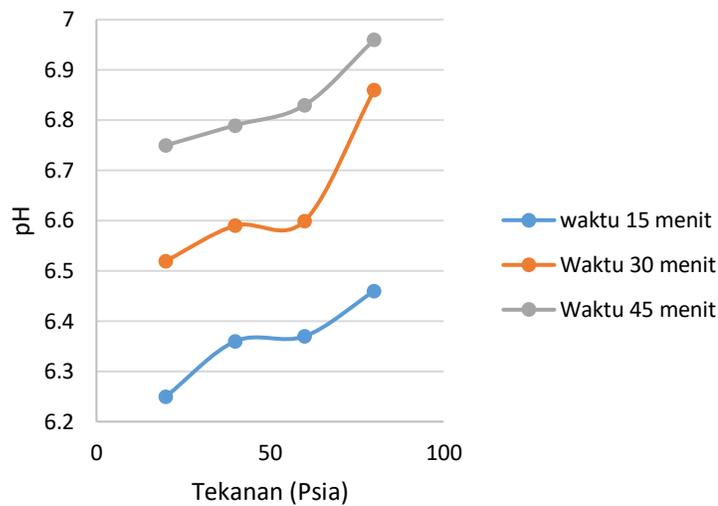
Tabel 2. Karakteristik Air Buangan AC

| Parameter | Satuan | Nilai |
|------------------------------------|-------------------------|-------|
| Derajat keasaman (pH) | - | 6,1 |
| Konduktivitas | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 40 |
| <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS) | mg/l | 80 |

Hasil analisa karakteristik awal tersebut menunjukkan bahwa air buangan AC telah memiliki karakteristik yang cukup mendekati karakteristik air demin. Penggunaan metode *reverse osmosis* pada proses demineralisasi air buangan AC diharapkan akan membuat air buangan AC bisa menyerupai karakteristik air demin.

Analisa Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman digunakan untuk mengukur kadar relatif ion hidrogen bebas dan ion hidroksil dalam air. Level ion hidrogen bebas yang tinggi mengindikasikan air bersifat asam sedangkan kadar ion hidroksil bebas tinggi mengindikasikan air bersifat basa. Pengaruh waktu dan tekanan operasi yang digunakan terhadap nilai derajat keasaman ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Waktu dan Tekanan Operasi terhadap pH

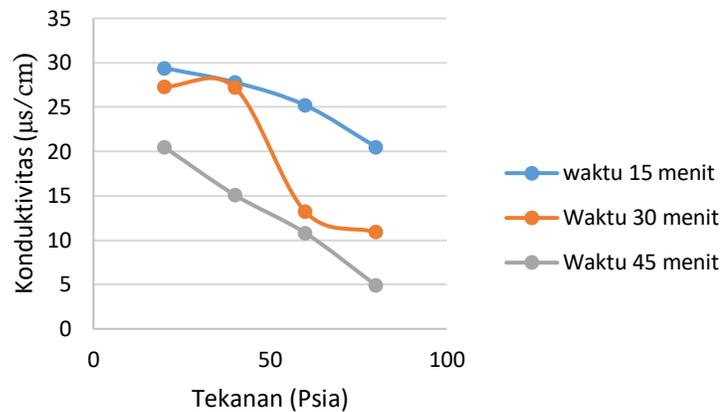
Berdasarkan Gambar 2, diketahui adanya pengaruh antara waktu dan tekanan operasi terhadap pH *permeate*. Air buangan AC sebelum dilakukan filtrasi menggunakan membran RO memiliki pH 6,1. Setelah dilewatkan melalui peralatan RO, pH *permeate* menjadi meningkat mendekati 7. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai derajat keasaman (pH) pada air adalah nilai konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang dikandung oleh air tersebut. Kenaikan derajat keasaman (pH) *permeate* dapat dikarenakan adanya penurunan konsentrasi ion hidrogen (H^+) pada air. Membran RO secara fisika memberikan tekanan, menahan semua ion, melepaskan air murni, dan membuang air limbah (*reject*) (Sari, et al., 2010). Ion yang tertahan pada membran menyebabkan *permeate* yang melewatinya memiliki konsentrasi ion yang lebih rendah sehingga derajat keasaman *permeate* menjadi meningkat. Kondisi operasi yang paling baik berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah pada penggunaan tekanan 80 Psia serta waktu operasi selama 45 menit yang menghasilkan *permeate* dengan derajat keasaman (pH) sebesar 6,96.

Penggunaan tekanan yang semakin meningkat menyebabkan *permeate* yang melewati membran semakin meningkat. Peningkatan tekanan operasi yang digunakan memberikan peningkatan pada perbedaan antara tekanan operasi dan tekanan osmotik air sehingga fluks *permeate* akan semakin meningkat akibat dari laju alir *permeate* yang semakin cepat (Ginting, et al., 2016). Peningkatan fluks *permeate* selanjutnya akan meningkatkan jumlah konsentrasi ion yang tertahan pada membran sehingga nilai derajat keasaman akan semakin meningkat. Waktu operasi yang digunakan akan mempengaruhi lama proses kontak antara laju aliran air buangan AC dengan membran. Semakin lama waktu operasi yang digunakan maka semakin lama pula kontak antara air dengan membran sehingga proses filtrasi akan semakin baik. Bila dibandingkan dengan standar mutu air demin yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional, maka *permeate* hasil proses filtrasi menggunakan membran RO pada penelitian ini memenuhi syarat yang berlaku yaitu berada pada rentang 5,0-7,5.

Pengaruh Waktu dan Tekanan terhadap Konduktivitas

Konduktivitas atau daya hantar listrik merupakan ukuran dari kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas akan naik seiring dengan kenaikan jumlah garam-garam terlarut yang dapat terionisasi. Selain itu, bilangan valensi dan konsentrasi ion-ion terlarut sangat berpengaruh terhadap nilai

konduktivitas. Hubungan antara waktu dan tekanan operasi terhadap nilai konduktivitas *permeate* disajikan pada Gambar 3.

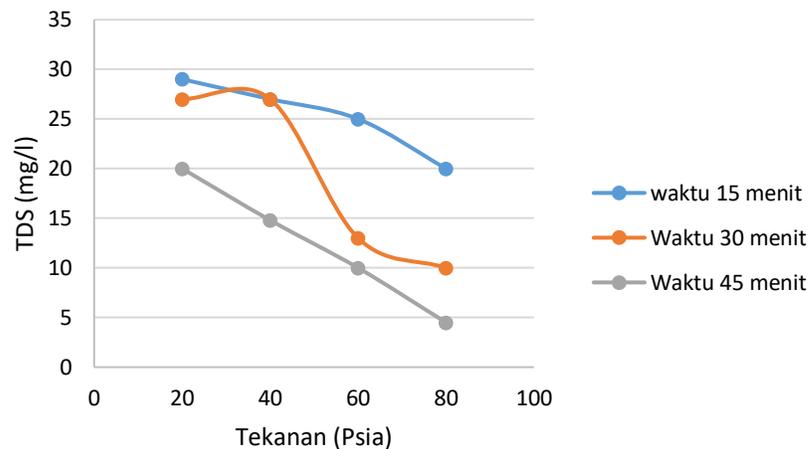


Gambar 3. Hubungan Waktu dan Tekanan Operasi terhadap Konduktivitas

Konduktivitas air buangan AC berdasarkan analisa karakteristik awal yaitu 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan setelah dilewatkan membran RO mengalami penurunan. Nilai konduktivitas akan berbanding terbalik dengan lamanya air umpan yang melewati membran RO. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai konduktivitas akan semakin kecil seiring dengan lama proses kontak antara membran dengan air. Penggunaan tekanan operasi juga berbanding terbalik dengan nilai konduktivitas dimana semakin besar tekanan yang diberikan maka nilai konduktivitas *permeate* akan semakin berkurang. Nilai konduktivitas *permeate* menjadi semakin berkurang disebabkan oleh konsentrasi zat terlarut yang dipengaruhi oleh tekanan osmotiknya (Vidyadhar et al., 2012). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapat hasil bahwa nilai konduktivitas yang paling baik berada pada penggunaan tekanan operasi 80 Psia dengan proses kontak selama 45 menit yaitu sebesar 4,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan telah sesuai standar konduktivitas air demin yaitu maksimal 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Pengaruh Waktu dan Tekanan terhadap *Total Dissolved Solid (TDS)*

Total Dissolved Solid (TDS) atau jumlah padatan terlarut merupakan salah satu indikator yang menandakan konsentrasi jumlah ion kation dan anion pada air. Jumlah padatan yang terkandung biasanya berada dalam bentuk garam anorganik, seperti natrium klorida, kalsium bikarbonat, hingga kalsium sulfat.



Gambar 4. Hubungan Waktu dan Tekanan Operasi terhadap TDS

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara waktu dan tekanan operasi terhadap nilai TDS pada *permeate*. Berdasarkan grafik yang didapatkan, diketahui bahwa penggunaan waktu dan tekanan operasi memberikan pengaruh pada nilai TDS *permeate*, yaitu semakin lama waktu operasi yang digunakan dengan tekanan yang semakin tinggi, maka nilai TDS pada air akan semakin rendah. Penurunan nilai TDS ini disebabkan oleh banyaknya jumlah padatan terlarut yang terserap membran pada proses kontak terjadi. Peningkatan tekanan operasi yang digunakan membuat membran bekerja lebih baik dalam menyerap zat padatan terlarut karena adanya perbedaan tekanan dengan tekanan osmosis air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Greenlee, et al., (2009) dalam Chairunissa, et al., (2021) dimana tekanan operasi yang terlalu rendah akan menyebabkan sedikitnya zat padatan terlarut yang disisihkan oleh membran.

Lama waktu operasi yang digunakan juga berpengaruh dalam proses penyerapan zat padatan terlarut. Penggunaan waktu operasi yang semakin lama membuat proses kontak antara air dan membran menjadi semakin baik sehingga proses penyerapan zat padatan terlarut akan menjadi semakin banyak. Pada penelitian yang telah dilakukan, didapat hasil bahwa nilai TDS yang paling rendah dihasilkan oleh penggunaan tekanan 80 Psia dengan waktu operasi selama 45 menit yaitu sebesar 4,50 mg/l. Nilai ini sesuai dengan standar mutu air demin yang berlaku yaitu berada di bawah 10 mg/l.

KESIMPULAN

Reverse osmosis merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah kembali air buangan AC menjadi air demin. *Reverse osmosis* menggunakan prinsip pemberian tekanan hidrostatis yang melebihi tekanan osmotik air sehingga komponen-komponen yang tidak diinginkan dapat berpindah dan dihasilkan air dengan kemurnian yang tinggi. Penggunaan metode *reverse osmosis* pada proses demineralisasi ini dipengaruhi oleh lama waktu dan tekanan operasi yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tekanan 80 Psia dengan waktu operasi selama 45 menit menghasilkan *permeate* yang paling baik dengan nilai pH 6,96, konduktivitas 4,90 $\mu\text{s}/\text{cm}$, dan TDS 4,50 mg/l serta telah memenuhi syarat mutu air demin SNI 6241:2015.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, D. R., Kuspambudijaya, A. D., dan Utami, I. (2020). Demineralisasi Air AC dengan Membran Reverse Osmosis. *Jurnal Teknik Kimia*, 15, 1, 28-33.

- Alhamdo, Mohammed. H. (2015). *Using Evaporative Cooling Methods For Improving Performance of An Air-Cooled Condensor*. Iraq: Horizon Research Publishing.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). Air Demineral. Diadaptasi dari <http://www.bsn.go.id>.
- Chairunnisa, A. A., Prasetyo, D., Mulyadi, E. (2021). Pembuatan Air Demineral Menggunakan Membran Reverse Osmosis (RO) dengan Pengaruh Debit dan Tekanan. *Jurnal Teknik Kimia*, 15, 2, 66-72.
- Ginting, S. S., Pinem, J. A., Rozanna, S. I. (2016). Pengaruh Kombinasi Proses Pretreatment (Koagulasi-Flokulasi) dan Membran Reverse Osmosis untuk Pengolahan Air Payau. *Jom FTEKNIK*, 3, 2, 1-7.
- Hari P, Bambang, Anakorin, D., dan Retno, Tesa M. (2016). *Studi Pemanfaatan Kondensat Air Conditioning (AC) Menjadi Air Layak Minum*. Bandung: Fakultas Teknik, Universitas Ahmad Yani.
- Karjono, S. A. (2007). Proses Pertukaran Ion dalam Pengolahan Air. *Forum IPTEK* (Vol. 13, No. 3).
- Kusworo, T. D., Susanto, H., Aryanti, N., Rokhati, N., Widiasta I Nyoman. (2020). Edukasi Teknologi Membran untuk Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Semarang Jawa Tengah. *Jurnal Pasopati: Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Pengembangan Teknologi*, 2, 3.
- Lestari, D. E. dan Utomo, S. B. (2007). Karakteristik Kinerja Resin Penukar Ion pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA) RSG-GAS. *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 21-22 November 2007, ISSN 1978-0176*.
- Mustofa, G. M. (2007). The Study of Pretreatment Options for Composite Fouling of Reverse Osmosis Membran Used in Water Treatment and Production. *School of Chemical Science*.
- Ragetisvara, A. A. dan Titah, H. S. (2021) Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada Kapal Pesiar. *Jurnal Teknik ITS*, 10, 2, ISSN 2337-3539.
- Rusdi dan Wardalia. (2018). Pembuatan Aquademineralized dari Limbah Air AC (Air Conditioner) dengan Menggunakan Teknologi Reverse Osmosis. *Jurnal Teknika*, 12, 2, 143-150.
- Safentary, A. dan Masriantini, R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Membran Osmosi (RO) pada Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Bersih. *Jurnal Redoks Program Studi Teknik Kimia PGRI*, 5, 1.
- Sarbu, I. (2014). A Review on Substitution Strategy of Non-Ecological Refrigerants from Vapour Compression Based on Refrigeration Air Conditioning and Heat Pump Systems. *International Journal of Refrigeration*, 46, 123-141.
- Sari, E., R. T. Agung, Laksmo, R. (2010). Pengaruh Tekanan Reverse Osmosis pada Pengolahan Air Payau menjadi Air Bersih. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2, 1, 78-87.
- Singh, R. (2006). Hybrid Membrane Systems for Water Purification: Technology Systems Design and Operations. *Elsevier Science & Technology Books*, 1-3.
- Sumada, K. dan Utami, I. (2018). *Demineralisasi Air dan Metode Demineralisasi Air*. Surabaya: Unggul Pangestu niwana.
- Vidyadhar, V. G., Patil, J. L., Kagne, S., Sirsam, R. S., Labhasetwar, P. (2012). Performance Evaluation of Polyamide Reverse Osmosis Membrane for Removal of Contaminants in Ground Water Collected from Chandrapur District. *Journal Membran Science Technology*, 2, 3, 1-5.