

Penurunan Kualitas Air *Reverse Osmosis* Selama Penyimpanan Ditinjau dari Kontaminasi Bakteri

Daru Seto Bagus Anugrah^{1*}, Deka Prismawan², Michael², Caitlin Leticia Apin², Alicia Angela Tanoso²

¹Department of Biotechnology, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Indonesia

²Department of Pharmacy, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Indonesia

*Corresponding author, Daru S. B. Anugrah, Program Studi Bioteknologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Jl. Jend. Sudirman No.51 12930, Indonesia, e-mail: darufle@gmail.com or daru.seto@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Teknologi *Reverse Osmosis* merupakan salah satu metode untuk mengolah dan memurnikan air agar dapat dikonsumsi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kebersihan air merupakan cara penyimpanannya. Oleh karena itu, akan dilakukan evaluasi salah satu sumber air RO di daerah Jakarta Utara untuk menilai pertumbuhan bakteri dari sumber air tersebut dalam jangka waktu tertentu. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk memastikan apakah air RO aman dikonsumsi jika disimpan dalam jangka panjang. Sampel air dibagi menjadi 3 kelompok. Sampel 1 diambil dengan cara steril dan disimpan dalam wadah steril. Sampel 2 ditampung dalam botol lalu dituang ke gelas. Sampel 3 langsung ditampung dalam botol. Profil bakteri dari air RO akan diuji dengan teknik *pour plate* menggunakan media *Nutrient Agar* dan pengamatan akan dilakukan pada hari ke-0, 7, dan 11. Untuk sampel 1 tidak ditemukan adanya pertumbuhan bakteri pada hari ke-0, namun terdapat pertumbuhan bakteri pada hari ke-7 dan 11. Untuk sampel 2 dan 3, ditemukan adanya pertumbuhan bakteri mulai dari hari ke-0 sampai 11. Jika sampel 3 dan sampel 2 dibandingkan, dapat diamati bahwa jumlah bakteri pada sampel 3 lebih sedikit dibandingkan sampel 2. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, dapat dilihat bahwa cara penyimpanan sampel dapat mempengaruhi jumlah bakteri. Untuk sampel 3, air langsung disimpan dalam botol saja sedangkan untuk sampel 2, air masih dituang lagi dari botol ke dalam gelas sehingga kemungkinan terjadi kontaminasi silang lebih besar. Lalu, dapat diamati juga bahwa jumlah bakteri yang tumbuh akan semakin banyak seiring berjalannya waktu. Ini dapat terjadi karena wadah sering dibuka tutup sehingga dapat terjadi kontaminasi bakteri dari lingkungan sekitar yang lebih banyak. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa air RO tidak bisa digunakan untuk penyimpanan jangka panjang karena terjadi peningkatan pertumbuhan bakteri sehingga menjadi tidak aman untuk diminum.

Kata Kunci : Air reverse osmosis, Pertumbuhan bakteri, Pour plate, Pengaruh penyimpanan, Keamanan air.

ABSTRACT

Reverse Osmosis technology is a method for processing and purifying water to make it safe for consumption. One factor that can influence the cleanliness of water is its storage. Thus, an evaluation will be carried out on the RO water sources in North Jakarta to assess the growth of bacteria from this water source over a certain period of time. The purpose of this research is to determine whether RO water is still safe for consumption if

stored for a longer period of time. Water samples taken were divided into 3 groups. Sample 1 was taken in a sterile manner and stored in a sterile container. Sample 2 was collected in a bottle, then transferred into a glass. Sample 3 was immediately collected and stored in a bottle. The bacterial profile of RO water will be evaluated using the pour plate technique using Nutrient Agar media and observations will be done on day 0, 7 and 11. For sample 1, no bacterial growth was found on day 0, but there was bacterial growth on day 7th and 11th. For samples 2 and 3, bacterial growth was found from days 0 to 11. If sample 3 and sample 2 are compared, it can be observed that the number of bacteria in sample 3 is less than in sample 2. Based on the observation results, it can be seen that the storage container can affect the number of bacteria. For sample 3, the water was stored directly in the bottle, while for sample 2, the water was poured again from the bottle into a glass so the possibility of cross contamination was greater. It can also be observed that the total growth of bacteria will increase as time goes by. This can happen because the container is often opened and closed, increasing the chance for more bacterial contamination from the surrounding environment. Based on the research results, it can be concluded that RO water cannot be used for long-term storage because there is an increase in bacterial growth making it unsafe to drink.

Keywords: Reverse osmosis water; Bacterial growth; Pour plate; Effect of storage; Water safety.

PENDAHULUAN

Air adalah salah satu kebutuhan yang sangat mendasar bagi tubuh manusia. Tubuh manusia terdiri dari lebih dari 70% air sehingga perannya sangat penting agar organ tubuh dapat bekerja dengan lancar (misal dalam mempertahankan suhu tubuh dan detoksifikasi racun).[1] Oleh karena itu, pemenuhan persediaan air bersih untuk dikonsumsi manusia sangatlah penting. Pentingnya air bersih bahkan sudah dinyatakan dalam SDG nomor 6 (*sustainable development goals*) dimana air minum yang bersih, aman, dan terjangkau sudah harus bisa diakses oleh semua orang pada tahun 2030. Air minum untuk konsumsi harus mengikuti persyaratan tertentu yaitu dari segi radioaktif, bakteriologis, kimiawi, dan fisik. [2] Indonesia meregulasi ketentuan air bersih untuk konsumsi di dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/Menkes/ SK/VII/2001 Pasal 2 Ayat 1.

Sayangnya, tidak semua air dapat langsung diminum oleh masyarakat karena sudah tercemar oleh zat anorganik maupun organik. Air yang tidak memenuhi kualitas untuk dikonsumsi dapat menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mengolah dan memurnikan air untuk tujuan konsumsi adalah teknologi *Reverse Osmosis* (RO). Di Jakarta, teknologi RO ini sudah banyak digunakan untuk menghasilkan air yang bersih bagi warganya bahkan beberapa instansi sudah memiliki fasilitas untuk menerapkan teknologi ini, seperti di wilayah Penjaringan.[1] [3]

Teknologi RO merupakan metode penyaringan yang memanfaatkan suatu tekanan tinggi (melebihi tekanan osmosis) sehingga air akan keluar dari kepekatan tinggi sampai rendah. Penyaringan dilakukan menggunakan membran *semi-permeable* sehingga partikel dengan ukuran yang lebih kecil dari filter akan lewat sedangkan partikel kontaminan yang berukuran lebih besar dari filter akan tertahan dan tidak dapat lewat. Maka, hasil yang didapatkan adalah air murni yang seharusnya telah bebas kontaminan.[1] [4]

Namun, ada ditemukan beberapa kasus dimana air RO yang dihasilkan juga masih mengandung mikroba yang melebihi batas regulasi. Misal terdapat kasus di Brazil yang menunjukkan masih adanya kontaminasi bakteri seperti *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* di air RO sehingga ini tidak memenuhi persyaratan air yang sudah ditetapkan. Selain kontaminasi dari sumber air RO nya langsung, masalah terkait cara penyimpanan air tersebut juga sering diabaikan. Air hasil RO sering disimpan dahulu dalam wadah yang tidak steril (seperti botol minum pribadi) dan disimpan dalam jangka waktu tertentu baru dikonsumsi. Hal ini menimbulkan kekhawatiran mengenai potensi kontaminasi mikrobiologis selama penyimpanan. [5]

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini melakukan evaluasi salah satu sumber air RO di daerah Jakarta Utara untuk menilai pertumbuhan bakteri dari sumber air tersebut dalam jangka waktu tertentu. Tujuannya adalah untuk memastikan keamanan penyimpanan air RO dalam jangka panjang. Hasil penelitian ini dimaksudkan untuk memberi pandangan terkait cara penyimpanan air RO dengan baik.

MATERIAL DAN METODE

Alat bahan

Air *reverse osmosis* (RO) diperoleh dari sumber air (RO) di Jakarta Utara. Media yang digunakan untuk inkubasi adalah *nutrient agar* (NA). Semua bahan yang dipakai pada penelitian ini diperoleh dari Merck tanpa purifikasi lebih lanjut selain dikatakan lain.

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dibagi menjadi 3 kelompok. Sampel kelompok 1 akan diambil sesuai dengan metode dari Mardiyati, 2021, dengan beberapa modifikasi. Modifikasi pertama adalah kran tidak dialirkan terlebih dahulu selama 1-2 menit tetapi langsung disterilisasi dengan memanaskan mulut dan lengan kran. Modifikasi kedua adalah pengaliran air dari kran dibiarkan selama 10 detik, bukan 1-2 menit.[6] Sampel kelompok 2 akan diambil dengan menampung air dari sumber air RO pada suatu wadah (botol), kemudian dituangkan ke gelas. Sampel kelompok 3 akan diambil dengan menampung air dari sumber air RO langsung ke dalam wadah (botol).

Pengujian sampel

Pengujian profil mikrobiologi air RO dilakukan dengan teknik *pour plate* dan ini dilakukan selama 11 hari. Setelah membuat media *Nutrient Agar* (NA), 1 mL air dari sampel 1-3 akan dituang ke dalam media dan dihomogenkan. Media akan diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 hari dan dilakukan pengamatan. Jumlah pertumbuhan bakteri akan diamati dalam jangka waktu 11 hari dan dianalisis perbedaannya antara ketiga sampel yang diambil [7].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis pertumbuhan bakteri pada air jika disimpan pada jangka waktu yang panjang. Penelitian ini bersifat semi kuantitatif karena yang diamati hanya perbedaan banyaknya bakteri antar sampel dan tidak dilakukan perhitungan ALT. Setelah ketiga sampel diuji selama 11 hari, didapatkan bahwa terdapat bakteri yang tumbuh di setiap sampel, baik dalam air RO yang disimpan dalam wadah steril maupun yang tidak.

Pada sampel 1 dimana air tersebut disimpan dalam wadah steril, pertumbuhan bakteri telah diamati pada hari ke-7 dan ke-11, walaupun pertumbuhan bakteri tidak diamati pada hari ke-0. Hal ini membuktikan bahwa wadah mempengaruhi sterilitas dari sampel karena pada sampel 1, air ditampung pada wadah yang sudah disterilisasi sehingga bisa dilihat bahwa tidak ada bakteri yang tumbuh pada hari ke-0. Namun seiring berjalannya waktu, wadah steril tersebut sudah sering dibuka-tutup yang kemungkinan menyebabkan kontaminasi pada wadahnya tersendiri. Alhasil, terjadi kontaminasi pada sampel. Pernyataan ini didukung dengan hasil pengamatan sampel 1 dimana terjadi peningkatan pertumbuhan bakteri dari hari ke-7 dan 11.

Pada sampel 2 dan 3, air ditampung langsung pada wadah yang tidak steril. Namun terdapat perbedaan perlakuan pada sampel 2 di mana sampel air tersebut dipindahkan lagi ke gelas dan gelas tersebut disimpan. Hal ini untuk menggambarkan air yang disimpan dalam botol air minum atau gelas. Saat diamati, terdapat pertumbuhan bakteri pada hari ke-0, 7, dan 11 baik untuk sampel 2 maupun 3. Hal ini terjadi karena wadah untuk menampung sampel tidak disterilisasi, sehingga kemungkinan terdapat kontaminasi dari wadahnya walaupun sudah dicuci. Jika jumlah bakteri dibandingkan antara sampel 3 dan 2, diamati bahwa jumlah bakteri pada sampel 3 lebih sedikit dibandingkan sampel 2. Pertumbuhan bakteri yang lebih sedikit mungkin terjadi karena perbedaan perlakuan. Pada sampel 3, air RO ditampung saja langsung dan disimpan sehingga kemungkinan terjadinya kontaminasi silang lebih sedikit. Hal yang berbeda terjadi pada sampel 2, dimana setelah air tersebut ditampung, air tersebut dipindahkan lagi ke gelas sehingga kemungkinan terjadi kontaminasi silang lebih tinggi.

Perbedaan hasil sampel 1 dibandingkan sampel 2 dan 3 terjadi karena cara pengambilan air yang berbeda. Air pada sampel 1 diambil dengan metode yang steril, sedangkan air pada sampel 2 dan 3 tidak. Hal ini tentu meningkatkan risiko pertumbuhan bakteri. Pada sampel 2 hari ke-11, terdapat koloni bakteri berwarna pink yang menyebar di pinggir cawan petri. Ini kemungkinan merupakan koloni coliform dari kelompok Enterobacteriaceae yang sering ditemukan pada air. Bakteri coliform dapat memecah laktosa yang terdapat dalam media NA melalui proses fermentasi. Produk sampingan yang dihasilkan bersifat asam sehingga akan menurunkan pH media dan menyebabkan indikator dalam agar menjadi berwarna pink. [8]

Untuk sampel 3, terdapat koloni bakteri berwarna kuning yang menyebar pada pinggir cawan petri pada hari ke-11. Koloni yang mungkin tumbuh adalah koloni *Sphingomonas paucimobilis*, dikarenakan warna khasnya yaitu kuning dan sering ditemukan pada air. [9] Namun koloni-koloni tersebut harus diidentifikasi melalui pewarnaan gram untuk memastikan bakteri apa yang tumbuh.

Berdasarkan komposisinya, air RO tidak mengandung nutrisi seperti mineral sehingga air tersebut seharusnya tidak cocok untuk pertumbuhan bakteri. Namun dari hasil percobaan, bisa diamati bahwa ada pertumbuhan bakteri pada sampel air RO. Ini dapat terjadi karena beberapa hal. Ada kemungkinan kontaminasi dari fasilitas pengolahan air RO, seperti pipa dan peralatan yang tercemar, tangki penyimpanan yang kurang bersih, atau akibat sanitasi sistem yang kurang memadai dan tidak dilakukan secara rutin. Selain itu, bisa juga terjadi kontaminasi dari wadah yang digunakan untuk menyimpan sampel, dalam hal ini adalah botol dan gelas minum. [10]

Selain itu, media yang digunakan adalah media *Nutrient Agar* (NA) yang mengandung agar, NaCl, ekstrak kapang, dan peptone. Peptone dan ekstrak kapang merupakan sumber nutrisi yang kaya akan nitrogen, asam amino, vitamin, dan mineral yang sangat penting untuk pertumbuhan bakteri. Maka, jika sampel air mengandung bakteri, maka bakteri akan mampu bertumbuh di media NA. [11] [12]

Jika dilihat secara umum, air minum dalam kemasan (AMDK) sekilas mirip dengan air RO. Namun terdapat perbedaan dari cara pembuatannya dan sumber airnya. Air RO umumnya langsung diambil dari PAM lalu dimurnikan dengan proses *reverse osmosis*. AMDK bisa diambil dari sumber air manapun, baik itu tanah, laut atau air PAM, yang kemudian dimurnikan dengan beberapa tahap seperti *reverse osmosis* dan *ultrafiltrasi*. AMDK juga dibagi menjadi 2, yaitu air mineral dan air tanpa mineral. Jika air tersebut diperoleh dari tanah, airnya dibersihkan terlebih dahulu dengan ultrafiltrasi yang bisa menyaring partikel dengan ukuran 0.01 micron [13], kemudian baru melewati proses *reverse osmosis*. Proses *reverse osmosis* menggunakan daya penggerak yang lebih besar dibandingkan tekanan osmosisnya untuk menggerakkan air tanah atau asin ke bagian air tawar yang dipisahkan oleh membran semipermeabel. Setelah melewati proses *reverse osmosis*, airnya disterilisasi dengan sinar UV untuk membunuh mikroba yang mungkin belum tersaring pada proses ultrafiltrasi atau *reverse osmosis*, sehingga air yang keluar merupakan air siap minum. [14]

Secara keseluruhan, dapat diamati bahwa wadah penampungan air dapat mempengaruhi profil mikrobiologi dari sampel. Untuk memastikan air yang diminum bersih dan bebas dari bakteri, ada beberapa solusi yang bisa dilakukan. Pertama, material wadah penampungan air harus diperhatikan karena itu dapat mempengaruhi kemungkinan pertumbuhan bakteri. Sebaiknya, wadah yang harus dipilih untuk menyimpan air adalah yang

wadah yang berbahan antibakteri seperti kaca atau *stainless steel*. [15] Dengan demikian, air minum akan tetap terjaga kebersihannya dan bebas dari bakteri.

Selain itu, botol minum atau gelas yang digunakan harus sering dicuci secara rutin menggunakan sabun dan air panas untuk memastikan wadah tetap bersih dan bebas dari bakteri. Air juga harus disimpan dalam botol minum yang tertutup rapat atau gelas dengan tutup untuk mencegah kontaminasi dari luar. Terakhir, hindari penyimpanan air dalam jangka waktu yang terlalu panjang karena dapat memicu pertumbuhan bakteri.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa air hasil *reverse osmosis* tidak direkomendasikan untuk penyimpanan jangka panjang karena terjadi peningkatan pertumbuhan bakteri pada air yang cukup tinggi. Air hasil *reverse osmosis* perlu disimpan dengan benar, yaitu dengan tidak sering membuka tutup wadah penyimpanan. Wadah berbahan antimikroba seperti *stainless steel* dan kaca dapat digunakan untuk menyimpan air RO untuk mencegah pertumbuhan mikroba pada air. Wadahnya pun harus sering dicuci untuk menghindari kontaminasi silang dari luar.

ACKNOWLEDGEMENTS

Kami mengucapkan terimakasih kepada Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya atas fasilitas yang diberikan selama penelitian

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis mendeklarasikan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Syahid, M. R. -, N. A. -, S. Arief, and I. Fathar, "Pengolahan Air Minum Sistem Reverse Osmosis di Pesantren Hidayatullah Gowa.," *J. TEPAT Appl. Technol. J. Community Engagem. Serv.*, vol. 2, no. 2, pp. 60–65, Dec. 2019, doi: 10.25042/jurnal_tepat.v2i2.112.
- [2] L. Kusumastuti Wardana, "Pengolahan Air Mineral dalam Kemasan Rendah Kontaminasi," *BERDIKARI J. Inov. Dan Penerapan Ipteks*, vol. 6, no. 2, 2018, doi: 10.18196/bdr.6243.
- [3] S. M. Wijaya, A. O. Putri, and A. Wijaya, "Analysis and Strategy for Providing Clean Water To The Surrounding Community In The Muara Angke Area," *Int. J. Appl. Econ. Bus.*, vol. 1, no. 2, pp. 736–744, Aug. 2023, doi: 10.24912/ijaeb.v1i2.736-744.
- [4] M. Qasim, M. Badrelzaman, N. N. Darwish, N. A. Darwish, and N. Hilal, "Reverse osmosis desalination: A state-of-the-art review," *Desalination*, vol. 459, pp. 59–104, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.desal.2019.02.008.
- [5] A. I. Cahyadi, R. Ruslami, and S. Sudigdoadi, "Studi Kualitas Air Reverse Osmosis

- Secara Mikrobiologi pada Dua Unit Hemodialisis di Kota Bandung,” *J. Sist. Kesehat.*, vol. 1, no. 3, Nov. 2016, doi: 10.24198/jsk.v1i3.10352.
- [6] Y. Mardiyati, “Uji Mikrobiologi Air Perpipaan di Dusun Mundukkunci Desa Tegallingah,” *Int. J. Appl. Chem. Res.*, vol. 3, no. 2, Oct 2021, doi:10.23887/ijacr.v3i2
- [7] R. Habullah, “Analysis of Coliform Bacteria Contamination and Escherichia coli soy milk sold in Supermarkets of Manado city,” vol. 4, no. 1, 2015.
- [8] M. T. Madigan, T. D. Brock, K. S. Bender, D. H. Buckley, W. M. Sattley, and D. A. Stahl, *Brock biology of microorganisms*, Fifteenth edition. Boston: Pearson, 2018.
- [9] J. K. Fredrickson, D. L. Balkwill, M. F. Romine, and T. Shi, “Ecology, physiology, and phylogeny of deep subsurface Sphingomonas sp,” *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 23, no. 4–5, pp. 273–283, Oct. 1999, doi: 10.1038/sj.jim.2900741.
- [10] J. Silalahi, S. M. Sinaga, N. Ginting, and F. Rahman, “Education on the impact of reverse osmosis (ro) drinking water toward health in village pb Selayang II Medan,” *ABDIMAS TALENTA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 773–779, Dec. 2019, doi: 10.32734/abdimastalenta.v4i2.4232.
- [11] S. Grbavčić *et al.*, “Production of lipase and protease from an indigenous Pseudomonas aeruginosa strain and their evaluation as detergent additives: Compatibility study with detergent ingredients and washing performance,” *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 24, pp. 11226–11233, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.biortech.2011.09.076.
- [12] O. Atilola, R. Gyawali, S. Aljaloud, and S. Ibrahim, “Use of Phytone Peptone to Optimize Growth and Cell Density of Lactobacillus reuteri,” *Foods*, vol. 4, no. 3, pp. 318–327, Aug. 2015, doi: 10.3390/foods4030318.
- [13] E. Sh. Awad, T. M. Sabirova, N. A. Tretyakova, Q. F. Alsahy, A. Figoli, and I. K. Salih, “A Mini-Review of Enhancing Ultrafiltration Membranes (UF) for Wastewater Treatment: Performance and Stability,” *ChemEngineering*, vol. 5, no. 3, p. 34, Jul. 2021, doi: 10.3390/chemengineering5030034.
- [14] N. I. Said, “UJI KINERJA PENGOLAHAN AIR SIAP MINUM DENGAN PROSES BIOFILTRASI, ULTRAFILTRASI DAN REVERSE OSMOSIS (RO) DENGAN AIR BAKU AIR SUNGAI,” *J. Air Indones.*, vol. 5, no. 2, Feb. 2018, doi: 10.29122/jai.v5i2.2444.
- [15] D. Zhang, L. Ren, Y. Zhang, N. Xue, K. Yang, and M. Zhong, “Antibacterial activity against Porphyromonas gingivalis and biological characteristics of antibacterial stainless steel,” *Colloids Surf. B Biointerfaces*, vol. 105, pp. 51–57, May 2013, doi: 10.1016/j.colsurfb.2012.12.025.