

DEMINERAL AIR SUMUR DENGAN PROSES REVERSE OSMOSIS UNTUK AIR UMPAN BOILER

Rachmad Hermawan^{1)*}, Syarifatul Qomariyah²⁾, Retno Dewati³⁾.

¹⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, email: rachmadhrmwn@gmail.com

²⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, email: fauzulam@gmail.com

³⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, email: dewati.r@gmail.com

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60249 Telepon (031) 8782179,
Faks (031) 8782257

* Penulis Korespondensi: Email: rachmadhrmwn@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi listrik dan panas dalam proses industri pada umumnya dipenuhi dengan memanfaatkan uap yang dihasilkan oleh suatu boiler. Mineral yang terkandung dalam air umpan boiler dapat merugikan sistem kerja boiler dalam menghasilkan uap. Beberapa permasalahan yang sering timbul pada boiler karena adanya mineral yaitu terbentuknya kerak (scale), terjadinya korosi, dan pembentukan busa (foaming). Proses demineral pada air umpan boiler sangat penting untuk mencegah permasalahan-permasalahan tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan proses demineral air sumur untuk air umpan boiler dengan metode reverse osmosis. Adapun metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan melewati air sumur pada serangkaian alat reverse osmosis yang terdiri dari PP 5 micron, carbon block filter, coconut carbon granule filter, manganese filter, dan membrane reverse osmosis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa air sumur dapat dijadikan air demineral dengan proses reverse osmosis yang telah memenuhi standar persyaratan air umpan boiler pada tekanan tinggi dan kinerja optimum rangkaian alat reverse osmosis diperoleh pada waktu 50 menit dan tekanan 40 Psi dengan prosentase penyisihan kadar TDS sebesar 96.7568%, TSS 98.4375%, silika 100%, dan alkalinitas 93.3396%.

Kata kunci: demineral; membran; reverse osmosis.

DEMINERAL WELL WATER WITH OSMOSIS REVERSE PROCESS FOR BOILER FEED WATER

Abstract

Electrical energy and heat energy in industrial processes are generally obtained by steam by boiler products. Boiler feed water containing minerals can interfere with the boiler's working system in producing steam. The problem that often occurs in boilers because minerals are form scale, form corrosion, and form foam. The demineralization boiler feed water process is very important to avoid this problem. The purpose of this study is the demineralization of groundwater for boiler feed water by the reverse osmosis method. The research method is to pass ground water in a reverse osmosis series consisting of 5 microns PP, carbon block filter, coconut carbon granule filter, manganese filter, and reverse osmosis membrane. The results of this study indicate that ground water can be used as demineralized water with a reverse osmosis process and suitable with the requirements of boiler feed water at high pressure operation, the optimum performance of the system is obtained at 50 minutes and a pressure of 40 Psi by effectiveness for TDS 96.7568%, TSS 98.4375%, silica 100%, and alkalinity 93.3396%.

Key words: demineralized; membrane; reverse osmosis.

PENDAHULUAN

Air bersih dibutuhkan untuk berbagai macam sector, salah satunya dalam sector industri. Kebutuhan energi dan pemanasan di industri umumnya dipenuhi dengan cara memanfaatkan uap yang dibangkitkan pada suatu ketel (boiler) (Maulana, Widodo and Haryani, 2010). Boiler merupakan suatu alat untuk menghasilkan steam (uap) yang berbentuk bejana tertutup biasanya terbuat dari baja. Boiler yang berisi air dipanaskan dengan bahan bakar sehingga menghasilkan steam. Adapun proses pembuatan steam sendiri yaitu air di dalam boiler dipanaskan menggunakan bahan bakar ataupun sumber panas lainnya sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas ke dalam air yang mengakibatkan temperature air meningkat, kemudian berubah wujud menjadi uap. Selanjutnya, uap yang dihasilkan dari boiler ini digunakan untuk berbagai proses dalam kegiatan industri, seperti untuk penggerak, pemanas, dan lain-lain (Sugiharto and Agus, 2016). Persyaratan yang harus dipenuhi sebagai air umpan boiler sangat ketat, antara lain tidak korosif, tidak menyebabkan pembentukan kerak, dan tidak menyebabkan pembentukan buih (Maulana, Widodo and Haryani, 2010).

Air sumur memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibanding sumber air lainnya karena mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi tinggi (Munfiah and Setiani, 2015). Air yang memiliki kandungan mineral memiliki pengaruh terhadap proses industri kimia. Pengaruh mineral pada proses industri kimia cukup kompleks. Salah satu pengaruh mineral yaitu dapat menyebabkan kerak pada proses pemanasan seperti boiler dan heat exchanger, sampai turunnya yield dan selektivitas pada proses reaksi, dan masih banyak lagi pengaruh lainnya (Desmiarti, 2017). Suatu boiler yang dioperasikan tanpa kondisi air yang baik, cepat atau lambat akan menimbulkan masalah-masalah yang berkaitan dengan kinerja dan kualitas dari sistem pembangkit uap seperti pembentukan kerak, peristiwa korosi, pembentukan deposit, terbawanya uap (steam carryover) (Fatimura, 2015).

Demineral adalah proses untuk mengurangi atau menghilangkan semua

kandungan mineral – mineral yang ada di dalam air. Demineral sering digunakan dalam proses pengolahan air di berbagai industri atau sektor pelayanan publik dengan cara atau teknik yang berbeda – beda. Pada umumnya demineral di pabrik digunakan untuk pengolahan air umpan boiler, air backwash, bahan baku penolong pada industri minuman atau makanan, dan lain – lain (Nugroho and Purwoto, 2013). Sistem demineral air skala industri yang biasa digunakan yaitu reverse osmosis. Prinsip kerja reverse osmosis yaitu mengalirkan air dari daerah berkonsentrasi rendah ke daerah berkonsentrasi tinggi menggunakan membrane semipermeables (Gunung, Nengah and Antara, 2012). Reverse osmosis adalah proses pemisahan dengan membran berdasarkan gaya dorong tekanan. Keunggulan lain dari reverse osmosis ini yaitu tidak membutuhkan zat kimia, dapat dioperasikan pada suhu kamar, dan adanya penghalang absolut terhadap aliran kontaminan, yaitu membran itu sendiri. Selain itu, ukuran penyaringannya yang mendekati pikometer, juga mampu memisahkan virus dan bakteri. Teknologi reverse osmosis cocok digunakan dalam pemurnian air minum dan air buangan. Di bidang industri, teknologi Reverse osmosis dapat digunakan untuk memurnikan air umpan boiler (Redjeki, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan proses demineral air sumur untuk air umpan boiler dengan metode reverse osmosis.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air sumur yang bersumber dari kelurahan Gunung Anyar Surabaya.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat reverse osmosis yang tersusun dari PP-5 micron filter, Carbon Block filter, Coconut Carbon Granule filter, Manganese Filter dan Membran Reverse Osmosis yang dihubungkan dengan indikator control tekanan. Kemudian peralatan yang

lain yang dibutuhkan yaitu gelas ukur, corong, stopwatch, dan selang.

Prosedur

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Proses demineral air sumur diawali dengan proses persiapan bahan baku yang dilakukan dengan cara menyaring air sumur yang telah didapatkan dari partikel besar yang mengapung atau kotoran yang terlihat secara fisik sehingga didapatkan air sumur yang lebih bersih. Selanjutnya air yang siap diproses lebih lanjut ini ditampung dalam tangki penampung air untuk dijadikan sebagai air umpan untuk proses penghilngan mineral pada seerangkaian alat reverse osmosis.

b. Tahap Demineral

Tahap demineral diawali dengan menghidupkan pompa. Pompa yang digunakan dalam proses ini adalah jenis pompa hisap. Agar air sumur yang tertampung dalam tangki penampung dapat mengalir melewati rangkaian alat maka ujung selang harus diinjeksikan dengan air terlebih dahulu agar sampai pompa bisa menghisap air yang ada dalam tangki penampung air. Apabila air umpan telah terhisap, atur tekanan pompa sesuai dengan variable yang telah ditentukan.

Proses demineral akan menghasilkan dua aliran yaitu air rejeksi dan permeat. Aliran permeat ditampung selama waktu tertentu sesuai dengan variable yang telah ditentukan, lalu ukur volume permeat yang tertampung. Ambil sampel permeat untuk dianalisa kadar TDS, TSS, silika, dan alkalinitasnya. Air rejeksi ditampung selama waktu tertentu sesuai dengan variable yang telah ditentukan, ukur volume air rejeksi yang tertampung. Buang air rejeksi setelah diukur volumenya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku air sumur yang digunakan dalam penelitian ini sebelum melalui proses demineral dianalisa terlebih dahulu. Hasil uji menunjukkan air sumur memiliki kadar TDS sebesar 370 mg/l, TSS sebesar 64 mg/l, silika sebesar 34.3 mg/l, dan alkalinitas sebesar 149.99 mg/l. Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa kandungan kadar TDS, TSS, silika, maupun alkalinitas belum memenuhi standart air umpan boiler.

Standar Mutu yang ditetapkan untuk TDS air umpan boiler sebesar 100 mg/l, silica 5 mg/l, dan alkalinitas 20 mg/l (Rahayu, Amri and Harmawan, 2019). Sedangkan standar mutu TSS untuk boiler dengan tekanan operasi >700 psig sebesar 0.5 mg/l, tekanan operasi 150-700 psig sebesar 5 mg/l, dan tekanan operasi <150 mg/l sebesar 10 mg/l (US EPA, 1992).

Penelitian ini menggunakan variasi tekanan 20, 25, 30, 35, dan 40 Psi dengan waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Produk air sumur yang telah melalui proses demineral dievaluasi tentang pengaruh tekanan dan waktu operasi alat terhadap tingkat penurunan konsentrasi produk sehingga diperoleh data – data yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Prosentase Kadar TDS (%) Pada Berbagai Tekanan Operasi

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)		
	20	25	30
20	94.8649 %	95.6757 %	95.9459 %
30	94.8649 %	95.9459 %	96.2162 %
40	95.6757 %	95.9459 %	96.2162 %
50	95.9459 %	96.4865 %	96.4865 %
60	95.9459 %	96.4865 %	96.4865 %

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)	
	35	40
20	96.2162%	96.2162 %
30	96.2162%	96.4865 %
40	96.4865%	96.4865 %
50	96.4865%	96.7568 %
60	96.4865%	96.7568 %

Prosentase penyisihan merupakan kemampuan membran untuk menahan atau melewatkan suatu spesi tertentu. Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel 1 tentang Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Prosentase Penyisihan Kadar TDS Pada Berbagai Tekanan operasi, menunjukkan bahwa prosentase penyisihan kadar TDS sebesar 94.8649% yang terjadi pada tekanan 20 Psi pada waktu 20 menit sampai dengan 96.7568 % yaitu pada tekanan 40 Psi saat waktu 50 menit. Hal ini menunjukkan bahwa CTO carbon block, manganese filter, dan membran reverse osmosis yang terdapat

pada rangkaian menjadi 12 mg/l hingga 19 mg/l.

Tabel 2. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Penyisihan Kadar TSS (%) Pada Berbagai Tekanan Operasi

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)		
	20	25	30
20	84.375 %	84.375 %	85.9375 %
30	84.375 %	84.375 %	90.625 %
40	90.625 %	92.1875 %	96.875 %
50	93.75 %	96.875 %	98.4375 %
60	96.875 %	98.4375 %	98.4375 %

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)	
	35	40
20	87.5 %	98.4375 %
30	95.3125 %	98.4375 %
40	96.875 %	98.4375 %
50	98.4375 %	98.4375 %
60	98.4375 %	98.4375 %

Selain itu media PP 5 micron dan granular active carbon pada rangkaian alat ini telah mampu menurunkan kadar TSS air seperti yang ditunjukkan pada pada tabel 2 . Penelitian ini menunjukkan bahwa rangkaian alat ini mampu menurunkan kadar TSS dari kadar 64 mg/l menjadi 10 mg/l pada tekanan 20 Psi dan 25 Psi pada waktu 20 menit dengan prosentase penyisihan sebesar 84.375% dan alat ini dapat bekerja secara optimal karena menghasilkan produk yang memiliki kadar TSS hingga 1 mg/L dengan prosentase penyisihan sampai 98.4375%.

Tabel 3. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Penyisihan Kadar Silica (%) Pada Berbagai Tekanan Operasi

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)		
	20	25	30
20	94.3732 %	95.8601 %	97.5802 %
30	94.5481 %	97.3761 %	99.6793 %
40	96.6764 %	97.7551 %	99.8251 %
50	96.8805 %	98.0758 %	100 %
60	97.3178 %	99.7376 %	100 %

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)	
	35	40
20	99.1837 %	99.1837 %
30	100 %	100 %
40	100 %	100 %
50	100 %	100 %
60	100 %	100 %

Selanjutnya untuk penurunan kadar silika seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 menunjukkan bahwa kinerja membran reverse osmosis dalam menurunkan kadar silika menunjukkan hasil yang sangat baik karena mampu menurunkan kadar silika dari kadar 34 mg/l menjadi 1.93 mg/l dengan prosentase penyisihan sebesar 94.3732% pada waktu 20 menit dan tekanan operasi 20 Psi. Sementara itu alat ini dapat dikatakan bagus karena dari hasil pengujian kadar silika dapat mencapai kadar 0 mg/l dengan prosentase penyisihan 100 % yang terjadi mulai tekanan 30 Psi pada waktu 50 menit.

Tabel 4. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Penyisihan Kadar Alkalinitas (%) Pada Berbagai Tekanan Operasi

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)		
	20	25	30
20	86.6791 %	86.6791 %	86.6791 %
30	86.6791 %	86.6791 %	86.6791 %
40	86.6791 %	86.6791 %	86.6791 %
50	86.6791 %	86.6791 %	86.6791 %
60	86.6791 %	86.6791 %	93.3396 %

Waktu (Menit)	Tekanan (Psi)	
	35	40
20	86.6791 %	86.6791 %
30	86.6791 %	86.6791 %
40	86.6791 %	86.6791 %
50	93.3396 %	93.3396 %
60	93.3396 %	93.3396 %

Berdasarkan tabel 4 secara garis besar kinerja rangkaian alat membran reverse osmosis dalam menurunkan alkalinitas dapat dilakukan pada 86.6791% dengan kadar alkalinitas dari 149.99 mg/l turun menjadi 19.98 mg/l. Kinerja alat ini dapat meningkat menjadi 93.3396% pada pada waktu 50 dan 60 menit pada tekanan 35 dan 40 Psi serta pada variable 30 Psi pada waktu 60 menit dengan kadar alkalinitas 9.99 mg/l. Berdasarkan uraian ini menunjukkan bahwa selektivitas rangkaian alat reverse osmosis yang sangat tinggi ini disebabkan karena kondisi membran yang masih baru sehingga memiliki kinerja yang masih bagus dan kualitas air yang dihasilkan meningkat.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan kadar TDS, TSS, silika, dan alkalinitas akan semakin baik seiring dengan lamanya waktu operasi yang dijalankan dan



dengan dinaikkannya tekanan operasi. Hasil penelitian ini juga didukung pernyataan dari Juliardi (Juliardi, 2005) didalam jurnal "Peningkatan Kualitas Air Minum Menggunakan Membran Reverse Osmosis(RO)" yang melaporkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan pada reverse osmosis nilai TDS, yang diperoleh akan semakin kecil.

Pada tahap pengoperasian awal kinerja alat dalam menurunkan kandungan TDS, TSS, silika, terutama alkalinitas masih belum begitu optimal, namun ketika waktu operasi yang dijalankan semakin lama kadar TDS, TSS, silika maupun alkalinitas semakin menurun. Menurut Rusdi (Rusdi and Wardalia, 2018) kondisi ini disebabkan karena saat awal pengoperasian masih merupakan tahap penyesuaian dan sesuai dengan pernyataan bahwa membrane yang masih baru memiliki ukuran pori membran yang masih besar membuat zat padatan yang seharusnya menempel dipermukaan membran lolos. Namun seiring dengan berjalannya waktu operasi kondisi alat telah stabil dan air yang telah melewati membran membentuk suatu cake pada permukaan membran, sehingga apabila air yang mengandung zat padat melewati pori membran akan tersangkut oleh cake tersebut dan hanya sedikit zat terlarut yang dapat lolos mengikuti produk. Selain itu semakin lama waktu operasi yang dibutuhkan oleh air untuk melewati rangkaian alat reverse osmosis menyebabkan waktu kontak dengan media filter akan semakin lama dan produk yang dihasilkan akan semakin baik.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa air sumur dapat dijadikan air demineral dengan proses reverse osmosis yang telah memenuhi standar persyaratan air umpan boiler pada tekanan boiler diat-as 700 Psig. Penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja optimum rangkaian alat reverse osmosis diperoleh pada waktu 50 menit dan tekanan 40 Psi dengan prosen-tase penyisihan kadar TDS menjadi 96.7568%, TSS 98.4375 mg/L, silika 100 %, dan alkalinitas 93.3396%. Semakin lama waktu operasi dan semakin besar tekanan yang diberikan pada rangkaian

alat reverse osmosis kadar TDS, TSS, sili-ca dan alkalinitas produk akan semakin kecil

DAFTAR PUSTAKA

- Desmiarti, R. (2017) 'Kombinasi Proses Filtrasi dan Ion Exchange Secara Kontinu pada Pembuatan Aquadm (Demineralized Water)', *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 4(1), p. 27. doi: 10.26555/chemica.v4i1.6730.
- Fatimura, M. (2015) 'TINJAUAN TEORITIS PERMASALAHAN BOILER FEED WATER PADA PENGOPERASIAN BOILER YANG DIPERGUNAKAN DALAM INDUSTRI', *Jurnal Media*, 12(1).
- Gunung, I. N., Nengah, I. and Antara, L. (2012) 'ANALISIS TERJADINYA BATU KETEL PADA KETEL UAP PIPA AIR DI BALI INA HOTEL - SANUR', *JURNAL LOGIC*, 12(2), pp. 129–134.
- Juliardi, N. R. (2005) 'PENINGKATAN KUALITAS AIR MINUM MENGGUNAKAN MEMBRAN REVERSE OSMOSIS (RO)', *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Surabaya, 2(1).
- Maulana, A. M., Widodo, A. S. and Haryani, I. K. (2010) *Pengolahan Air Produk Reverse Osmosis Sebagai Umpan Boiler Dengan Menggunakan Ion exchange*. Universitas Diponegoro.
- Munfiah, S. and Setiani, O. (2015) 'Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(2), pp. 154–159. doi: 10.14710/jkli.12.2.154-159.
- Nugroho, W. and Purwoto, S. (2013) 'Removal Klorida, TDS, dan Besi pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif', *Jurnal Teknik Waktu*, 11(1), pp. 47–59.
- Rahayu, Amri, Y. and Harmawan, T. (2019) 'Analisis pH dan Kesadahan Total pada Air Umpan Boiler', *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(April), pp. 1–4.
- Redjeki, S. (2011) *Proses Desalinasi Dengan*



-
- Membran, Proses Desalinasi Dengan Membran*. Surabaya: UPN ‘Veteran’ Jawa Timur Press.
- Rusdi, R. and Wardalia, W. (2018) ‘Pembuatan Aquademineralized Dari Limbah Air Ac (Air Conditioner) Dengan Menggunakan Teknologi Reverse Osmosis’, *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 14(2), p. 143. doi: 10.36055/tjst.v14i2.5869.
- Sugiharto and Agus (2016) ‘Tinjauan Teknis pengoperasian dan Pemeliharaan Boiler’, *Forum Teknologi*, 06(2), pp. 56–68.
- US EPA (1992) ‘Manual on guidelines for water reuse’, *Guidelines for water reuse*.