

ANALISIS EFISIENSI PRESSURE EXCHANGER (PX) DI SEA WATER REVERSE OSMOSIS (SWRO) PADA SEA WATER DESALINATION PLANT

M. Denny Surindra

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H. , Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, Semarang 50329
Telp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax. 7472396

Abstrak

Pressure exchanger merupakan alat penukar tekanan dari aliran fluida bertekanan tinggi menjadi aliran fluida bertekanan rendah ataupun sebaliknya. PX digunakan dalam reverse osmosis system yang bertujuan untuk memanfaatkan tekanan dari reject water untuk menambah tekanan sea water sebelum masuk first reverse osmosis. Pada sistem reverse osmosis di PLTU Paiton Unit 9 mempunyai 2 area PX yang setiap areanya terdiri dari 5 buah PX yang disusun secara parallel. Oleh sebab itu perlu mengetahui efisiensi kinerja dari PX dalam menghasilkan fresh water akan menjadi tujuan dari paper ini. Reject water keluar RO dengan tekanan 32,05 bar dengan flow 142,22 m³/h. Sea water masuk PX dengan tekanan 2 bar dengan flow 233,29 m³/h dan keluar PX dengan tekanan 30,57 bar dengan flow 233,78 m³/h. Dari hasil perhitungan pressure exchanger pada PLTU Paiton mempunyai efisiensi sebesar 91,26 %.

Keyword: *Pressure exchanger, PX, Reverse Osmosis, Sea Water, Reject Water.*

Pendahuluan

Reverse osmosis (RO) merupakan proses kebalikan dari osmosis dimana fluida yang memiliki konsentrasi lebih tinggi diberi tekanan agar menjadi fluida yang memiliki konsentrasi lebih rendah. Pada sistem reverse osmosis di Desalination Plant, air laut diberi tekanan dari high pressure pump sehingga melewati membrane reverse osmosis kemudian keluar menjadi air tawar (fresh water). Tetapi pada sistem reverse osmosis ini, fresh water yang keluar hanya sebagian kecil dari sea water yang dimasukkan pada RO sehingga reject water yang dihasilkan masih banyak dan bertekanan tinggi. Untuk memanfaatkan energi dari reject water yang masih bertekanan tinggi maka pada sistem reverse osmosis diberi pressure exchanger/energy recovery.

Pressure exchanger merupakan alat penukar tekanan dari aliran fluida bertekanan tinggi menjadi aliran fluida bertekanan rendah ataupun sebaliknya. Banyak proses industri beroperasi pada tekanan tinggi dan memiliki aliran limbah bertekanan tinggi. Salah satu cara memanfaatkan tekanan tinggi pada limbah tersebut adalah dengan mentransfer air limbah yang bertekanan tinggi menjadi

tekanan rendah menggunakan pressure exchanger sehingga air limbah keluar dengan tekanan rendah. PX digunakan dalam reverse osmosis system yang bertujuan untuk memanfaatkan tekanan dari reject water untuk menambah tekanan sea water sebelum masuk first reverse osmosis, agar membantu menaikkan tekanan menuju membran RO dibantu oleh booster pump untuk menaikkan tekanannya, dengan kata lain untuk meringankan kerja dari HP Pump. Dan menggunakan pressure exchanger tipe PX-S Series dari Energy Recovery.Inc (ERI).

Salah satu jenis yang sangat efisien PX adalah penukar tekanan rotary. Perangkat ini menggunakan rotor silinder dengan saluran memanjang sejajar dengan sumbu rotasi dan pembatas yang disebut seal zone. Rotor berputar di dalam lengan antara dua sampul akhir. Energi tekanan ditransfer langsung dari aliran tekanan tinggi ke tekanan rendah aliran dalam saluran rotor. Beberapa fluida yang tersisa dalam saluran berfungsi sebagai penghalang yang disebut liquid piston untuk menghambat pencampuran antar fluida. Tindakan rotasi ini mirip dengan senapan mesin kuno (revolver) menembakkan peluru tekanan tinggi dan secara terus-menerus diisi

ulang dengan fluida baru. Kinerja *pressure exchanger* dapat diukur dengan membandingkan tekanan masuk PX dan tekanan keluar PX.



Gambar 1. *Pressure Exchanger* Tipe PX-S Series

John and Stuart (2004) menjelaskan bahwa *pressure exchanger* dapat mengurangi biaya dari energi yang tidak terpakai didalam sistem *reverse osmosis* dan hanya membutuhkan sedikit biaya untuk pengoperasian *pressure exchanger* tetapi dapat menghemat \$15.000 per tahun pada *Ocean Reef Desalination Facility*. Potensi penghematan ini diteliti lebih lanjut oleh Timur, et al (2011) yang membandingkan antara penggunaan *pressure exchanger* (PX) dengan *turbine type energy recovery* pada *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) plants. Kedua sistem dibandingkan menurut investasi awal (*first costs*) dan biaya konsumsi energi untuk untuk kapasitas laju aliran airnya 1000 m³/hari dan 10000 m³/day yang hasilnya PX lebih baik daripada sistem menggunakan turbin, walaupun PX membutuhkan biaya lebih besar untuk investasi awal tetapi PX mengkonsumsi energy jauh lebih sedikit daripada sistem yang menggunakan turbin.

Penggunaan PX yang dapat mengurangi konsumsi energy ini menarik Peñate, et al (2010) untuk mempelajari lebih jauh tentang cara kerja *energi recovery devices* (ERDs) dengan merk RO Kinetic[®] yang mempunyai kelebihan mengurangi konsumsi energi, efisiensi maksimum mencapai 98%, mengurangi kerja pompa tekanan tinggi, tidak bising dan vibrasi rendah. Sebelum menggunakan ERDs konsumsi energi mencapai 20 kWh/m³ tetapi setelah

menggunakan ERDs konsumsi energi menjadi 2,20 kWh/m³.

Boris, et al (2013) dalam *paper* yang dipresentasikan dalam *The International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse* di China, membuat rancangan *Pressure Retarded Osmosis* (PRO) dengan 3 opsi, yaitu: air laut dengan air sungai yang bekerja pada tekanan 250 bar dan daya keluar 5-10 watt/m², SWRO dengan air limbah yang bekerja pada tekanan 50 bar dan daya keluar 10-20 watt/m², danau berair asin dengan air sungai yang bekerja pada tekanan 250 bar dan daya keluar 50-100 watt/m². Rancangan system PRO akan digunakan pada sistem RO tersebut mempunyai technology yang berbeda-beda. Kebutuhan technology PRO yang berbeda-beda ini didesripsikan dengan detail oleh Boris et al (2013).

Dari beberapa tinjauan pustaka tersebut, penulis tertarik untuk menganalisis lebih mendalam tentang performance *pressure exchanger* di system *reverse osmosis* yang ada di *desalination plant* pada PLTU Paiton Unit 9. Tujuannya untuk mengetahui efisiensi kinerja dari PX dalam menghasilkan *fresh water*.

Metodologi

Pada sistem *reverse osmosis* di PLTU Paiton Unit 9 mempunyai 2 area PX yang setiap areanya terdiri dari 5 buah PX yang disusun secara parallel, sehingga proses perpindahan tekanan dapat dilakukan semaksimal mungkin. Kedua area PX ini akan bekerja secara bergantian kalau salah satu beroperasi, maka area PX yang lain akan *standby*. Saat pengoperasian PX ini akan mengalir dengan tekanan tinggi sehingga menghasilkan suara yang bising.

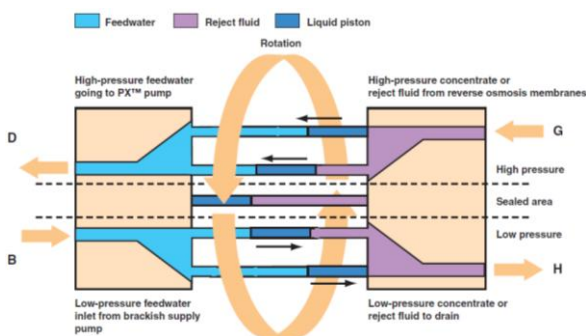


Gambar 2. *Pressure Exchanger* PLTU Paiton Unit 9

Spesifikasi *pressure exchanger*:

- Manufacturer: ERI (Energy Recovery, Inc)
- Flowrate: 234 m³/jam
- Maximum high pressure (HP IN / HP out): 82,7 bar
- Maximum sea water inlet pressure (LP IN): 10,3 bar

Dalam diagram alir RO, memperlihatkan posisi letak dari PX. PX ini bekerja dengan memanfaatkan energi yang tidak terpakai pada *reverse osmosis system*. Energi yang tidak terpakai tersebut berupa *reject water* yang masih mempunyai tekanan yang besar sehingga dapat dimanfaatkan untuk memberi tekanan pada air laut/sea water yang masuk.. Dengan dibantu *booster pump*, sea water dengan tekanan tinggi yang masuk ke dalam *membrane reverse osmosis* akan mendorong sea water dan menghasilkan *fresh water*. Dengan energi yang dapat dimanfaatkan tersebut maka akan menghemat biaya pada proses di *water treatment plant*.



Gambar 3. Prinsip Kerja Pressure Exchanger

Sedangkan untuk mekanisme PX sendiri seperti terlihat dalam Gambar 4 dimana *High Pressure Reject Fluid* masuk kedalam sistem PX begitu juga dengan *Low Pressure Feedwater* masuk kedalam PX dimana bagian *High Pressure* dan *Low Pressure* dibatasi oleh *Seal Zone*. *Reject fluid* (G) yang bertekanan tinggi mendorong *liquid piston* sehingga *feedwater* yang terdorong keluar dengan tekanan tinggi (D) dan rotor berputar *reject fluid* berada di area *low pressure* dan terdorong keluar dengan tekanan rendah (H) oleh *feedwater* (B). *Feedwater* dengan tekanan tinggi (H) menuju *booster pump*

yang selanjutnya masuk kedalam *reverse osmosis system*. Pertukaran tekanan terus menerus terjadi dengan *flow* 234 m³/jam sampai sistem dihentikan. Proses pertukaran tekanan terjadi dengan sangat cepat sehingga akan menyebabkan suara sangat bising pada PX.

Performance PX diukur dengan menghitung efisiensi pada proses transfer energy dan derajat bercampurnya antara aliran. Energi aliran adalah hasil dari rata-rata aliran dan tekanan. Dengan demikian efisiensi adalah fungsi dari perbedaan tekanan dan kehilangan volumetric/kebocoran yang melalui peralatan, sehingga dapat dihitung dengan persamaan berikut: (Peñate, 2010)

$$\eta = \frac{\text{energy out}}{\text{energy in}} = \frac{(Q_r - L) \times (P_r - HDP) - (Q_h - L) \times (P_h - LDP)}{Q_r \times P_r - Q_h \times P_h} \times 100\%$$

Dimana:

L = Leakage

P_G = Tekanan air reject masuk PX (bar)

Q_G = Laju aliran air bertekanan tinggi (m³/h)

HDP= Selisih tekanan dari air bertekanan tinggi (bar)

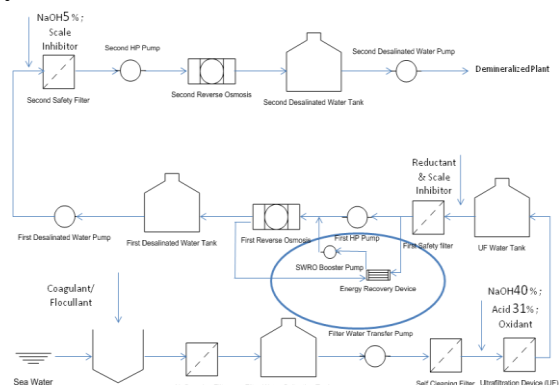
Q_B = Laju aliran air laut bertekanan rendah (m³/h)

P_B = Tekanan air laut masuk PX (bar)

LDP= Selisih tekanan dari air bertekanan rendah (bar)

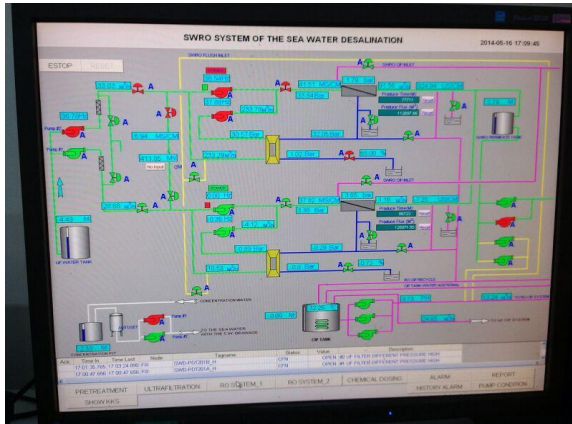
Hasil dan Pembahasan

PX beroperasi di dalam bagian *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) yang ada di *system Sea Water Desalination*.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Reverse Osmosis (RO)

Saat beroperasi PX dikendalikan dari local control yang dapat dimonitor di *Central Control Room* (CCR). Diruangan CCR, melalui *Distribute Control System* (DCS), PX beroperasi menghasilkan *fresh water*.



Gambar 5. Sistem SWRO di DCS

Pada Gambar 5 adalah monitor DCS yang mengamati sistem PX pada SWRO di System PLTU Paiton Unit 9. Dari tampilan DCS tersebut dapat diambil data dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data Operasi SWRO System 16-05-2014 17:09:45

Data Operasi SWRO System 16-05-2014 17:09:45			
No.	Item	Satuan	Nilai
1	Flow air keluar pompa#2	M ³ /h	33,03
2	Tekanan air masuk membran RO	Bar	33,84
3	Konduktifitas air masuk membran RO	MS/CM	41,51
4	Tekanan air keluar membran RO	Bar	1,79
5	Flow air keluar membran RO	M ³ /h	91,56
6	Konduktifitas air keluar membran RO	MS/CM	924,64
7	Tekanan air reject masuk PX	Bar	32,05
8	Tekanan air reject keluar PX	Bar	1,02
9	Flow air laut masuk PX	M ³ /h	233,29
10	Tekanan air laut masuk PX	Bar	2
11	Tekanan air laut keluar PX	Bar	30,57
12	Flow air keluar PX Pump	M ³ /h	233,78
13	Ketinggian tangki UF	M	4,43
14	Ketinggian tangki SWRO	M	3,79

Dapat dilihat bahwa *sea water* yang masuk kedalam *membrane RO* mempunyai tekanan 33,84 bar dengan konduktifitas 41,51

MS/CM sehingga *fresh water* keluar dengan tekanan 1,79 bar dengan *flow* 91,56 m³/h dengan konduktifitas 924,64 MS/CM dan *reject water* keluar RO dengan tekanan 32,05 bar dengan *flow* 142,22 m³/h. *Sea water* masuk PX dengan tekanan 2 bar dengan *flow* 233,29 m³/h dan keluar PX dengan tekanan 30,57 bar dengan *flow* 233,78 m³/h. Dengan *pressure exchanger* tekanan masuk *sea water* dari 2 bar menjadi 30,57 bar dengan masukan *reject water* yang bertekanan 32,05 bar menjadi 1,02 bar. Dari hasil perhitungan *pressure exchanger* pada PLTU Paiton mempunyai efisiensi sebesar 91,26 %.

Kesimpulan

Setelah melakukan pengamatan dan analisis proses beroperasinya PX, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Pressure Exchanger* pada system *reverse osmosis* digunakan untuk memanfaatkan energy pada *reject water* yang masih memiliki tekanan tinggi sehingga untuk meningkatkan tekanan pada *sea water*.
2. *Pressure Exchanger* pada system *reverse osmosis* di PLTU Paiton Unit 9 mempunyai efisiensi sebesar 91,26 %.

Daftar Pustaka

- Timur, R.S., Corum, A., Okten, H.E., Coban, A., Demir, G., Bozbura, T., 2011, Comparative Cost Analysis of Pressure Exchanger (PX) and Turbine Type Energy Recovery Devices at Seawater Reverse Osmosis (SWRO) Plants, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 12, No 3, pp 1186-1194.
- John P. Machang, Stuart A. McClellan, 2004, Pressure Exchanger Helps Reduce Energy Cost in Brackish Water RO System, *Journal AWWA* November, pp 44-47.
- Boris Liberman, Gal Greenberg, Vitaly Levitin, Tal OZ-Ari, Udin Tirosh, 2013, Three Pressure Retarded Osmosis (PRO) Processes, The International Desalination Association World Congress on Desalination and Water

Reuse, IDAWC/TIAN13-422, Tianjin
China.

- Peñate, B., De La Fuente, J.A., Barreto, M.,
2010, Operation of RO Kinetic[®] Energy
Recovery System: Description and Real
Experiences, *Desalination* 252, pp 179-
185.