

## STUDI BANDING SISTEM DEMINERALISASI AIR PADA PLTN OPR 1000 DAN AP 1000

Dedy Priambodo, Siti Alimah, Erlan Dewita

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) - BATAN  
Jalan Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710  
Telp/ Fax : (021) 5204243, Email: [dedypriambodo@gmail.com](mailto:dedypriambodo@gmail.com)

Masuk: 9 September 2009

Direvisi: 29 September 2009

Diterima: 30 Oktober 2009

### ABSTRAK

**STUDI BANDING SISTEM DEMINERALISASI AIR PADA PLTN OPR 1000 DAN AP 1000.** Sistem demineralisasi air pada OPR 1000 mengadopsi metode berbasis resin penukar ion sedangkan AP 1000 berbasis membran Reverse Osmosis (RO) -Elektrodeionisasi (EDI). Penukar ion adalah proses kimia reversible (dapat balik) antara cairan dan padatan. Penukar ion menggunakan resin sebagai penangkap ion-ion pengotor yang kemudian diregenerasi setelah resin menjadi jenuh. RO adalah metode yang menggunakan tekanan untuk melewati larutan melalui membran, dan menangkap solute dari satu sisi dan mendapatkan solvent murni di sisi lain. Sedangkan EDI merupakan perpaduan antara elektrodialisis dengan penukar ion. Ion ditangkap oleh resin kemudian dibuang dengan memanfaatkan beda potensial listrik. Karena adanya fenomena water splitting pada EDI membuat resin yang ada tidak pernah jenuh, sehingga RO-EDI menjadi sistem demineralisasi yang sedikit menggunakan bahan kimia, instalasi lebih sederhana, mampu menjaga kualitas pasokan produk air demin dan ramah lingkungan. Dengan demikian di banding dengan penukar ion, RO-EDI lebih unggul sebagai sistem air demineralisasi.

**Kata kunci:** demineralisasi air, OPR 1000, AP 1000, penukar ion, reverse osmosis, elektrodeionisasi.

### ABSTRACT

**COMPARISON STUDY OF WATER DEMINERALIZATION SYSTEM FOR THE OPR 1000 AND AP 1000 NUCLEAR POWER PLANT.** OPR 1000 adopts demineralization method based on ion exchanger resin and AP 1000 adopt the method that based on Reverse Osmosis (RO)-Electrodeionization (EDI). The Ion exchange process is a reversible chemical reaction of a solution and an insoluble solid. Ion exchanger use resin as polluter ions capture and will be regenerated after its saturated. RO is method using pressure to force a solution through a membrane, retaining the solute on one side and allowing the pure solvent to pass to the other side. Whereas, EDI is a combination of ion exchange and electro dialysis. The ions is taken by ion exchange resin, and then it is discharged utilizing electric potential difference. Due to water splitting phenomena in EDI, make resin will never be saturated, so the RO-EDI process is water demineralization system that use little chemical, more simple installation, capable to maintain demin water product quality and environmental friendly. Thereby, The RO-EDI water demineralization system is more advance then ion exchange technology.

**Keywords:** water demineralization, OPR 1000, AP 1000, ion exchanger, reverse osmosis, electrodeionization

## 1. PENDAHULUAN

OPR 1000 dan AP 1000 adalah pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) jenis PWR (*Pressurized Water Reactor*), yang menggunakan air ringan bertekanan sebagai pendingin. Prinsip kerja PLTN adalah panas hasil reaksi fisi berantai yang terjadi di teras reaktor diambil oleh air pada sistem sirkulasi primer dengan menggunakan pompa pendingin reaktor. Air sirkulasi primer mempunyai suhu keluar bejana reaktor sekitar 329 °C dan suhu masuk sekitar 299 °C<sup>[1,2]</sup>. Tekanan dipertahankan sekitar 160 atm oleh *pressurizer*, sehingga air tidak mendidih meskipun suhunya tinggi. Pembangkit uap berfungsi sebagai tempat pertukaran panas antara air di sistem sirkulasi primer yang bersuhu tinggi dengan air di sistem sirkulasi sekunder. Karena adanya pertukaran panas, maka akan mengakibatkan naiknya suhu air di sistem sirkulasi sekunder sehingga mendidih dan berubah menjadi uap. Uap yang terjadi digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator sehingga dihasilkan energi listrik.

Berdasar prinsip kerja PLTN PWR, air dipandang sebagai komponen penting dalam pengoperasian PLTN. Air dalam sirkulasi pendingin primer berfungsi sebagai pendingin reaktor sekaligus media pembawa panas hasil reaksi fisi menuju pembangkit uap. Sedangkan air dalam sirkulasi sekunder berfungsi sebagai umpan pembangkit uap, yang kemudian berubah menjadi uap. Selain itu air juga digunakan sebagai pendingin pada beberapa komponen lain dalam PLTN. Sebelum digunakan, air harus memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk masing-masing penggunaan. Sebagai pendingin reaktor dan umpan pembangkit uap, air harus diolah sehingga kandungan ion-ion yang tidak dikehendaki dapat dihilangkan. Salah satu sistem pengolahan tersebut adalah menggunakan proses demineralisasi.

Demineralisasi air pada semua PLTN mempunyai tujuan yang sama yaitu menghilangkan kandungan ion dalam air yang dapat mengakibatkan kerak dan korosi dalam sistem. Namun demikian, tiap-tiap PLTN mempunyai model sistem demineralisasi yang berbeda. Metode demineralisasi air dapat dilakukan dengan menggunakan membran secara *reverse osmosis* (RO) dan elektrolisis, elektrodeionisasi (EDI), maupun *ion exchange*. Metode yang lain yaitu dengan menggunakan metode kombinasi seperti RO-penukar ion dan RO-EDI. Pada makalah ini akan dibahas perbandingan sistem demineralisasi air pada PLTN AP 1000 dan OPR 1000, yang masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan melalui studi literatur dan analisa. PLTN AP 1000 menggunakan sistem demineralisasi perpaduan metode RO-EDI<sup>[1]</sup>, sedangkan OPR 1000 menggunakan metode pertukaran ion (*ion exchange*)<sup>[2]</sup>. Tujuan dari studi ini adalah untuk memahami prinsip kerja serta membandingkan teknologi demineralisasi yang digunakan pada PLTN OPR 1000 dan AP 1000. Hasil studi diharapkan menjadi bahan masukan untuk mengetahui teknologi mana yang lebih unggul sehingga dapat dijadikan salah satu pertimbangan dalam pemilihan sistem demineralisasi air yang layak digunakan untuk PLTN di Indonesia.

## 2. SISTEM DEMINERALISASI AIR PADA PLTN OPR 1000 DAN AP 1000

Sistem demineralisasi air pada PLTN AP 1000 dan OPR 1000 mempunyai peran penting untuk pasokan air tak bermineral di sistem pendingin utama, sistem pendingin sekunder dan sistem lain yang memerlukan air tak bermineral selama *start up*, *shut down* dan operasi normal pembangkit. Air umpan untuk sistem demineralisasi diperoleh dari sistem air baku (*raw water system*) dan diproses untuk menghilangkan pengotor-pengotor ionik, sehingga diperoleh air demineralisasi sesuai dengan karakteristik yang diinginkan, seperti terlihat dalam Tabel 1.

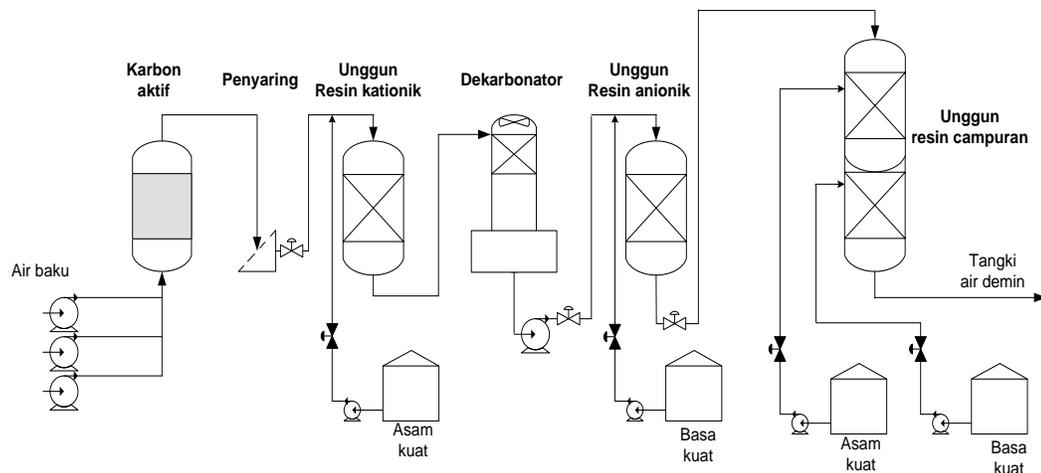
## 2.1. Sistem Demineralisasi Air Pada PLTN OPR 1000

Sistem demineralisasi yang diadopsi OPR 1000 adalah sistem resin penukar ion. Tahapan dalam sistem ini adalah unit filter karbon aktif, penukar kation asam kuat, dekarbonator, penukar anion basa kuat, dan unggun resin campuran (*mixed bed ion exchanger*). Sistem ini dilengkapi dengan subsistem pendukung yaitu subsistem regenerasi resin penukar ion.

Tabel 1. Karakteristik air demineralisasi<sup>[1]</sup>

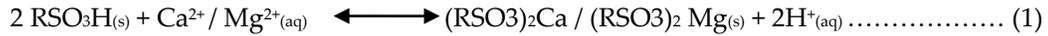
Kriteria air demineralisasi	
Parameter	Nilai
Konduktivitas spesifik, $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\leq 0,1$
Silica aktif, ppb	$\leq 10$
Total silica, ppb	$\leq 50$
Padatan terlarut, ppb	$\leq 50$
Alumunium, ppb	$\leq 20$
Calcium, ppb	$\leq 5$
Magnesium, ppb	$\leq 5$
Klorin, ppb	$\leq 1$
Sulfat, ppb	$\leq 1$
Total karbon organik, ppb	$\leq 100$

Subsistem regenerasi terdiri dari sebuah tangki penyimpanan asam, dua pompa umpan asam, tangki penyimpanan sementara asam, dua pompa pengukur meteran asam, tangki penyimpanan air panas kaustik, sebuah tangki penyimpanan basa, dua buah pompa umpan basa, sebuah tangki harian basa, dua buah pompa pengukur meteran basa dan dua pompa air regenerasi<sup>[2]</sup>. Gambar 1 memperlihatkan skema sistem demineralisasi pada OPR 1000.

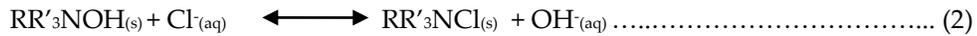


Gambar 1. Skema Sistem Demineralisasi OPR 1000

Pada sistem demineralisasi OPR-1000 digunakan tiga buah pompa air baku tipe horisontal dan sentrifugal dengan kapasitas 50%. Pompa tersebut memompa air dari tangki penyimpanan menuju jalur demineralisasi. Air baku kemudian dilewatkan dalam penyaring karbon aktif dengan kapasitas 100% yang berfungsi membuang residu klorin dan kontaminan berupa zat organik. Kemudian air bebas klorin dan kontaminan organik, dialirkan menuju bejana yang berisi unggun resin kationik (penukar ion positif) untuk menghilangkan pengotor mineral terlarut (ion logam bermuatan positif), dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

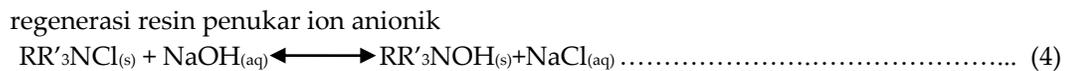
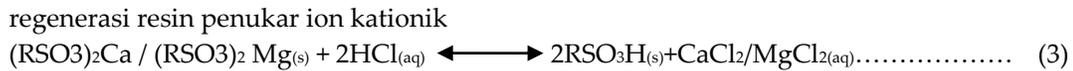


Selanjutnya air diumpankan ke dekarbonator untuk menghilangkan gas CO<sub>2</sub> yang terlarut. Proses berikutnya adalah penghilangan ion negatif dengan bantuan resin penukar anion, dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Proses terakhir bertujuan untuk menyempurnakan penghilangan pengotor-pengotor ion positif dan negatif yang dilakukan dalam bejana berisi unggun resin penukar ion anionik dan resin penukar ion kationik. Sehingga dalam satu bejana terjadi pengambilan dua jenis pengotor ion yang mengikuti mekanisme reaksi (1) dan (2). Produk air demineralisasi selanjutnya disimpan dalam tangki air demin.

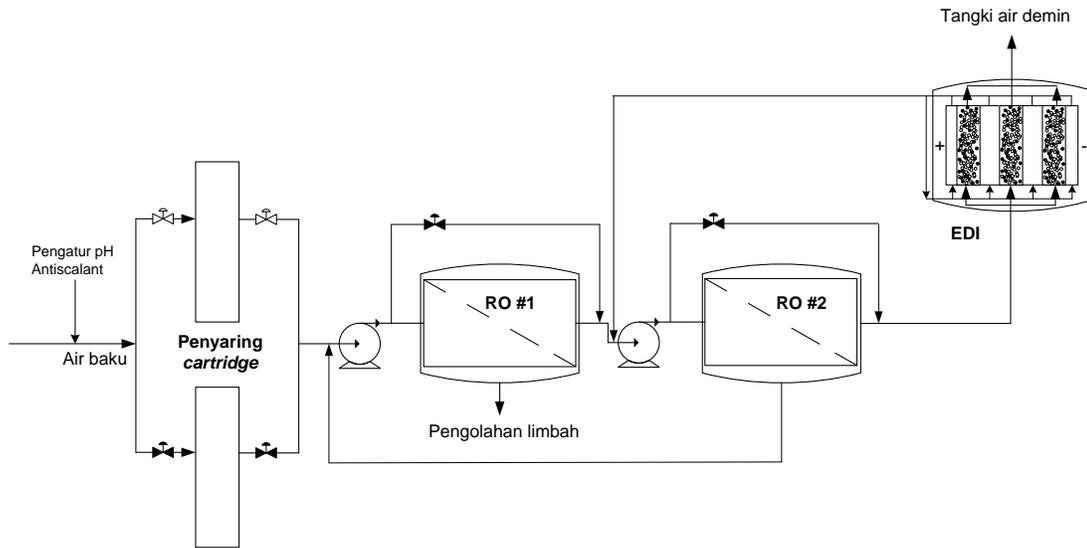
Pada sistem ini tiap bejana unggun resin penukar ion dilengkapi dengan tangki beserta pompa untuk regenerasi resin. Resin penukar ion positif diregenerasi dengan asam kuat sedangkan resin penukar ion negatif diregenerasi dengan basa kuat, yang masing-masing reaksinya adalah sebagai berikut :



Sistem regenerasi ini beroperasi saat resin mengalami kejenuhan, yang ditunjukkan dengan konduktivitas air keluar dari bejana unggun resin lebih dari 0.2 μS/cm

## 2.2. Sistem Demineralisasi Air Pada PLTN AP 1000

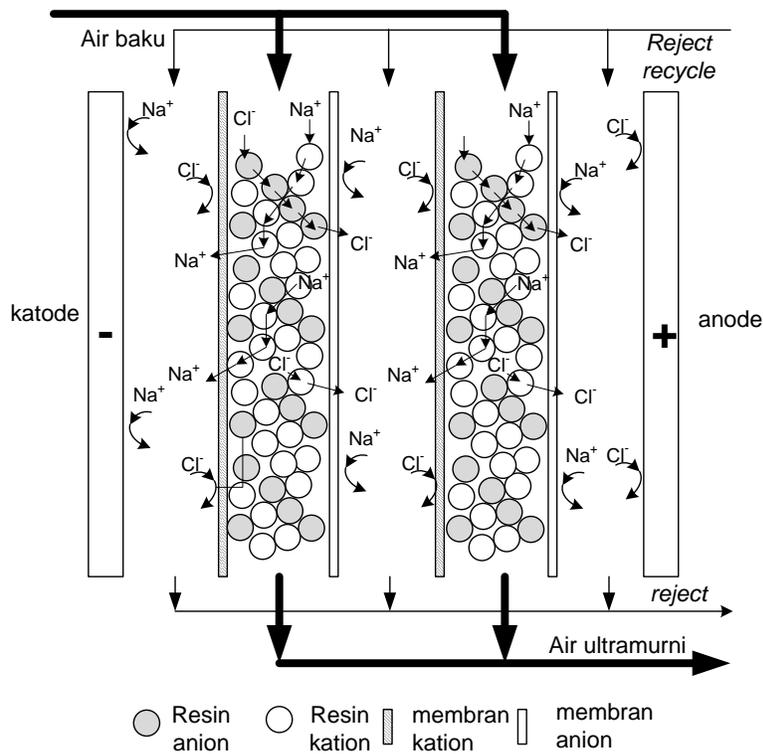
Sistem demineralisasi air pada PLTN AP 1000 terdiri dari tiga tahap proses yaitu pengolahan awal, demineralisasi primer serta demineralisasi sekunder. Dua buah penyaring *cartridge* berkapasitas 100% sebagai pengolahan awal bertujuan untuk menyaring partikel-partikel dalam air baku yang dapat mengakibatkan penyumbatan pada membran RO. Demineralisasi primer terdiri dari dua unit RO disusun seri yang mempunyai kemampuan menghilangkan pengotor ionik sampai 90% dan dilengkapi dengan pompa sentrifugal bertekanan yang beroperasi pada 2–17 bar. Pada tahap berikutnya digunakan elektrodeionisasi sebagai alat demineralisasi sekunder dan penghilang gas CO<sub>2</sub> terlarut<sup>[1]</sup>. Gambar 2 memperlihatkan skema sistem demineralisasi pada PLTN AP 1000.



Gambar 2. Skema Sistem Demineralisasi AP 1000

Aliran *retentat* dari unit RO tahap kedua diumpankan kembali menuju RO tahap pertama bersama-sama dengan air baku untuk meningkatkan efisiensi proses RO. Setelah melalui proses demineralisasi primer di unit RO, produk air/*permeate* selanjutnya menuju proses demineralisasi sekunder di unit elektrodeionisasi (EDI). Unit EDI akan menyempurnakan proses demineralisasi dengan menghilangkan 90% sisa ion-ion pengotor yang masih terbawa dari proses demineralisasi primer. Elektrodeionisasi adalah suatu proses pemisahan komponen ionik berdasarkan pada beda potensial listrik, yang merupakan sinergi antara proses elektrolisis dan pertukaran ion. Unit/sel EDI tersusun dari membran penukar ion (selektif kation dan selektif anion), resin penukar ion (penukar kation dan penukar anion), sepasang elektroda (katoda dan anoda) dengan daya dorong berupa sumber arus listrik searah (DC). Gambar 3 memperlihatkan skema alat EDI.

Air produk kemudian dikirim menuju tangki air demin, sedangkan sekitar 95% konsentrat diumpankan kembali menuju EDI dan sisanya diumpankan kembali melalui pompa menuju RO tahap kedua. Unit EDI juga berfungsi untuk menghilangkan gas  $\text{CO}_2$  yang terlarut dalam air. Sistem demineralisasi dirancang untuk tetap bisa beroperasi dengan satu unit RO saat satu unit lainnya sedang dalam pemeliharaan. Dalam kondisi ini berarti unit EDI akan beroperasi pada beban maksimal penghilangan pengotor ionik.<sup>[1]</sup>



Gambar 3. Skema Alat EDI [3]

### 3. PEMBAHASAN

Sistem demineralisasi air pada PLTN OPR 1000 berbeda dengan AP 1000. Sistem demineralisasi OPR 1000 adalah proses penukar ion, dimana pada sistem tersebut terjadi pertukaran ion-ion secara dapat balik antara cairan dan padatan. Pertukaran ion antar-fasa yang berlangsung pada permukaan padatan tersebut merupakan proses pertukaran yang menyerupai proses penyerapan. Dalam pengolahan air, penukar ion merupakan metode yang umum digunakan dalam pelunakan air, demineralisasi atau pengambilan kembali ion-ion logam yang terdapat di dalam air. Bahan penukar ion merupakan suatu struktur organik/anorganik yang berupa gugus-gugus fungsional berpori. Kapasitas penukar ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan massa resin. Penukar ion positif (resin kation) ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion positif dan penukar ion negatif ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion negatif. Resin kation mempunyai gugus fungsi asam, seperti sulfonat, sementara resin anion mempunyai gugus fungsi basa, seperti Amina. Resin penukar ion dapat digolongkan atas bentuk gugus fungsi asam kuat, asam lemah, basa kuat, dan basa lemah. Resin kation mengandung ion-ion positif yang *mobile*, seperti  $H^+$  atau  $Na^+$  yang terikat pada gugus-gugus fungsional asam yang *immobile*, seperti  $SO_3^-$  atau  $COO^-$ . Sedangkan resin anion dengan basa *immobile*,  $NH_2^+$  yang terikat pada *mobile* anion,  $OH^-$  atau  $Cl^-$ . Dalam proses pertukaran ion apabila elektrolit terjadi kontak langsung dengan resin penukar ion akan terjadi pertukaran secara stokiometri yaitu sejumlah ion yang muatannya sama akan dipertukarkan dengan ion yang muatannya sama pula dengan jumlah yang sebanding. Unit penukar kation-anion dapat memproduksi air demineralisasi dengan kualitas  $< 0.5\mu S/cm$  dan  $< 0.1\mu S/cm$  dengan bantuan

unit penukar ion campuran<sup>[4]</sup>. Karena pertukaran ion yang terjadi secara terus menerus maka resin penukar ion akan mengalami keadaan jenuh, yang mana ion-ion *mobile* pada resin telah habis bertukar dengan ion-ion pengotor pada larutan. Bila keadaan ini terjadi maka resin harus segera diregenerasi untuk menggantikan ion-ion *mobile* yang telah habis. Regenerasi dilakukan dengan mencampur resin yang telah jenuh dengan larutan asam atau basa yang tergantung pada jenis resin. Regenerasi dengan asam digunakan pada resin penukar kation sedangkan basa digunakan pada regenerasi resin penukar anion.

Sedangkan, sistem demineralisasi AP 1000 terdiri dari tiga tahap proses yaitu pengolahan awal, demineralisasi primer yang terdiri dari dua unit RO dan demineralisasi sekunder yang terdiri dari satu unit EDI. RO adalah sebuah proses bila larutan pekat dan pelarut dipisahkan membran semipermeabel dan diberikan tekanan yang cukup besar pada permukaan larutan pekat, maka akan menyebabkan terjadinya aliran dari larutan pekat ke sisi pelarut. Besarnya tekanan yang diperlukan untuk mengalirkan pelarut dari larutan pekat ke larutan encer tergantung pada kandungan zat terlarut pada larutan pekat. Dalam proses ini aliran air produk yang mampu menembus membran disebut *permeate*, sedangkan aliran pengotor yang tak dapat lolos kemudian disebut *retentat* yang selanjutnya dibuang. Ukuran pori-pori membran RO sangat kecil yaitu 0,001 $\mu\text{m}$  sehingga disebut “membran tak berpori”, membran ini mampu melewatkan molekul-molekul air dan memisahkan dengan baik molekul-molekul berat seperti protein dan molekul-molekul ringan seperti NaCl. Meskipun demikian untuk pengotor ion monovalen (seperti  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ ) tidak terpisah secara sempurna atau disebut kebocoran ion. Ukuran pori-pori membran yang sangat kecil mengakibatkan RO tidak memungkinkan untuk dilakukan pembersihan dengan cara pencucian balik (*backwashed*), untuk itu sistem RO memerlukan suatu penyaringan awal yang cukup ketat untuk mencegah penyumbatan membran akibat adanya pengotor berukuran besar. Penyaring awal yang digunakan tergantung pada kekeruhan atau SDI (*Silt Density Index*) dari air baku. Untuk air baku dengan SDI 5, penyaring *cartridge* dengan ukuran 5 - 20  $\mu\text{m}$  bisa digunakan sedangkan jika SDI lebih dari 5 penyaring konvensional bisa digunakan<sup>[5]</sup>. Beberapa bahan kimia ditambahkan untuk pengaturan pH dan antikerak (*pH adjustment* dan *antiscalant*), agar stabilitas operasi dapat terjaga dan mengurangi pembentukan *fouling* (pengotor). Namun demikian pengaturan pH dan penambahan bahan kimia ini harus sangat diperhatikan ini karena dapat merusak membran (hidrolisis membran), terutama terhadap senyawa oksidator. Sedangkan untuk membersihkan pengotor yang terbentuk dilakukan dengan pencucian secara kimiawi. Biasanya sistem RO dirancang untuk pencucian kimiawi dalam interval waktu yang lama antara 3 bulan hingga 1 tahun. Proses demineralisasi pada EDI terdiri dari dua proses utama yang terjadi secara bertahap. Tahap pertama adalah proses pengikatan ion-ion dari air baku yang dilakukan oleh resin-resin penukar ion, yang mana ion positif ditukar dengan  $\text{H}^+$  dan ion negatif ditukar dengan  $\text{OH}^-$ . Tahap kedua adalah proses perpindahan ion-ion dari resin penukar ion menuju ruang *concentrate* melewati membran penukar ion dengan daya pendorong berupa listrik DC. Dengan dua proses berkesinambungan ini EDI dapat memisahkan pengotor-pengotor ionik rata-rata sebesar 99% termasuk silika,  $\text{CO}_2$  dan komponen organik dari umpannya hingga mampu memproduksi air ultra murni dengan konduktivitas sampai 0.055 $\mu\text{S}$ <sup>[3]</sup>. Selama proses berlangsung, konsentrasi ion di sekitar permukaan resin dan membran menjadi sangat rendah dan menyebabkan tahanan menjadi bertambah secara nyata. Bila hal ini terjadi terus menerus, arus DC akan memecah molekul air (*water splitting*) menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ <sup>[6]</sup>. Dengan adanya  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , regenerasi resin bisa terjadi secara terus menerus tanpa dilakukan penghentian operasi EDI. Sebagai gambaran yang lebih detail tentang perbandingan

sistem demineralisasi air pada OPR-1000 dan AP-1000 dengan membandingkan pengolahan awal, sumber air baku, regenerasi kimia, kualitas air demin, kompleksitas *plant*, fleksibilitas selama operasi, sistem penghilangan Gas CO<sub>2</sub>, konversi umpan, dan limbah kimia diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2 . Perbandingan Sistem Demineralisasi OPR 1000 dan AP 1000**

Pembandingan	OPR 1000 Sistem penukar ion	AP 1000 Kombinasi RO dan EDI
Pengolahan awal	Memerlukan pengolahan awal untuk membuang padatan tersuspensi,	Memerlukan pengolahan awal untuk membuang padatan tersuspensi,
Sumber air baku	Air laut didesalinasi terlebih dulu sebelum diproses oleh sistem penukar ion.	Air laut dapat langsung menjadi air baku untuk sistem RO-EDI.
Regenerasi kimia	Dilakukan berkala, untuk menghindari kejenuhan pada keseluruhan unggun resin	Tidak memerlukan regenerasi kimia.
Kualitas air demin	Menurun seiring tingkat kejenuhan resin dalam unggun resin	Konstan selama operasi
Kompleksitas <i>plant</i>	Terdiri dari dua aliran terpisah ( <i>duplexing / two separate treatment units</i> ) untuk menjaga pasokan air demin selama regenerasi.	Satu aliran, dirancang untuk tetap bisa beroperasi dengan satu unit RO+EDI saat satu unit RO lainnya sedang dalam pemeliharaan
Fleksibilitas selama operasi	Lebih fleksibel dalam perubahan kondisi umpan seperti suhu, padatan tersuspensi, pH, kandungan klorin dalam air baku	Kurang fleksibel karena sifat sensitif membran, seperti kerusakan membrane karena adanya klorin pada umpan, pH yang melebihi range operasi dapat mengurangi waktu operasi membran.
Penghilangan Gas CO <sub>2</sub>	Dilakukan oleh unit degasifier / dekarbonator	Dilakukan oleh unit EDI
Konversi umpan	Seluruh umpan akan dikonversi menjadi produk air	Sebagian umpan akan dikonversi menjadi produk air, sisanya dibuang
Limbah kimia	Banyak menghasilkan limbah kimia berupa garam, sisa regenerasi kimiawi resin.	Sedikit limbah kimia yang merupakan sisa bahan kimia pembersih membran

#### 4. KESIMPULAN

Keunggulan sistem demineralisasi PLTN AP-1000 terletak pada tidak adanya regenerasi kimiawi pada sistem RO-EDI yang berarti sistem menghasilkan limbah kimia berbahaya lebih sedikit, dapat beroperasi terus-menerus tanpa *downtime*, serta tidak memerlukan sistem *duplexing*. Dengan demikian sistem dapat menekan biaya pembelian bahan kimia, biaya pekerja untuk *downtime*, biaya operasional dan perawatan serta kompleksitas *plant*. Dengan sedikitnya penggunaan bahan kimia, hanya untuk pembersihan kimiawi, membuat sistem lebih sederhana (sedikit tangki, pompa dan katup-katup pendukung) dan menjadi tempat kerja yang ramah lingkungan, serta aman bagi pekerja/ operator lapangan. Sehingga biaya lain-lain/*hidden costs* yang berhubungan dengan pengawasan dan pelaporan analisis dampak lingkungan dapat ditekan. Tersedianya H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> karena proses *water splitting* membuat resin pada sistem RO-EDI tidak pernah mengalami kondisi jenuh, sehingga sistem mampu memproduksi air demineralisasi dengan kualitas yang konstan setiap saat. Namun demikian sistem RO-EDI mempunyai kekurangan yang sekaligus menjadi keunggulan sistem penukar ion yaitu penukar ion lebih tahan terhadap perubahan parameter pada umpan. Di sisi lain sifat membran sistem RO-EDI yang sensitif terhadap oksidator dan perubahan parameter umpan membuat pengolahan awal menjadi sangat menentukan umur operasi. Untuk itu fluktuasi kondisi umpan ditekan sekecil mungkin sehingga umur operasi membran bisa lebih lama. Selain itu perlu diperhatikan kandungan klorin sisa pengolahan awal ditekan sekecil mungkin atau bahkan *trace* karena dapat menghidrolisis membrane.

Dengan demikian dapat disimpulkan secara umum sistem demineralisasi air PLTN AP-1000 lebih baik dari pada sistem demineralisasi air OPR-1000.

#### REFERENSI

- [1] WESTINGHOUSE, "AP1000 Design Control Document", Chapter 9: Demineralized Water Treatment System.
- [2] TIM FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK FISIKA-UGM, "Studi Teknologi PLTN PWR, PHWR, dan Bahan Bakar DUPIC Sub Penelitian Studi Teknologi PWR", Fakultas Teknik Fisika UGM, September 2005.
- [3] ERVAN, Y., and WENTEN, I.G., "Study on the Influence of Applied Voltage and Feed Concentration on the Performance of Electrodeionization", Songklanakarin J. Sci. Technol, 2002.
- [4] \_\_\_\_\_, "Guidelines for Selecting Resin Ion Exchange or Reverse Osmosis for Feed Water Demineralisation", Purolite International, November 2003.
- [5] JØRGEN, W., "Membrane Filtration Handbook Practical Tips and Hints", Second Edition, Revision 2, Osmonics, November 2001.
- [6] LIANG, L., WANG, L. "Continuous Electrodeionization Processes for Production of Ultrapure Water", U. S. Filter, Lowell, Massachusetts.