

PENGENDALIAN KINERJA SISTEM PEMURNIAN AIR PRIMER DALAM MENUNJANG KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS

S. Suwanto, Edison, Johny A.K, Diah E.L, J .Sukmana

ABSTRAK

PENGENDALIAN KINERJA SISTEM PEMURNIAN AIR PRIMER DALAM MENUNJANG KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS. Sistem pemurnian air kolam reaktor RSG-GAS merupakan salah satu sistem yang terkait "*safety related*". Oleh karena itu pengendalian sistem ini yang meliputi pengendalian terhadap parameter pH, konduktivitas air primer secara periodik dan berkesinambungan wajib dilakukan. Dalam proses pengendalian sistem tersebut pernah ditemukan bahwa nilai konduktivitas air primer mencapai 9,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nilai yang melampaui nilai batas yang diijinkan) yaitu pada bulan maret 2006. Hal ini ditunjukkan dengan faktor purifikasi yang nilainya adalah 0,97. Setelah pergantian resin, resin yang baru dapat mengembalikan kualitas air kolam ke dalam batas normal. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada saat nilai kesetimbangan(Q) tercapai, resin tidak lagi mengadakan pertukaran dengan ion pengotor. Pertukaran ion berlangsung kembali jika konsentrasi ion-ion pengotor bertambah sedemikian hingga keadaan kesetimbangan terganggu.

ABSTRACT

THE PERFORMANCE CONTROL OF THE PRIMARY WATER PURIFICATION SYSTEM TO SUPPORT THE SAFETY OPERATION OF THE RSG-GAS. The primary water purification system is one of the related safety systems. Therefore the control of the system, including the periodically and continuous control of pH and conductivity of primary cooling water should be performed. During the control of the system, the conductivity of primary water has ever been of value of 9.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (exceeding the permissible value), which was occurred in March, 2006. This was indicated by the purification factor of 0,97. After the replacement of the resin, the new resin was able to recover the quality of pool water to the normal level. It is found that when the quotient equal to equilibrium value(Q), the resin does not exchange the impurity ions for its ions. The ion exchange continuous when the concentration of the impurity ions increase so that the equilibrium condition is disturbed.

PENDAHULUAN

Sistem pemurnian primer KBE01 berfungsi untuk menangkap hasil-hasil aktivasi dan pengotor mekanik dari air kolam reaktor untuk mempertahankan kualitas pendingin primer dalam batas yang diizinkan. Kualitas air pendingin primer ini perlu dijaga untuk membatasi tingkat radiasi di balai operasi reaktor dan di ruang instalasi, serta agar bagian internal kolam dapat terlihat dengan baik. Disamping KBE01 terdapat dua sistem lain yang berfungsi untuk memurnikan air kolam reaktor. Kedua sistem tersebut adalah sistem lapisan air hangat KBE02 yang digunakan untuk memberikan lapisan air hangat dan dimurnikan ke permukaan kolam dan sistem pemurnian air kolam penyimpanan bahan bakar bekas FAK01 yang juga memberikan kontribusi dalam memurnikan air kolam.

Untuk memurnikan air pendingin primer, sistem pemurnian primer mengambil sebagian air jalur pengembalian pendingin primer, kemudian mengalirkannya melewati filter penukar ion berupa resin dan filter mekanik (jaring resin). Filter penukar ion mengambil pengotor terionisasi dan pengotor mekanik dalam air. Sedangkan filter mekanik menahan pengotor mekanik atau butiran-butiran resin yang lolos dari filter penukar ion.

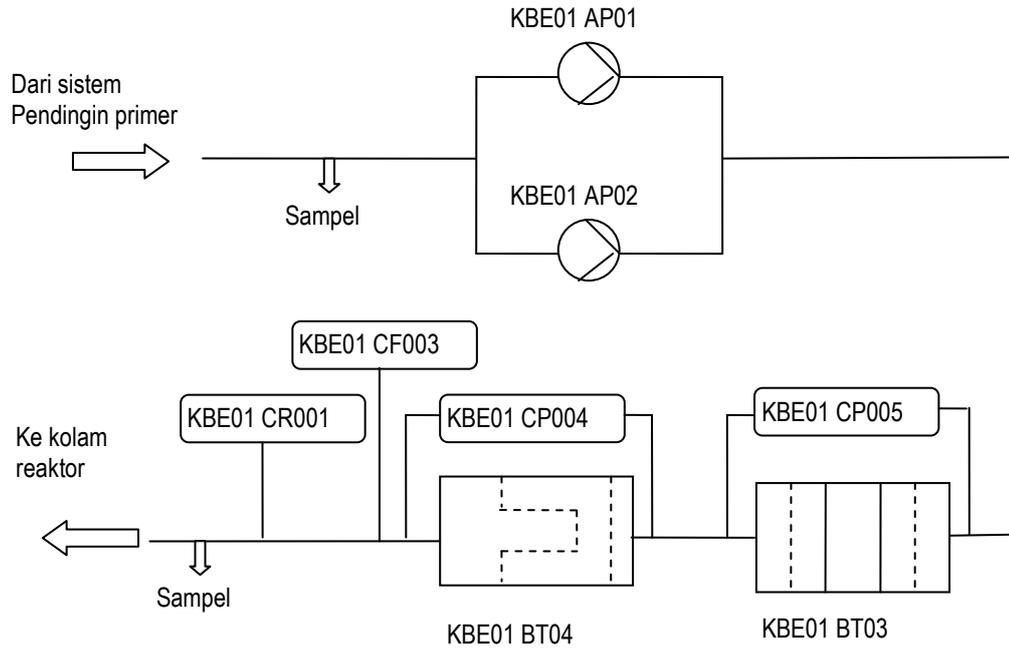
Proses pemurnian air oleh resin seperti disebutkan di atas akhirnya akan menyebabkan resin penukar ion jenuh oleh ion pengotor atau pengotor mekanik yang tertangkap. Makin cepat laju pengotoran air kolam makin cepat jenuhnya resin. Dengan

demikian frekuensi pergantian filter ditentukan oleh laju pengotoran air kolam. Pengotoran air kolam ini dapat berasal dari sampel yang keluar-masuk teras, kegiatan-kegiatan yang dapat mempengaruhi kualitas air pendingin dan kualitas air demi yang digunakan untuk mengisi kolam.

Pada bulan Maret 2006 terjadi kenaikan konduktivitas air pendingin primer¹⁾ yang disebabkan oleh pengotoran air dalam kegiatan pembalikan reflektor. Beberapa saat setelah dilakukan pergantian resin pada semua sistem yang berkontribusi dalam pemurnian air kolam, konduktivitas air kolam dapat dinormalkan kembali. Dalam tulisan ini akan dibahas kinerja filter penukar ion sistem pemurnian primer dalam memurnikan air pendingin primer setelah pergantian resin tersebut yang selanjutnya dapat digunakan sebagai masukan dalam memperkirakan frekuensi pergantian resin penukar ion KBE01.

TEORI

Sistem pemurnian primer terdiri dari filter penukar ion (KBE01 BT03) dan filter mekanik (KBE01 BT04). Filter penukar ion menangkap pengotor terlarut berdasarkan reaksi pertukaran ion, sedangkan filter mekanik menangkap pengotor mekanik dengan jala-jala kawat halus. Dua pompa sistem pemurnian (KBE01 AP01 dan KBE01 AP02) masing-masing mempunyai kapasitas 20 m³/jam disediakan untuk mengalirkan sebagian air pendingin ke sistem pendingin primer yang kemudian melewati filter.

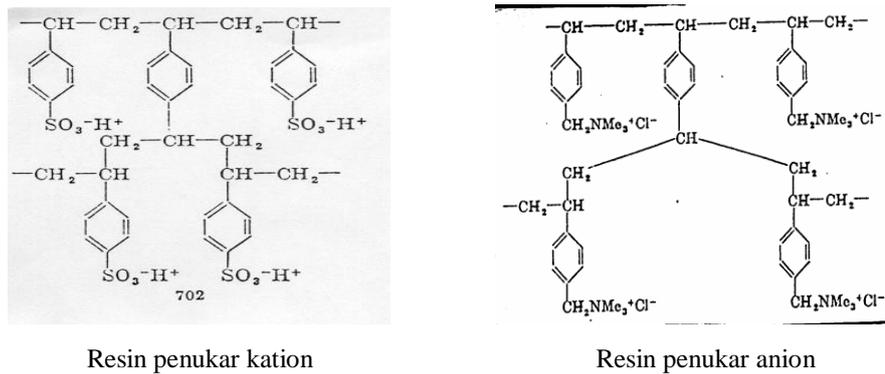


Gambar 1. Diagram Skematik Sistem Pemurnian Primer disederhanakan

Untuk keperluan pengambilan sampel air yang akan diuji kualitasnya disediakan keran sebelum dan setelah melewati sistem. Hasil pengukuran konduktivitas air sampel ini menentukan faktor pemurnian filter penukar ion yang didefinisikan sebagai konduktivitas inlet per konduktivitas outlet dan diperlukan sebagai acuan untuk pergantian filter. Kerusakan ionik filter juga dapat dipantau dengan cepatnya kenaikan aktivitas aliran keluaran dengan menggunakan monitor aktivitas KBE01 CR001. Pengotor yang tertahan di filter mekanik akan menambah *drop* tekanan sepanjang filter. Oleh karena itu hasil pengukuran perubahan tekanan filter

mekanik (KBE01 CP004) menentukan pergantian filter mekanik.

Filter penukar ion memurnikan air pendingin primer menggunakan resin penukar ion dengan mengambil ion pengotor dari aliran. Resin adalah senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang serta gugusan-gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan. Berdasarkan gugus fungsionalnya, resin penukar ion terbagi menjadi dua yaitu : resin penukar kation dan resin penukar anion, seperti terlihat pada Gambar 2. Yang memperlihatkan struktur resin secara umum³⁾.



Gambar 2. Struktur resin

Reaksi pertukaran ion terjadi saat ion pengotor dalam aliran bersentuhan dengan resin yang mempunyai tanda muatannya sama. Reaksi pertukaran ion tersebut dapat dinyatakan sebagai³⁾ :



dimana RX^+ adalah resin penukar kation, Y^+ adalah kation dalam air, RX^- adalah resin penukar anion dan Y^- adalah anion dalam air. Dalam KBE01 penukar kation yang digunakan adalah resin tipe Lewatit S100KR/ H^+ sejumlah 750 liter. Sedangkan untuk penukar anion digunakan resin tipe Lewatit M500KR/ OH^- sejumlah 750 liter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja filter penukar ion sistem pemurnian primer ditentukan berdasarkan pada kemampuannya untuk memurnikan air yang melewatinya sehingga konduktivitas air kolam dapat dipertahankan dibawah 8 $\mu S/cm$. Untuk itu dilakukan pengukuran konduktivitas air pendingin masukan sistem pemurnian (merekpresentasikan konduktivitas air kolam), dan konduktivitas air pendingin keluaran sistem pemurnian seperti terlihat pada (Gambar. 1) yang digunakan untuk

menghitung faktor pemurnian. Faktor pemurnian didefinisikan sebagai konduktivitas masukan dibagi konduktivitas keluaran. Pengukuran ini dilakukan mulai dari beberapa saat sebelum pergantian resin FAK01 (tanggal 16 Maret 2006), KBE01 (tanggal 18 Maret 2006) dan KBE02 (tanggal 19 Maret 2006), sampai bulan Desember 2007.

Dari data pada Tabel. 1 dan grafik dalam Gambar. 3 dapat diperlihatkan bahwa mulai tanggal 11 sampai dengan 14 Maret 2006 nilai konduktivitas air kolam naik terus di atas 8 $\mu S/cm$. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan pemurnian oleh sistem tidak dapat megkompensasi laju pengotoran air. Kemudian pada tanggal 22 Maret 2006 setelah dilakukan pergantian resin pada sistem KBE01, KBE02 dan FAK01, air kolam dapat dimurnikan kembali sampai nilai konduktivitasnya sebesar 0,47 $\mu S/cm$.

Ditinjau dari kinerja resin penukar ion KBE01, dari tabel diketahui bahwa faktor pemurniannya sebesar 0,97 pada saat kenaikan konduktivitas air kolam reaktor. Dengan demikian resin tidak lagi dapat memurnikan air. Kemudian dengan resin baru pemurnian oleh resin KBE01 berlangsung terus sampai 13 April 200 dengan faktor pemurnian sebesar 1,13.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konduktivitas Sampel Air

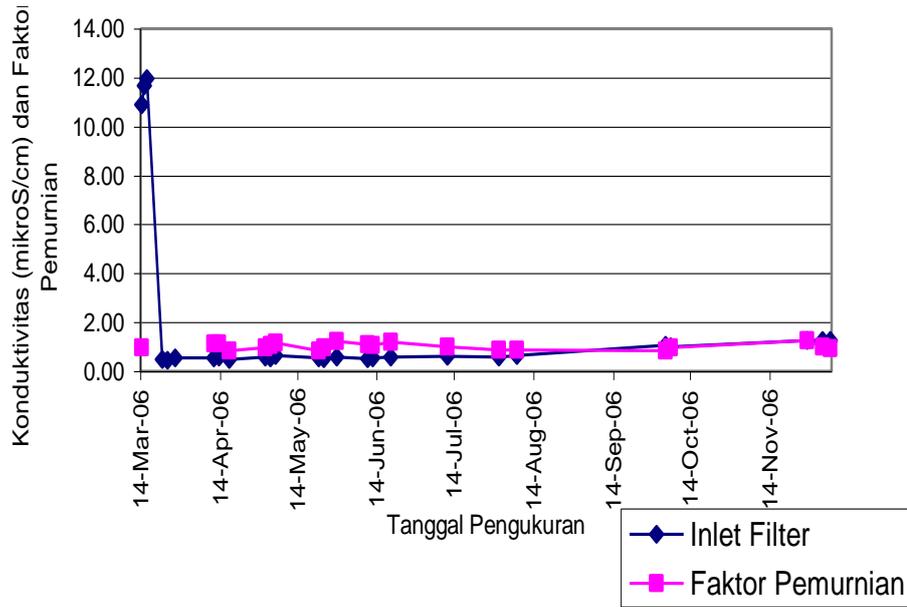
Tanggal Pengukuran	Inlet Filter (μS/cm)	Outlet Filter (μS/cm)	Faktor Pemurnian
14-Mar-06	10.91	11.27	0.97
15-Mar-06	11.66	TD	*
16-Mar-06	11.97	TD	*
22-Mar-06	0.47	TD	*
24-Mar-06	0.45	TD	*
27-Mar-06	0.54	TD	*
11-Apr-06	0.56	0.50	1.12
13-Apr-06	0.58	0.51	1.13
17-Apr-06	0.50	0.60	0.83
1-May-06	0.57	0.59	0.98
3-May-06	0.56	0.53	1.06
5-May-06	0.65	0.55	1.18
22-May-06	0.54	0.65	0.83
24-May-06	0.51	0.53	0.97
29-May-06	0.58	0.47	1.23
10-Jun-06	0.50	0.46	1.09
12-Jun-06	0.56	0.52	1.07
19-Jun-06	0.59	0.49	1.21
11-Jul-06	0.62	0.61	1.02
31-Jul-06	0.58	0.66	0.89
7-Aug-06	0.63	0.72	0.88
4-Oct-06	1.07	1.28	0.84
6-Oct-06	1.01	1.03	0.98
28-Nov-06	1.25	0.99	1.27
4-Dec-06	1.27	1.25	1.01
7-Dec-06	1.27	1.38	0.92

*)TD : tidak diukur karena filter sedang diganti

Pada tanggal 17 April 2006, dengan faktor pemurnian sebesar 0,83 menunjukkan bahwa resin tidak lagi memurnikan air. Proses pemurnian ini terhenti sampai terjadi kenaikan konsentrasi pengotor yang ditunjukkan oleh konduktivitas air sebesar 0,56 μS/cm pada tanggal 3 Mei 2006. Hal ini terjadi karena nilai kesetimbangan sudah tercapai dengan konsentrasi pengotor yang sudah menjadi rendah dan kosentrasi ion

penekar berkurang akibat proses pemurnian (pertukaran dengan ion pegotor) sebelumnya. Proses pertukaran ion secara kualitatif dapat dilihat dari relasi kesetimbangan berikut⁴⁾ :

$$Q = \frac{[RY^+][X^+]}{[RX^+][Y^+]} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 3. Grafik Pengukuran Konduktivitas Air Pendingin Primer dan Faktor Pemurnian Filter Penukar Ion

dimana Q adalah sebuah konstanta, $[RX^+]$ dan $[RY^+]$ adalah jumlah gugusan fungsional resin sebelum dan sesudah dipertukarkan dalam mole per volume resin. Sedangkan $[X^+]$ dan $[Y^+]$ adalah konsentrasi ion yang dipertukarkan dalam mole per liter.

Ketika resin baru diganti jumlah gugusan fungsional resin yang dapat dipertukarkan $[RX^+]$ tinggi, konsentrasi ion pengotor $[Y^+]$ tinggi yang diindikasikan oleh konduktivitas air tinggi, gugusan resin yang menangkap pengotor $[RY^+]$ belum ada dan konsentrasi $[X^+]$ relatif konstan. Karena ini adalah H^+ reaksi pertukaran ion akan berlangsung terus. Atau dengan kata lain proses pemurnian air berlangsung terus tanpa memandang kinerja sistem-sistem lain yang dapat memurnikan air kolam selama nilai konstanta Q belum tercapai. Selama proses pemurnian ini jumlah gugusan fungsional

resin $[RX^+]$ akan terus berkurang, gugusan resin yang menangkap pengotor $[RY^+]$ akan terus bertambah dan konsentrasi ion pengotor $[Y^+]$ terus berkurang sampai akhirnya diperoleh nilai konstanta Q dimana reaksi pertukaran ion terhenti.

Setelah nilai hasil bagi dalam persamaan (3) bernilai Q maka reaksi pertukaran ion terhenti seperti terlihat pada tanggal 17 April 2006. Reaksi pertukaran ion akan berlangsung kembali ketika konsentrasi ion pengotor $[Y^+]$ naik kembali akibat berlangsungnya pengotoran air. Jika konsentrasi ion pengotor $[Y^+]$ naik kembali maka hasil bagi konsentrasi-konsentrasi substansi yang terlibat dalam reaksi pada sisi kiri persamaan (3) akan menyimpang dari nilai Q . Oleh karena itu reaksi pertukaran ion berlangsung kembali dan konsentrasi-konsentrasi atau jumlah gugus fungsional substansi dalam reaksi akan kembali bertambah atau berkurang seperti

pada proses yang dijelaskan di atas. Dalam pembahasan ini diasumsikan bahwa pengaruh sifat selektif resin terhadap ion-ion pengotor tertentu tidak dominan dibandingkan pengaruh konsentrasi. Tentu saja asumsi ini sangat kasar karena pengaruh selektivitas terbukti ada. Hal ini terlihat dari data bahwa pada beberapa titik, faktor pemurnian lebih besar dari satu sebagai indikasi bahwa konduktivitas outlet resin lebih besar daripada konduktivitas inlet akibat adanya beberapa jenis ion yang sudah terikat dipertukarkan dengan jenis ion lain yang mempunyai selektivitas terhadap resin lebih tinggi.

Setelah mengalami perulangan pencapaian nilai konstanta Q dalam proses pemurnian air maka konduktivitas air kolam akan naik terus seperti terlihat dari kecenderungan grafik Gambar 3 di atas. Pada tanggal 7 Desember 2006 nilai konduktivitas air kolam tercatat sebesar $1,27 \mu\text{S}/\text{cm}$ dengan semua resin penukar ion KBE01, KBE02 dan FAK01 masih dapat berfungsi⁵⁾. Akhirnya ketika konduktivitas air mendekati $8 \mu\text{S}/\text{cm}$, untuk mengembalikan konduktivitas air kolam dibawah nilai tersebut dibutuhkan resin penukar ion yang baru. Namun demikian pergantian resin juga dapat terjadi jika kenaikan aktivitas air keluaran sistem $> 0,1 \text{ Ci}/\text{m}^3$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data dan pembahasan di atas dapat disimpulkan dan disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Sampai dengan akhir tahun 2006 resin penukar ion KBE01 resin penukar ion KBE02 dan FAK01 setelah diganti pada pertengahan Maret 2006, ternyata masih dapat memberikan kontribusi terbesarnya dalam proses pemurnian air kolam reaktor dengan faktor pemurnian 1,27.
2. Ketika mencapai titik kesetimbangan, pemurnian air kolam oleh resin penukar ion akan terhenti. Pemurnian air akan berlangsung kembali setelah konsentrasi ion pengotor meningkat di atas nilai kesetimbangan saat itu.
3. Untuk melengkapi mekanisme pengendalian kinerja keseluruhan sistem yang memberikan kontribusi dalam pemurnian air kolam, di Tahun 2007 akan dilakukan kegiatan untuk mengevaluasi resin sistem KBE01, KBE02 dan FAK01.

DAFTAR ACUAN

- 1) Anonimous, Berita Acara Kejadian "Konduktivitas air primer naik hingga $> 8 \mu\text{S}/\text{cm}$ ", PRSG-BATAN, Serpong 2006
- 2) Anonimous, Laporan Analisa Keselamatan RSG Rev.9, Serpong 2006.
- 3) Anonimous, Kumpulan Diktat Diklat Penyegaran Operator dan Supervisor "Proses Pemurnian Air", Serpong 2004.
- 4) DROSTE, RONALD L, *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons, Inc, New York 1977.
- 5) Anonimous, *Rekaman Pengendalian Mutu Air Pendingin*, BK-SBKD, PRSG-BATAN, Serpong 2006.