

**EVALUASI UNJUK KERJA SISTEM PEMURNIAN DAN
PENYEDIA LAPISAN AIR HANGAT (KBE02)
REAKTOR SERBA GUNA G. A. SIWABESSY**

Sudiyono, Suhadi, dan Diah Erlina Lestari

ABSTRAK

EVALUASI UNJUK KERJA SISTEM PEMURNIAN DAN PENYEDIA LAPISAN AIR HANGAT KOLAM RSG-GAS. Fungsi dari sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat (KBE 02) adalah untuk mengambil hasil aktivasi terlarut dan kotoran lainnya dari lapisan air hangat, serta menjaga kualitas air pada tingkat yang ditentukan. Sistem ini dilengkapi dengan pemanas untuk menyediakan lapisan air hangat dipermukaan kolam reaktor, tujuannya adalah untuk memperkecil tingkat radiasi pada daerah kerja di Balai Operasi, terutama di atas kolam reaktor. Jalur KBE02 dicabang menuju *beam tube flooding system* untuk memenuhi kebutuhan air untuk perisai pada beam tube pada saat tidak dipakai. Dari data unjuk kerja sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat kolam RSG-GAS. dapat dilihat bahwa kualitas air selalu berada pada kondisi baik, memenuhi syarat yang telah ditetapkan. Umur pemakaian resin pada sistem ini adalah 2 tahun 10 bulan.

ABSTRACT

EVALUATION OF RSG-GAS PURIFICATION SYSTEM AND POOL WARM WATER LAYER SUPPLIER PERFORMANCE. Function of RSG-GAS purification system and warm water supplier (KBE 02) are to pick up dissolve activation result and another dirt of warm water layer. To keep quality of water at the decided level. The system is equipped by heater to supply warm water layer on the reactor pool surface the distribution is to reduce radiation level in the operation hall area especially on the reactor pool surface. Line KBE 02 toward beam tube headitty system supplies water necessary to be shielding to beam tube in use off time. Of the RSG-GAS purification system and pool warm water layer performance date can be shown north of water is always in good condition. To require the decided requirement. Resin live time is two years and then months.

1. PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P2TRR-BATAN) merupakan suatu Institusi Pemerintah yang mengemban tugas mengembangkan teknologi reaktor riset dan mengoperasikan reaktor secara aman, efektif dan efisien. Sistem dan peralatan yang dipakai untuk melaksanakan tugas tersebut merupakan sistem dan peralatan yang canggih dan berteknologi tinggi. Reaktor nuklir dengan seluruh sistem pendukungnya diharapkan dapat bekerja dengan baik, dan membutuhkan evaluasi dari waktu ke waktu, agar dapat dilakukan suatu revisi dan inovasi demi peningkatan unjuk kerja. Reaktor yang berada di bawah pengelolaan P2TRR-BATAN merupakan reaktor riset jenis *Multipurpose Reactor* dengan bahan bakar Uranium Silisida (U_2Si_3Al) diperkaya hingga 19,7%. Pendingin utama reaktor tersebut terdiri dari untai pendingin primer dan untai pendingin sekunder. Media pendingin primer adalah air bebas mineral dengan kualifikasi tertentu. Untuk menjaga kemurnian air setebal 1,5 m di bagian atas permukaan kolam reaktor terdapat sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat (KBE 02) yang dioperasikan secara terus menerus. Fasilitas ini berfungsi untuk mempertahankan kualitas air yang berperan dalam menunjang operasi reaktor

Evaluasi unjuk kerja sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat (KBE 02) diperlukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dengan evaluasi yang dilajukan diharapkan dapat diketahui umur pemakaian resin KBE02, umur pemakaian resin trap KBE02 dan kualitas air KBE02 dari waktu ke waktu. Selain diharapkan juga dapat mengetahui kekurangan yang ada pada sistem tersebut, sehingga dapat diusahakan perbaikan seperlunya. Data untuk evaluasi ini diambil dari lembar data operasi KBE02 dari tanggal 1 Januari 2000 sampai dengan 30 Oktober 2002.

2. TEORI

2.1. Sistem Pemurnian Dan Penyedia Lapisan Air Hangat (KBE 02)

Fungsi dari sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat (KBE 02) adalah untuk mengambil ion-ion hasil aktivasi terlarut dan kotoran lainnya dari lapisan air hangat, serta menjaga kualitas air pada tingkat yang ditentukan. Sistem ini dilengkapi dengan pemanas untuk menyediakan lapisan air hangat di permukaan kolam reaktor, yang bertujuan untuk memperkecil tingkat radiasi pada daerah kerja di Balai Operasi, terutama di atas kolam reaktor. Jalur KBE02 dicabang menuju *beam tube flooding system* untuk memenuhi kebutuhan air untuk perisai pada beam tube pada saat tidak digunakan.

Dengan demikian sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat diharapkan dapat memenuhi tugasnya yaitu:

- a) Menyediakan air hangat yang secara terus menerus dimurnikan, dengan perbedaan temperatur maksimum 8 °C dibanding dengan temperatur air kolam bagian bawahnya;
- b) Memperkecil paparan radiasi di permukaan air kolam;
- c) Mengisi air ke tabung berkas neutron (*beam tube*).

Sistem ini terdiri dari filter penukar ion, filter mekanik, pemanas, pompa sirkulasi dan instalasi pemipaan. Debit yang direncanakan adalah 10 m³/jam dengan kualitas air pada lapisan air hangat sama dengan kualitas air primer seperti yang diuraikan berikut :

PH	: 5,2 – 6,5
Konduktivitas	: < 8 μS/cm

Sistem ini dilengkapi dengan tempat pengambilan sampel untuk dianalisa secara rutin di laboratorium, untuk mengetahui konduktivitas dan parameter kualitas air lainnya dapat diketahui. Pompa sirkulasi terdiri dari dua unit pompa yang dipasang secara paralel, masing-masing pompa mempunyai kapasitas operasi 100%. Filter penukar ion yang digunakan adalah resin anion 375 liter dan resin kation 375 liter. Hasil

aktivasi Na-24, dan Co-48, dan Co-60 dapat ditangkap oleh filter ini, selain itu kotoran mekanik lain yang terlarut dalam air dapat juga ditangkap oleh filter, sehingga beda tekanan sisi masuk dan sisi keluar dari filter ini perlahan-lahan akan naik. Jika beda tekanan mencapai 1,5 Bar, filter penukar ion (resin) harus diganti. Selain filter penukar ion, sistem juga dilengkapi dengan resin trap yang bertujuan untuk menangkap resin-resin dan kotoran mekanik halus yang terlepas dari filter penukar ion. Jika beda tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar dari resin trap mencapai 2 Bar, maka resin trap tersebut harus diganti dengan yang bersih, sementara yang kotor dicuci dengan metode ultrasonik.

Sistem ini dilengkapi dengan pemanas lapisan air hangat (*heater*) yang terdiri dari tabung silinder yang ditempatkan secara horisontal dan mempunyai 24 batang pemanas listrik. Batang-batang pemanas ini dihubungkan satu sama lain dan dibagi dalam beberapa grup yang terdiri dari 6 tingkat. Tingkat pertama dengan daya 22,5 kW sebagai pemanas mula dan lima tingkat lainnya dengan daya masing-masing 7,5 kW yang akan hidup atau mati secara otomatis oleh sistem kontrol. Sistem ini dilengkapi pula dengan kontrol laju alir, kontrol temperatur, kontrol tekanan dan monitor radioaktivitas air.

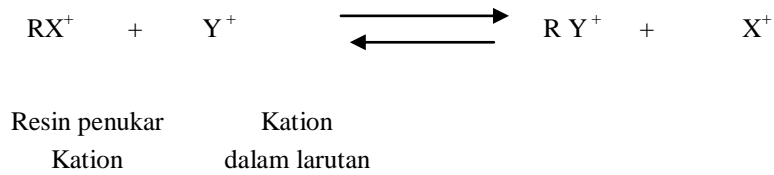
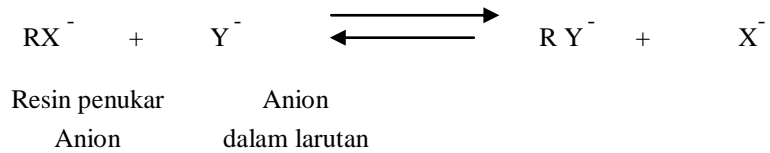
2.2. Pemurnian Air Dengan Cara Ionik

Penukar ion (*ion exchanger*) digunakan untuk mengambil ion-ion yang tidak dikehendaki yang terdapat dalam air, dengan cara pertukaran ion. Berdasarkan ion yang dipertukarkan, terdapat dua jenis penukar ion, yaitu penukar ion positif (anion) dan penukar ion negatif (kation). Kebanyakan penukar ion yang ada di pasaran adalah hasil sintesa bahan organik (resin), yaitu suatu polimer yang mengandung gugus fungsional. Setiap gugus fungsional menentukan karakteristik penukar ion.

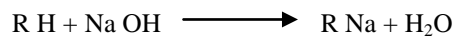
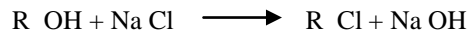
Resin penukar ion positif (anion) mempunyai gugus fungsional yang mengandung ion positif (anion) yang dapat dipertukarkan. Resin penukar ion negatif (kation) mempunyai gugus fungsional yang mengandung ion negatif yang dapat dipertukarkan. Baik anion maupun kation mempunyai kapasitas tukar (*exchanger capacity*) tertentu.

Kapasitas tukar dinyatakan dengan satuan meq/ml (*milliequivalent per mililiter*) atau meq/g.

Secara umum reaksi pertukaran antara ion yang ada dalam air/larutan dengan ion yang terikat pada gugus fungsional resin dapat dinyatakan sebagai berikut³⁾ :



Contoh :



R = Resin

Kualitas air, pH dan konduktivitas dapat dipertahankan pada tingkat tertentu dengan metode ionik. Makin banyak ion-ion yang terlarut dalam air maka konduktivitas air akan semakin naik, demikian juga pH makin banyak ion H⁺ yang terlarut dalam air maka makin turun pH air tersebut dimana pH adalah $-\log(\text{H}^+)$.

Untuk pemurnian biasanya digunakan campuran penukar anion dan penukar kation. Parameter kondisi filter ionik ditentukan dari besarnya harga beda tekanan dan tingkat radioaktivitas serta konduktivitas air keluaran filter ionik.

2.3. Pemurnian Air Dengan Cara Mekanik

Pengotor mekanik yang larut dalam air akan di tangkap dengan filter mekanik pada tangki resin, dan apabila ada yang lolos dari filter ini baik berupa pecahan resin maupun pengotor mekanik lainnya akan di tangkap pada filter mekanik berikutnya yaitu yang disebut resin trap. Filter ini mempunyai daya tangkap 10 mikron.

Data Resin Trap :

Jumlah	: 1 (satu)
Tipe	: Filter Mekanik (saringan keranjang)
Material	: Austenitic Stainless Steel
Medium	: Air Bebas Mineral
Tekanan desain	: 10 Bar (gauge)
Temperatur Desain	: 60 ⁰ C
Tekanan Operasi	: 6 Bar
Temperatur operasi	: 45 ⁰ C
Debit yang lewat	: 10 m ³ /jam
Ukuran Saringan halus	: 10 mikron

Keadaan filter mekanik ditentukan dari besarnya harga beda tekanan. Harga beda tekanan filter mekanik dapat digunakan sebagai indikator keadaan kualitas filter mekanik. Jika harga beda tekanan lebih besar sama dengan 2 Bar menunjukkan bahwa filter mekanik harus diganti.

Data parameter operasi sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat (KBE 02) dapat dilihat pada Tabel 1.

2.4. Metode Evaluasi

Metode pelaksanaan evaluasi unjuk kerja sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat dilakukan dengan cara mengamati parameter operasinya meliputi beda tekanan sebelum dan sesudah filter ionik, beda tekanan sebelum dan sesudah filter mekanik, laju alir, tingkat radioaktivitas air masuk dan keluar kemudian membandingkannya dengan harga spesifikasi yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Data operasi Sistem Pemurnian dan Penyedia Lapisan air Hangat
12 Januari 2000 s/d 7 Oktober 2002 (KBE 02)

No.	Tanggal	CP 05	CP 06	CF 01	CR 001	CR 002
-----	---------	-------	-------	-------	--------	--------

		(Bar)	(Bar)	(m ³ /h)	(Ci/m ³)	(Ci/m ³)
1.	1-1-2000	1.3	0.9	9.7	3.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁴
2.	4-1-2000	1.3	1.57	8.6	3.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
3.	5-1-2000	1.3	2.2	7.6	3.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁴
Ganti resin						
4.	13-1-2000	0.14	0.1	12.5	3.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
5.	17-1-2000	0.14	0.1	12.5	3.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁴
6.	22-1-2000	0.1	0.1	13.2	8.10 ⁻³	8.10 ⁻⁴
7.	28-1-2000	0.1	0.1	13.2	1.10 ⁻²	1.10 ⁻³
8.	30-1-2000	0.1	0.1	13.2	4.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁴
9.	7-2-2000	0.15	0.1	13	4.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
10.	14-2-2000	0.15	0.1	13	3.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
11.	22-2-2000	0.15	0.1	13	2.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁴
12.	29-2-2000	0.18	0.1	13	2.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
13.	7-3-2000	0.20	0.1	13	2.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
14.	14-3-2000	0.1	0.1	13.2	1.10 ⁻²	1.10 ⁻⁴
15.	21-3-2000	0.15	0.1	13.1	7.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁴
16.	29-3-2000	0.20	0.1	9.8	4.10 ⁻⁶	6.10 ⁻⁴
17.	7-4-2000	0.1	0.1	10	8.10 ⁻³	7.10 ⁻⁴
18.	14-4-2000	0.1	0.1	10	1.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴
19.	21-4-2000	0.15	0.1	13	8.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
20.	30-4-2000	0.2	0.1	13	4.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
21.	7-5-2000	0.2	0.1	13	3.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
22.	14-5-2000	0.2	0.1	13	3.10 ⁻⁶	5.10 ⁻⁴
23.	22-5-2000	0.2	0.1	13	2.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
24.	30-5-2000	0.21	0.1	13	2.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
25.	7-6-2000	0.2	0.1	13	1.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
26.	14-6-2000	0.2	0.1	9.7	1.10 ⁻⁶	4.10 ⁻⁴
27.	22-6-2000	0.12	0.1	9.8	8.10 ⁻³	8.10 ⁻⁴
28.	30-6-2000	0.18	0.1	9.8	1.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁴
29.	7-7-2000	0.2	0.1	9.7	5.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁴
30.	14-7-200	0.12	0.1	9.8	1.10 ⁻³	5.10 ⁻⁴

Lanjutan Tabel 1

No	Tanggal	CP 05 (Bar)	CP 06 (Bar)	CF 01 (m ³ /h)	CR 001 (Ci/m ³)	CR 002 (Ci/m ³)
31.	22-7-2000	0.2	0.15	9.7	6.10 ⁻⁶	6.10 ⁻⁴
32.	30-7-2000	0.2	0.15	9.7	4.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁴
33.	7-8-2000	0.15	0.2	9.8	1.10 ⁻²	1.10 ⁻³
34.	14-8-2000	0.15	0.4	9.5	1.10 ⁻²	1.10 ⁻³
35.	22-8-2000	0.2	0.5	9.2	8.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁴
36.	30-8-2000	0.2	0.55	9.2	5.10 ⁻⁶	6.10 ⁻⁴
37.	7-9-2000	0.1	1.5	8.2	1.10 ⁻²	1.10 ⁻³
38.	14-9-2000	0.2	0.3	9.5	4.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴

39.	22-9-2000	0.2	0.3	9.5	7.10^{-6}	4.10^{-4}
40.	30-9-2000	0.2	0.3	12.6	4.10^{-3}	2.10^{-3}
41.	7-10-2000	0.2	0.25	12.7	$1.5.10^{-4}$	4.10^{-4}
42.	14-10-2000	0.25	0.28	12.6	4.10^{-5}	4.10^{-4}
43.	22-10-2000	0.3	0.3	9.5	4.10^{-5}	4.10^{-4}
44.	30-10-2000	0.22	0.3	9.6	1.10^{-5}	4.10^{-4}
45.	7-11-2000	0.28	0.3	9.4	8.10^{-6}	4.10^{-4}
46.	14-11-2000	0.3	0.3	9.3	7.10^{-6}	4.10^{-4}
47.	30-11-2000	0.2	0.4	9.3	$1.5.10^{-2}$	1.10^{-3}
48.	7-12-2000	0.18	0.1	8.7	1.10^{-2}	1.10^{-3}
49.	10-12-2000	0.15	1.65	7.9	1.10^{-2}	1.10^{-3}
50.	14-12-2000	0.3	0.1	9.5	4.10^{-5}	4.10^{-4}
51.	22-12-2000	0.3	0.1	12.6	1.10^{-5}	2.10^{-4}
52.	30-12-2000	0.3	0.1	12.6	8.10^{-6}	4.10^{-4}
53.	7-1-2001	0.33	0.1	12.5	7.10^{-6}	4.10^{-4}
54.	14-1-2001	0.33	0.1	12.5	6.10^{-6}	4.10^{-4}
55.	22-1-2001	0.23	0.1	12.7	$1.2.10^{-3}$	1.10^{-3}
56.	30-1-2001	0.26	0.2	12.5	$1.5.10^{-2}$	1.10^{-3}
57.	7-2-2001	0.34	0.22	12.5	9.10^{-4}	4.10^{-4}
58.	14-2-2001	0.38	0.22	12.5	7.10^{-6}	4.10^{-4}
59.	22-2-2001	0.28	0.3	12.5	1.10^{-2}	1.10^{-3}
60.	1-3-2001	0.3	0.38	12.4	3.10^{-5}	1.10^{-3}
61.	7-3-2001	0.32	0.41	12.2	1.10^{-5}	9.10^{-4}
62.	14-3-2001	0.35	0.42	12.1	8.10^{-6}	8.10^{-4}
63.	22-3-2001	0.25	0.5	12.3	1.10^{-2}	1.10^{-3}
64.	30-3-2001	0.28	0.7	12	2.10^{-2}	1.10^{-3}
65.	7-4-2001	0.32	0.85	11.5	1.10^{-5}	2.10^{-4}
66.	22-4-2001	0.35	0.9	11.5	7.10^{-6}	8.10^{-4}
67.	30-4-2001	0.26	0.92	11.6	2.10^{-2}	1.10^{-3}
68.	7-5-2001	0.35	1.2	11.4	$1.5.10^{-5}$	9.10^{-4}

Lanjutan Tabel 1

No.	Tanggal	CP 05 (Bar)	CP 06 (Bar)	CF 01 (m ³ /h)	CR 001 (Ci/m ³)	CR 002 (Ci/m ³)
72.	15-5-2001	0.35	1.2	11	1.10^{-5}	1.10^{-3}
73.	22-5-2001	0.25	1.17	11.2	2.10^{-2}	1.10^{-3}
74.	29-5-2001	0.25	1.31	11.2	2.10^{-2}	1.10^{-3}
75.	7-6-2001	0.43	0.1	9.4	1.10^{-5}	8.10^{-4}
76.	14-6-2001	0.44	0.2	9.4	1.10^{-5}	1.10^{-3}
77.	22-6-2001	0.35	0.1	9.5	2.10^{-2}	1.10^{-3}
78.	30-6-2001	0.35	0.1	9.5	2.10^{-2}	2.10^{-3}
79.	7-7-2001	0.43	0.1	9.5	1.10^{-4}	1.10^{-3}
80.	14-7-2001	0.42	0.1	9.5	1.10^{-5}	1.10^{-3}
81.	22-7-2001	0.35	0.1	9.5	2.10^{-2}	1.10^{-3}

82.	30-7-2001	0.4	0.1	9.8	2.10^{-2}	1.10^{-3}
83.	7-8-2001	0.53	0.12	9.6	1.10^{-5}	8.10^{-4}
84.	14-8-2001	0.6	0.15	10	1.10^{-5}	7.10^{-4}
85.	22-8-2001	0.4	0.12	9.5	1.10^{-2}	1.10^{-3}
86.	30-8-2001	0.49	0.15	9.4	6.10^{-5}	9.10^{-4}
87.	7-9-2001	0.48	0.15	12.6	2.10^{-5}	1.10^{-4}
88.	14-9-2001	0.4	0.15	13	1.10^{-2}	1.10^{-3}
89.	22-9-2001	0.4	0.15	13	1.10^{-2}	1.10^{-3}
90.	30-9-2001	0.49	0.2	12.7	4.10^{-5}	1.10^{-3}
91.	7-10-2001	0.5	0.2	12.6	1.10^{-5}	1.10^{-3}
92.	14-10-2001	0.5	0.2	12.5	1.10^{-5}	1.10^{-3}
93.	22-10-2001	0.4	0.2	9.6	1.10^{-2}	1.10^{-3}
94.	30-10-2001	0.4	0.28	12.8	2.10^{-3}	8.10^{-4}
95.	7-11-2001	0.5	0.3	12.5	8.10^{-6}	8.10^{-4}
96.	14-11-2001	0.5	0.3	12.5	8.10^{-6}	1.10^{-3}
97.	22-11-2001	0.4	0.35	12.4	1.10^{-2}	1.10^{-3}
98.	30-11-2001	0.5	0.4	12.2	2.10^{-5}	8.10^{-4}
99.	7-12-2001	0.5	0.42	12.	8.10^{-6}	8.10^{-4}
100.	14-12-2001	0.5	0.5	12	7.10^{-6}	8.10^{-4}
101.	22-12-2001	0.5	0.5	12	6.10^{-6}	8.10^{-4}
102.	30-12-2001	0.5	0.5	12	6.10^{-6}	9.10^{-4}
103.	7-1-2002	0.5	0.5	12	6.10^{-6}	8.10^{-4}
104.	14-1-2002	0.4	0.43	12	1.10^{-2}	1.10^{-3}
105.	22-1-2002	0.5	0.48	12.2	1.10^{-2}	1.10^{-3}

Lanjutan Tabel 1

No.	Tanggal	CP 05 (Bar)	CP 06 (Bar)	CF 01 (m ³ /h)	CR 001 (Ci/m ³)	CR 002 (Ci/m ³)
106.	30-1-2002	0.5	0.61	12.2	1.10^{-3}	1.10^{-6}
107.	7-2-2002	0.5	0.61	12.2	6.10^{-6}	1.10^{-4}
108.	12-2-2002	0.5	0.7	11.7	6.10^{-6}	1.10^{-3}
109.	22-2-2002	0.4	0.95	11.5	1.10^{-2}	1.10^{-3}
110.	28-2-2002	0.38	0.95	11.5	1.10^{-2}	1.10^{-3}
111.	7-3-2002	0.4	1.03	11.4	5.10^{-5}	8.10^{-4}
112.	22-3-2002	0.35	1.05	11.4	1.10^{-2}	1.10^{-3}
113.	30-2-2002	0.4	1.2	11	1.10^{-5}	7.10^{-4}
114.	7-4-2002	0.4	1.37	8	2.10^{-3}	1.10^{-3}
115.	14-4-2002	0.32	1.35	8	2.10^{-2}	$1.5.10^{-3}$
116.	22-4-2002	0.45	1.5	7.6	1.10^{-5}	1.10^{-4}

117.	30-4-2002	0.32	1.42	7.9	1.10^{-2}	1.10^{-3}
118.	7-5-2002	0.37	1.52	7.7	1.10^{-4}	9.10^{-4}
119.	8-5-2002	0.35	1.72	7.5	3.10^{-5}	7.10^{-4}
120.	14-5-2002	0.52	0.1	9.3	1.10^{-5}	8.10^{-4}
121.	22-5-2002	0.55	0.1	9.3	1.10^{-5}	8.10^{-4}
122.	30-5-2002	0.45	0.1	9.5	1.10^{-2}	1.10^{-3}
123.	7-6-2002	0.45	0.1	9.5	$1.5.10^{-3}$	1.10^{-3}
124.	14-6-2002	0.52	0.1	9.3	2.10^{-5}	8.10^{-4}
125.	22-6-2002	0.6	0.15	9.3	1.10^{-5}	8.10^{-4}
126.	30-6-2002	0.5	0.12	9.4	$1.5.10^{-2}$	1.10^{-3}
127.	7-7-2002	0.45	0.12	9.1	2.10^{-2}	1.10^{-3}
128.	14-7-2002	0.5	0.1	12	1.10^{-5}	8.10^{-4}
129.	22-7-2002	0.55	0.2	8.8	7.10^{-6}	7.10^{-4}
130.	30-7-2002	0.45	0.2	8.8	2.10^{-2}	1.10^{-3}
131.	7-8-2002	0.5	0.2	8.7	4.10^{-5}	8.10^{-4}
132.	14-8-2002	0.5	0.25	8.7	2.10^{-4}	8.10^{-4}
133.	22-8-2002	0.58	0.27	8.6	8.10^{-6}	8.10^{-4}
134.	30-8-2002	0.55	0.3	8.5	7.10^{-6}	8.10^{-4}
135.	7-9-2002	0.58	0.4	8.5	1.10^{-2}	1.10^{-3}
136.	14-9-2002	0.65	0.7	9.8	1.10^{-5}	7.10^{-4}
137.	22-9-2002	0.5	1.2	9.5	1.10^{-3}	8.10^{-4}
138.	25-9-2002	0.55	1.25	9.6	1.10^{-5}	8.10^{-4}

Lanjutan Tabel 1

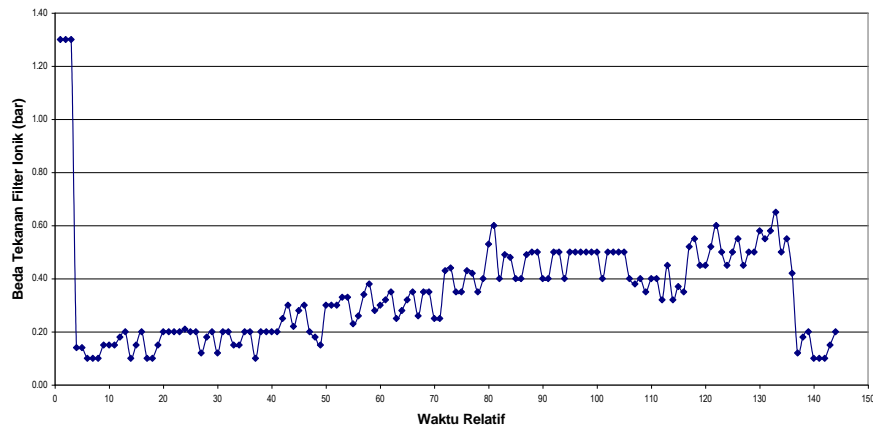
No.	Tanggal	CP 05 (Bar)	CP 06 (Bar)	CF 01 (m ³ /h)	CR 001 (Ci/m ³)	CR 002 (Ci/m ³)
139.	26-9-2002	0.42	1.98	7.6	1.10^{-5}	7.10^{-4}
Ganti resin						
140.	7-10-2002	0.12	0.1	10.5	8.10^{-6}	8.10^{-4}
141.	10-10-2002	0.18	0.11	10.4	8.10^{-6}	7.10^{-4}
142.	13-10-2002	0.2	0.15	10.3	8.10^{-6}	3.10^{-6}
143.	16-10-2002	0.1	0.15	10.4	1.10^{-2}	1.10^{-3}
144.	19-10-2002	0.1	0.2	10.3	1.10^{-2}	1.10^{-3}
145.	22-10-2002	0.1	0.3	10.3	1.10^{-3}	6.10^{-4}
146.	25-10-2002	0.15	0.35	10	2.10^{-5}	7.10^{-4}
144.	30-10-2002	0.2	0.45	10	8.10^{-6}	8.10^{-4}

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

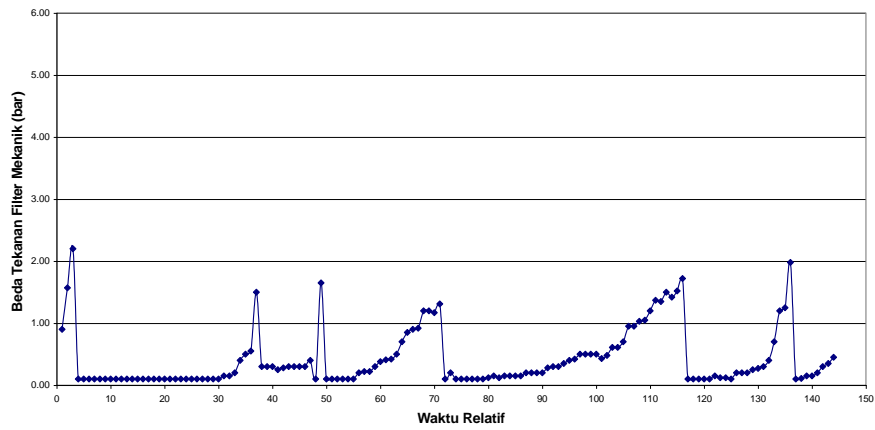
Unjuk kerja sistem purifikasi dan penyedia lapisan air hangat yang diamati meliputi :

- a) Beda tekanan filter ionik (KBE 02 CP 05);
- b) Beda tekanan filter mekanik (KBE 02 CP 06);
- c) Laju alir sistem purifikasi air kolam (KBE 02 CF 01);
- d) Tingkat radioaktivitas lapisan air hangat kolam reaktor KBE02 CR 01 dan KBE02 CR02.

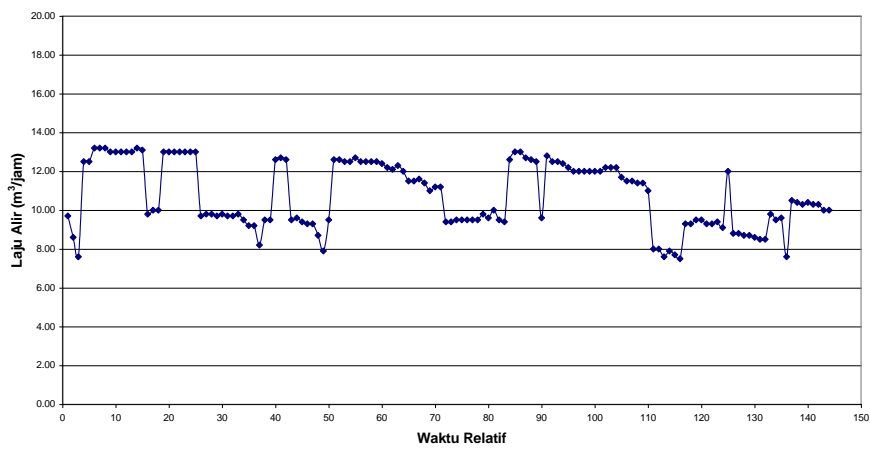
Hasil pengamatan dari 1 Januari 2000 sampai dengan 30 Oktober 2002 diberikan pada Tabel 1. Grafik yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 5.



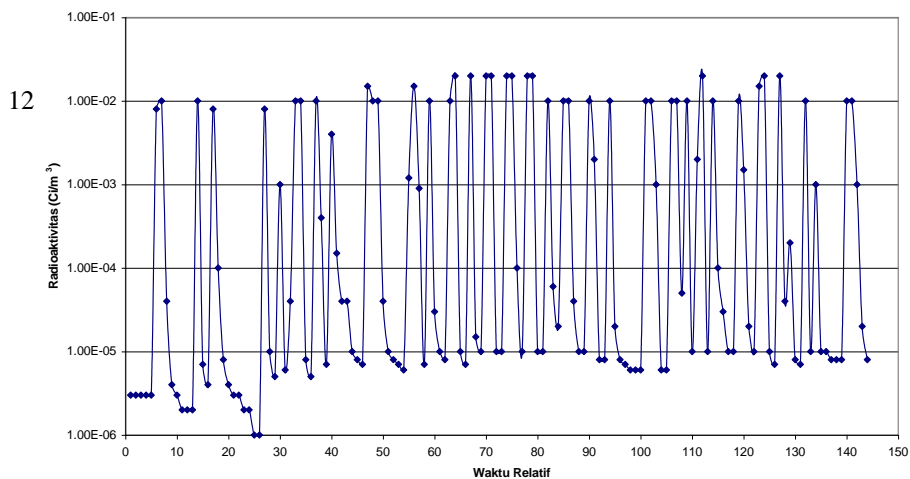
Gambar 1. Beda Tekanan Filter Ionik KBE02 CP 05 Sebagai Fungsi Waktu Operasi Periode 12 Januari 2000 s/d 7 Oktober 2002



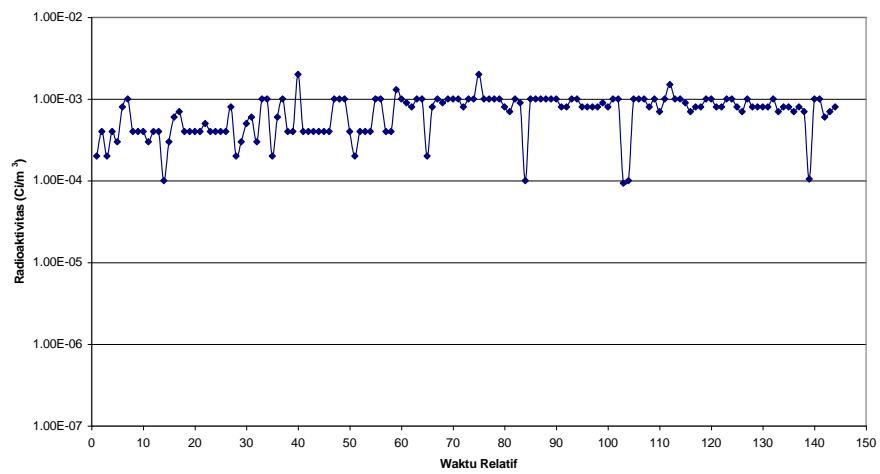
Gambar 2. Beda Tekanan Filter Mekanik KBE02 CP 06 Sebagai Fungsi Waktu Operasi Periode 12 Januari 2000 s/d 7 Oktober 2002



Gambar 3. Harga Laju Alir Sistem KBE02 Sebagai Fungsi Waktu Operasi Periode 12 Januari 2000 s/d 7 Oktober 2002



Gambar 4. Harga Radioaktivitas Air Masuk Sistem KBE02 Sebagai Fungsi Waktu Operasi Periode 12 Januari 2000 s/d 7 Oktober 2002



Gambar 5. Harga Radioaktivitas Air Keluar Sistem KBE02 Sebagai Fungsi Waktu Operasi Periode 12 Januari 200 s/d 7 Oktober 2002

Gambar 1 menunjukkan harga beda tekanan pada filter ionik sebagai fungsi waktu operasi sistem purifikasi dan penyedia lapisan air hangat kolam reaktor (KBE02) periode 12-01- 2000 sampai dengan 07-10-2002. Harga beda tekanan filter ionik pada awalnya adalah 0,14 Bar dan secara konsisten terus naik hingga 0,65 Bar pada saat filter ionik diganti lagi. Kondisi operasi maksimal harga beda tekanan filter ionik adalah 1,5 Bar²⁾.

Gambar 2 menunjukkan harga beda tekanan pada filter mekanik sebagai fungsi waktu operasi sistem purifikasi dan penyedia lapisan air hangat kolam reaktor periode 12-01- 2000 sampai dengan 07-10-2002. Harga beda tekanan pada filter mekanik terletak pada rentang 0,1 – 1,98 Bar. Jika beda tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar dari resin trap mencapai 2 Bar, maka resin trap tersebut harus diganti dengan yang bersih, sementara yang kotor dicuci dengan metode ultrasonik²⁾. Pada kurun waktu tersebut filter mekanik diganti sebanyak lima kali.

Gambar 3 menunjukkan harga laju alir sebagai fungsi waktu operasi sistem purifikasi dan penyedia lapisan air hangat kolam reaktor periode 12-01- 2000 sampai dengan 07-10-2002. Laju alir rata-rata adalah 11 m³/jam, paling rendah 7,5 m³/jam dan paling tinggi 13,2 m³/jam. Apabila harga laju alir mencapai 2 m³/h maka secara otomatis sistem purifikasi dan penyedia lapisan air hangat akan berhenti beroperasi²⁾. Harga laju alir tergantung dari kondisi beda tekanan filter mekanik dan filter ionik, makin tinggi beda tekanan filter mekanik dan beda tekanan filter ionik akan mengakibatkan makin kecil laju alir sistem tersebut.

Gambar 4 menunjukkan harga radioaktivitas air masuk KBE02 sebagai fungsi waktu operasi sistem purifikasi kolam reaktor periode 12-01- 2000 sampai dengan 07-10-2002. Harga tingkat radioaktivitas lapisan air hangat masuk KBE02 (KBE02 CR001) terletak pada rentang $10^{-2} - 8 \times 10^{-6}$ Ci/m³. Kondisi operasi maksimal harga tingkat radioaktivitas lapisan air hangat masuk filter ionik adalah 5×10^{-2} Ci/m³.⁽¹⁾

Gambar 5 menunjukkan harga radioaktivitas air keluar KBE02 sebagai fungsi waktu operasi sistem purifikasi kolam reaktor periode 12-01- 2000 sampai dengan 07-10-2002. Harga tingkat radioaktivitas lapisan air hangat keluar KBE02 (KBE02 CR02)

terletak pada rentang $10^{-3} - 9 \times 10^{-4}$ Ci/m³. Kondisi operasi maksimal harga tingkat radioaktivitas lapisan air hangat keluar filter ionik adalah $> 10^{-3}$ Ci/m³.⁽¹⁾

Reaktor sendiri tidak beroperasi terus menerus tetapi mengikuti jadwal operasi yang telah ditetapkan selama satu tahun kedepan, dengan memberi peluang untuk melakukan perbaikan dan perawatan terhadap sistem-sistem, serta peluang untuk mengadakan penggantian bahan bakar reaktor. Daya operasi reaktor rata-rata 15 MW.

Sistem purifikasi dan penyedia lapisan air hangat kolam reaktor harus selalu beroperasi untuk menjaga kualitas air, tetapi pemanasnya dioperasikan dua jam sebelum reaktor beroperasi hingga reaktor dipadamkan.

4. KESIMPULAN

Hasil evaluasi unjuk kerja sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat (KBE 02) Serba Guna G.A. Siwabessy periode operasi 12-01-2000 sampai dengan 07-10-2002 dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Unjuk kerja sistem KBE02 baik dan dapat mencapai tujuan yang ditetapkan yaitu menjaga kualitas air permukaan kolam reaktor selalu terjaga pada kondisi operasionalnya;
- 2) Selama periode penelitian diperoleh umur pemakaian resin adalah 2 tahun 10 bulan, dengan kondisi filter ionik (resin) masih dalam batas kriteria spesifikasi teknik parameter operasionalnya;
- 3) Selama periode pemakaian resin (2 tahun 10 bulan) penggantian resin trap dilakukan sebanyak 5 kali.

5. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Anonim, *Safety Analysis Report*, Revisi 8, Volume 2, BATAN, Serpong, 1999;
- 2) Alim Tarigan, *Sistem Pendingin Reaktor*, P2TRR, Serpong, 1996;
- 3) Diah Erlina Lestari, *Kimia Air, Diklat Penyegaran Operator dan Supervisor*, PPTRR, BATAN, 2003.