

ANALISIS DAN PENGENDALIAN KONDUKTIVITAS AIR PADA KOLOM RESIN CAMPURAN (*MIX-BED*) SISTEM AIR BEBAS MINERAL (GCA 01)

Setyo Budi Utomo, Diyah Erlina Lestari, Santosa Pujiarta, Royadi

ABSTRAK

ANALISIS DAN PENGENDALIAN KONDUKTIVITAS AIR PADA KOLOM RESIN CAMPURAN (*MIX-BED*) SISTEM AIR BEBAS MINERAL (GCA 01). Kolom resin campuran merupakan kolom (tabung) yang berisikan campuran resin penukar kation dan resin penukar anion yang berfungsi sebagai media terakhir untuk memurnikan air baku (*raw water*) menjadi air bebas mineral. Telah dilakukan analisis konduktivitas air keluaran kolom resin campuran dengan metode pengukuran menggunakan alat ukur konduktiviti meter dan diketahui bahwa nilai konduktivitas air keluaran kolom resin campuran mengalami kenaikan dari $0.1\mu\text{S/cm}$ menjadi $0.28\mu\text{S/cm}$. Kenaikan ini disebabkan oleh ion pengotor lepasan kolom resin penukar kation dan anion, yang pada proses pertukaran ion, pengotor membentuk senyawa garam yang menghambat proses pertukaran ion. Kenaikan nilai konduktivitas dikendalikan dengan cara pengadukan dan pembilasan ulang resin pada kolom resin campuran. Harga konduktivitas air berhasil diturunkan dari $0.28\mu\text{S/cm}$ menjadi $0.1\mu\text{S/cm}$. Dapat disimpulkan bahwa homogenitas resin penukar ion perlu dijaga dan dipertahankan agar fungsi resin sebagai media pemurnian tetap berfungsi.

Kata kunci: Konduktivitas, resin, homogenitas

ABSTRACT

ANALYSIS AND CONTROL OF THE WATER CONDUCTIVITY ON THE MIX BED COLUMN RESIN OF DEMINERALIZED WATER SYSTEM (GCA 01). *Mix-bed column is the column (tube) containing a mixture of cation exchange resin and anion exchange resin that serves as the last media to purify raw water into demineralized water. Conductivity of water output from the mix bed column resin has been analyzed using conductivitymeter HACH senION5. From the measurement results it was noticed that value of the water conductivity output of the mix bed column resin increase from $0.1\mu\text{S/cm}$ to be $0.28\mu\text{S/cm}$. This increase due to impurities ion released from exchange resin column cations and anions forming salt compound during ion exchange process in which it obstructs the process. By stirring and rinsing of ion exchange resin, value of conductivity is successfully controlled to normal condition of $0.1\mu\text{S/cm}$. It then can be concluded that homogeneity of ion exchange resin should be maintained in order to keep its performance as purification media.*

Keywords: Conductivity, resin, homogeneity.

PENDAHULUAN

Kualitas air bebas mineral sebagai umpan air pendingin pada kolam reaktor sangat dipengaruhi oleh kinerja resin penukar ion pada sistem air bebas mineral. Sistem air bebas mineral adalah sistem yang mengolah air baku (*raw water*) menjadi air bebas mineral dengan menggunakan resin penukar ion sebagai media pemurnian air. Resin penukar ion pada sistem air bebas mineral terdiri dari resin penukar kation, resin penukar anion dan resin campuran kation-anion (*mix-bed*) yang masing-masing resin penukar ion tersebut ditempatkan pada wadah berbentuk kolom.

Tahap pembuatan air bebas mineral adalah air baku dilewatkan pada saringan pasir (*sand filtre*) dan filter mekanik untuk membersihkan air dari pengotor dalam bentuk lumpur atau padatan terlarut yang terdapat dalam air baku. Air kemudian dilewatkan melalui kolom resin penukar kation, kolom resin penukar anion dan terakhir air dilewatkan melalui kolom resin campuran. Resin campuran kation dan anion adalah media terakhir untuk memurnikan air baku menjadi air bebas mineral yang ditampung dalam kolom (tabung). Kualitas air bebas mineral yang dihasilkan mencapai konduktivitas 0.1µS/cm.

Pemantauan nilai konduktivitas air keluaran kolom resin campuran menggunakan alat konduktiviti meter *HACH senION5*, nilai konduktivitas air keluaran kolom resin campuran dengan interval waktu tertentu mengalami perubahan yaitu dari 0.1µS/cm menjadi 0.28 µS/cm. Dengan demikian pada tulisan ini akan dianalisis secara rinci penyebab kenaikan nilai konduktivitas air pada keluaran sistem kolom campuran resin penukar ion dan teknik pengendalian konduktivitas air agar nilai konduktivitas keluaran campuran resin penukar ion mendekati 0.1µS/cm. Adapun lingkup

analisis dan pengendalian yang dilakukan dengan cara :

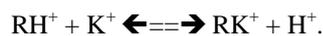
- Analisis fungsi resin campuran yang berfungsi untuk mempertukarkan kation H dan anion OH dengan kation dan anion pengotor dalam air baku. Dari fungsi resin ini, berpeluang tertutupnya permukaan resin pada kolom resin campuran oleh senyawa pengotor yang terlarut di dalam air.
- Melakukan pengendalian agar tercapai nilai konduktivitas air 0.1µS/cm yang di hasilkan dari sistem kolom resin campuran, dengan metode teknik pengendalian melalui pengadukan dan pembilasan resin campuran.
- Melakukan pengukuran konduktivitas air keluaran pada sistem kolom resin campuran sebelum dan sesudah pengadukan dan pembilasan resin.

DESKRIPSI SISTEM

Sistem air bebas mineral adalah sistem yang berfungsi untuk mengolah air baku menjadi air bebas mineral (konduktivitas 0.1µS/cm) dengan menggunakan sistem resin penukar ion sebagai media untuk mengambil ion pengotor yang ada didalam air baku.

Tahapan proses pembuatan air bebas mineral di RSG-GAS adalah sebagai berikut:

- Air baku dari kolam air baku dialirkan menggunakan pompa melalui *pre filter* yang terdiri dari filter pasir dan filter mekanik untuk membersihkan air dari lumpur maupun endapan terlarut.
- Air keluaran dari *pre filter* kemudian dilewatkan kedalam kolom resin penukar kation. Kolom resin penukar kation berisikan resin penukar kation. Pada kolom ini terjadi proses pertukaran kation dalam air dengan kation H dari resin penukar anion menurut reaksi;



Dimana :

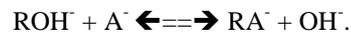
RH^+ : resin berikatan dengan kation H.

K^+ : kation pengotor dalam air baku.

RK^+ : resin yang telah mengikat kation pengotor dari air baku.

H^+ : adalah kation H bebas yang berasal dari resin.

- Air keluaran dari kolom resin penukar kation selanjutnya dilewatkan kedalam kolom resin penukar anion. Kolom resin penukar anion berisikan resin penukar anion. Pada kolom ini terjadi proses pertukaran anion dalam air dengan anion OH dari resin penukar anion menurut reaksi :



Dimana :

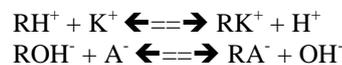
ROH^+ : resin berikatan dengan kation OH.

A^+ : anion pengotor dalam air baku.

RA^+ : resin yang telah mengikat anion pengotor dari air baku.

OH^- : adalah anion OH bebas yang berasal dari resin.

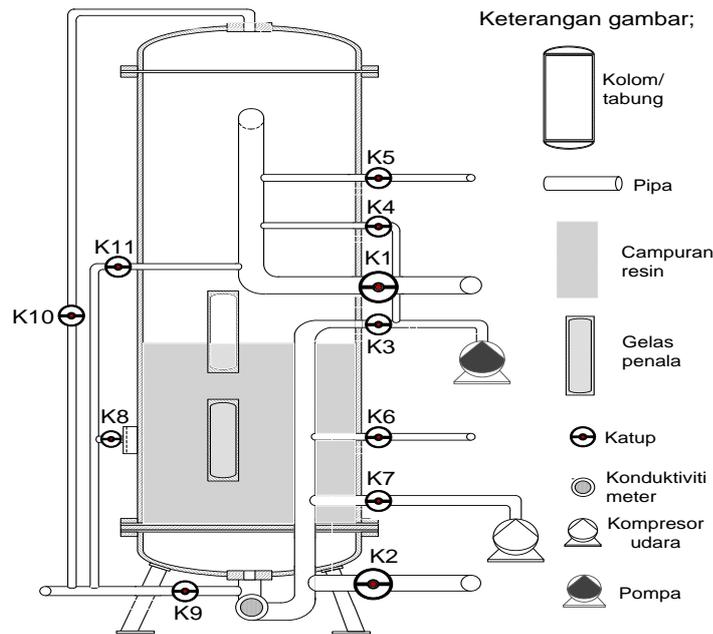
- Dan tahap terakhir, air baku dilewatkan melalui kolom resin campuran. Kolom resin campuran berisikan campuran resin penukar kation dan resin penukar anion. Arah aliran air baku pada kolom resin campuran adalah dari atas ke bawah. Fungsi dari resin campuran ini adalah untuk mempertukarkan sisa-sisa kation dan anion yang masih terdapat didalam air keluaran kolom resin kation dan kolom resin anion dengan ion H^+ dan OH^- dari resin campuran seperti dijelaskan pada reaksi sebagai berikut ^[1] ;



H^+ dan anion OH^- selanjutnya bergabung menjadi H_2O (air) tanpa mineral dengan nilai konduktivitas bisa mencapai 0.1 $\mu S/cm$. Air bebas mineral yang dihasilkan selanjutnya ditampung dalam tangki tampung air bebas mineral.

Kolom resin campuran terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

1. Kolom resin campuran yang berfungsi untuk menempatkan resin penukar ion. Kolom dilengkapi dengan gelas penala untuk melihat resin yang berada didalam kolom.
2. Pipa-pipa yang terbuat dari bahan PVC berfungsi untuk mengalirkan air baku, bahan regenerasi dan udara bertekanan.
3. Katup aliran air dan aliran bahan regenerasi yang berfungsi untuk mengatur cairan yang berhubungan dengan produksi maupun regenerasi. Katup udara yang berfungsi untuk memberikan udara bertekanan ke dalam resin campuran.
4. Sensor konduktivitas meter yang terpasang secara permanen yang berfungsi untuk memantau kualitas air bebas mineral yang dihasilkan.
5. Campuran resin penukar ion yang terdiri dari 75 liter resin penukar kation dan 75 liter resin penukar anion.
6. Konduktiviti meter yang berfungsi untuk memantau nilai konduktivitas air bebas mineral hasil pengoperasian sistem air bebas mineral.
7. Kompresor udara yang berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan, digunakan untuk pengadukan resin campuran.
8. Pompa yang berfungsi untuk mengalirkan air bebas mineral dari tangki tampung air bebas kedalam kolom resin campuran.



Gambar 1. Kolom resin campuran

Keterangan dan kondisi katup pada kolom resin campuran adalah sebagai berikut;

- a) K1 adalah katup air baku masuk dari kolom resin penukar kation dan anion ke tangki resin campuran. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi (*standby*) atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K1 selalu dalam kondisi terbuka.
- b) K2 adalah katup air baku keluar dari kolom resin campuran. Air keluaran dari K2 selanjutnya mengalir menuju ke tangki tampung air bebas mineral. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K2 selalu dalam kondisi terbuka.
- c) K3 dan K4 adalah katup air bebas mineral masuk dari tangki tampung air bebas mineral ke tangki resin campuran. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K5 dan K6 selalu dalam kondisi tertutup. Katup K3 dan K4 difungsikan

saat melakukan regenerasi campuran resin.

- d) K5 dan K6 adalah katup bahan regenerasi masuk ke kolom resin campuran. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K5 dan K6 selalu dalam kondisi tertutup. Katup K5 dan K6 difungsikan saat melakukan regenerasi resin campuran.
- e) K7 adalah katup udara bertekanan masuk ke tangki resin campuran. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K7 dalam kondisi tertutup. Katup K7 difungsikan saat melakukan pengadukan resin campuran.
- f) K8 dan K9 adalah katup untuk membuang air dari kolom resin campuran menuju tangki netralisasi. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K8 dan K9

- dalam kondisi tertutup. Katup K8 dan K9 difungsikan untuk membuang air dari kolom resin campuran.
- g) K10 adalah katup untuk membuang udara pada kolom. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, katup K10 dalam kondisi tertutup. Katup K10 difungsikan untuk melakukan pembuangan udara dari kolom resin campuran.
 - h) K11 adalah katup *bypass* dari kolom resin penukar kation dan kolom resin anion. Pada saat sistem air bebas mineral diam siap operasi atau saat operasi produksi air bebas mineral, K11 dalam kondisi tertutup^[2].

METODE ANALISIS

- 1) Alat yang dipakai.
Konduktiviti meter *HACH senION5*
- 2) Bahan.
Air keluaran kolom resin anion dan kolom resin campuran.
- 3) Cara pengambilan data.
 - a). Mengambil sampel air dengan menggunakan gelas Erlenmeyer sebanyak 100 mililiter.

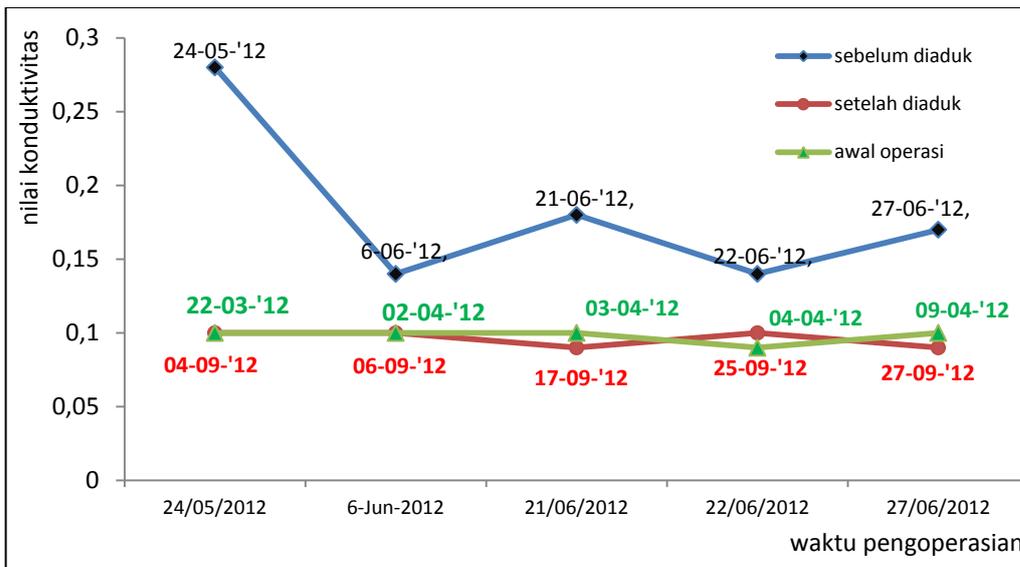
- b). Mengukur konduktivitas air sampel dengan alat konduktiviti meter *HACH senION5* Catat hasil pengukuran.
- 4) Pengendalian konduktivitas melalui pengadukan dan pembilasan dengan cara:
- a) Pengadukan dilakukan dengan mengalirkan udara bertekanan kedalam kolom resin campuran dengan menggunakan kompresor udara.
 - b) Pembilasan dilakukan dengan cara mengalirkan air bebas mineral yang berasal dari tangki tampung air bebas mineral kedalam kolom resin campuran dengan menggunakan pompa.
 - c) Melakukan pengukuran konduktivitas air keluaran kolom resin campuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diperoleh hasil pengukuran nilai konduktivitas air sebelum dan setelah dikendalikan adalah sebagai berikut pada tabel dan grafik pada Gambar 2 dan 3.

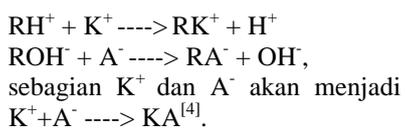
Awal penoperasian		Sebelum diaduk dan dibilas		Setelah diaduk dan dibilas	
Tanggal pengoperasian	Nilai konduktivitas	Tanggal pengoperasian	Nilai konduktivitas	Tanggal pengoperasian	Nilai konduktivitas
22/03/2012	0.1	24/05/2012	0.28	04/09/2012	0.1
02/04/2012	0.1	01/06/2012	0.14	06/09/2012	0.1
03/04/2012	0.1	21/06/2012	0.18	17/09/2012	0.09
04/04/2012	0.09	22/06/2012	0.14	25/09/2012	0.1
09/04/2012	0.1	27/06/2012	0.17	27/09/2012	0.09

Gambar 2. Nilai konduktivitas sebelum dan setelah nilai konduktivitas dikendalikan



Gambar 3. Grafik nilai konduktivitas dan waktu pengoperasian

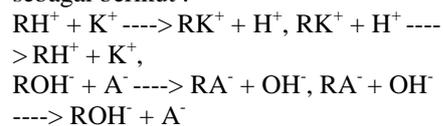
- Kenaikan nilai konduktivitas air keluaran kolom resin campuran dikarenakan terhambatnya proses pertukaran ion pada kolom resin campuran akibat terdapatnya reaksi kation dan anion yang menghasilkan garam ($K^+ + A^- \rightarrow KA$). Terbentuknya garam selama proses pertukaran ion (reaksi kation dan anion) dikarenakan adanya ion pengotor pada air terbawa dari kolom resin penukar kation dan anion. Proses reaksi terbentuknya garam dapat dijelaskan sebagai berikut:



Oleh karena itu dengan terbentuknya senyawa garam maka garam tersebut akan menutup permukaan resin dan mengakibatkan terhambatnya proses pertukaran ion pada kolom resin campuran. Terlepasnya ion pengotor dari kolom resin kation dan anion dikarenakan :

- 1) Pada awal pengoperasian sistem air bebas mineral proses pertukaran ion yang terjadi belum maksimal, pertukaran ion yang terjadi baru pada permukaan resin (*adsorpsi*). Proses pertukaran ion selanjutnya terjadi baik pada permukaan resin maupun didalam resin (*absorpsi*)^[3].

- 2) Mekanisme reaksi pertukaran ion adalah *reversible* sehingga pada awal pengoperasian sistem air bebas mineral terjadi pelepasan kembali ion yang sudah terikat oleh resin^[3], seperti reaksi sebagai berikut :



Indikasi pertukaran ion tersebut terjadi pada awal pengoperasian sistem air bebas mineral (0 menit) sampai 10 menit dan dapat diketahui dari kenaikan nilai konduktivitas air keluaran kolom resin anion seperti terlihat pada gambar 4 berikut :

Tanggal pengoperasian	Waktu pengoperasian (menit)	Nilai konduktivitas (max. 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$)	Keterangan
22/03/2012	0	6.0	Kinerja resin optimal apabila konduktivitas < 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^[2]
	5	5.6	
	10	4.5	
	15	2.8	
	20	2.4	
02/04/2012	0	11.2	
	5	10.5	
	10	3.3	
	15	0.9	
	20	0.2	
03/04/2012	0	5.2	
	5	5.4	
	10	5.0	
	15	2.2	
	20	0.4	
04/04/2012	0	9.3	
	5	8.4	
	10	5.0	
	15	0.6	
	20	0.4	
09/04/2012	0	7.1	
	5	6.5	
	10	4.5	
	15	0.4	
	20	0.2	

Gambar 4. Tabel nilai konduktivitas air keluaran kolom resin anion

Dengan adanya lepasan kation dan anion pengotor dalam air baku maka ion pengotor tersebut terbawa masuk kedalam kolom resin campuran.

- Pengendalian untuk menurunkan nilai konduktivitas dari 0.28 mejadi 0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dilakukan dengan pengadukan dan pembilasan, hal ini dapat tercapai dikarenakan :
 - Pada saat pengadukan akan mengakibatkan garam yang menempel pada resin akan terlepas. Hal ini terlihat bahwa setelah diaduk air menjadi lebih keruh. Terlepasnya garam terjadi karena garam hanya mengendap pada permukaan resin dan tidak terjadi saling ikat antara garam dan resin.
 - Pada saat pembilasan, garam yang menghambat proses pertukaran ion

akan terbang bersama aliran air pembilas.

- Kinerja resin campuran akan optimal kembali karena garam yang menghambat proses pertukaran ion pada resin telah terbang.

Dengan hasil analisis dan pengendalian resin campuran tersebut maka waktu pengoperasian sistem air bebas mineral pada kolom resin campuran menjadi lebih panjang sehingga dapat menunda proses regenerasi.

- Hasil analisis dan pengendalian ini dapat menyempurnakan untuk merevisi dokumen prosedur pengopersian sistem air bebas mineral di RSG-GAS.

KESIMPULAN

Homogenitas resin penukar ion perlu dijaga dan dipertahankan dengan cara pengadukan dan pembilasan resin secara periodik agar fungsi resin sebagai media pemurnian tetap berfungsi.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) **ANINOMOUS**, Repair Library MPR 30 vol. 5 GCA01+PAQ, water treatment plant (demi-water). Badan Tenaga Nuklir Nasional
- 2) **ANINOMOUS**, Multi Purpose Reactor 30 operating manual part IV chapter 3.1, Badan Tenaga Nuklir Nasional
- 3) **Prof. KONRAD DORFNER, ANTON J. HARTONO**, IPTEK Penukar Ion. Penerbit, Andi offset Yogyakarta 1995 edisi I.
- 4) **R.A. DAY, JR./A.L. UNDERWOOD**. Analisa kimia Kuantitatif, edisi keempat. Penerbit, Erlangga Jakarta.