

ANALISIS KEMAMPUAN RESIN PENUKAR ION PADA SISTEM AIR BEBAS MINERAL (GCA 01) RSG-GAS.

Diyah Erlina Lestari, Setyo Budi Utomo, Harsono

ABSTRAK

ANALISIS KEMAMPUAN RESIN PENUKAR ION PADA SISTEM AIR BEBAS MINERAL (GCA 01) RSG-GAS. Sistem Air Bebas Mineral (GCA01) merupakan sistem yang berfungsi untuk mengolah air baku menjadi air bebas mineral yang menggunakan unit resin penukar ion yang terdiri dari kolom resin penukar kation, kolom resin penukar anion, dan kolom *mixed* resin. Setelah beberapa waktu tertentu resin penukar ion akan jenuh sehingga perlu dilakukan regenerasi terhadap resin penukar ion. Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS dioperasikan tidak kontinyu dan sebagai indikasi kapan dilakukannya regenerasi resin penukar ion pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS adalah apabila konduktivitas air keluaran kolom resin penukar anion menunjukkan $\geq 5\mu\text{S/cm}$. Telah dilakukan analisis kemampuan resin penukar ion pada sistem air bebas mineral (GCA 01) jalur I. Analisis dilakukan dengan jalan membandingkan waktu yang diperlukan dalam satu siklus pengoperasian sistem dari regenerasi ke regenerasi selanjutnya selama kurun waktu tahun 2011 dan 2012. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa waktu dalam satu siklus regenerasi bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan resin penukar ion pada sistem air bebas mineral (GCA 01) bervariasi tergantung pada kualitas air baku dan keberhasilan saat dilakukan regenerasi terhadap resin penukar ion.

Kata kunci; kemampuan resin, sistem air bebas mineral

ABSTRACT

ANALYSIS OF ION-EXCHANGE RESIN CAPABILITY OF THE RSG-GAS DEMINERALIZED WATER SYSTEM (GCA01). The Demineralized water system (GCA01) is a system which is function to process raw water to be demineralized water using ion exchange resin unit consisting of a column of cation exchange resins, anion exchange resin column and the column resin mixed. After certain time, the ion exchange resins to be saturated so that is needed regeneration. The RSG-GAS demineralized water system (GCA01) not operated continuously and indication of when does an ion exchange resin regeneration on The RSG-GAS demineralized water system (GCA01) is the water conductivity from anion exchange resin column output indicates $\geq 5\mu\text{S/cm}$. Analysis of capability of the ion exchange resin demineralized water system (GCA01) line I has been performed. The analysis was done by comparing the time required in the system operating cycle of regeneration to the next regeneration during the period 2011 and 2012. From the results of the analysis showed the cycle regeneration time is varies. This shows that ion exchange resin capability of the RSG-GAS demineralized water system (GCA01) is varies depending on the raw water quality and success of the regeneration ion exchange resin.

Key words: capability resin, demineralized water system

PENDAHULUAN

Resin penukar ion pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS merupakan media yang digunakan dalam proses untuk menghasilkan air bebas mineral. Resin penukar ion ini berfungsi untuk mengambil ion pengotor air baku yang tidak dikehendaki dengan cara reaksi pertukaran ion yang mempunyai tanda muatan sama antara air sebagai bahan baku dengan resin penukar ion yang dilaluinya, dimana kation resin akan mengambil kation pengotor air dan anion resin akan mengambil anion pengotor air. Pertukaran ini terjadi dalam kolom/tangki resin penukar ion, di mana air baku dialirkan melewati resin penukar ion yang berada dalam tangki/kolom.

Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS menggunakan unit resin penukar ion yang terdiri dari tangki (kolom) resin penukar kation, tangki (kolom) resin penukar anion dan tangki (kolom) *mixed* resin. Di dalam proses pembuatan air bebas mineral pada sistem Air Bebas Mineral di RSG-GAS, air baku dialirkan melewati resin penukar ion yang berada dalam tangki/kolom resin yang terdiri dari tangki (kolom) resin penukar kation, tangki (kolom) resin penukar anion dan tangki (kolom) *mixed* resin.

Kemampuan resin penukar ion dalam mengambil ion pengotor dalam air baku memiliki keterbatasan, sehingga setelah beberapa waktu tertentu resin penukar ion tidak mampu lagi mengambil ion pengotor dalam air baku. Dalam

keadaan dimana resin penukar kation dan resin penukar anion tidak mampu lagi mengambil pengotor dalam air maka resin penukar ion dikatakan jenuh, sehingga perlu dilakukan regenerasi guna pengaktifan kembali gugus fungsional resin penukar ion yang berfungsi untuk mengambil atau mengikat ion-ion pengotor yang berada dalam air baku. Dengan dilakukannya regenerasi pada resin penukar ion diharapkan akan mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor dalam air baku sehingga kualitas air yang dihasilkan oleh sistem air bebas mineral sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pengoperasian Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS dilakukan untuk menjaga ketersediaan air bebas mineral pada tangki tampung agar selalu berada dalam keadaan penuh 100% dan pengoperasiannya tidak terus menerus. Sebagai indikasi kapan dilakukannya regenerasi resin penukar ion pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS adalah apabila konduktivitas air keluaran kolom resin penukar anion menunjukkan $\geq 5\mu\text{S}/\text{cm}$.

Kapasitas pertukaran ion dari suatu resin bergantung pada jumlah total gugus-gugus aktif ion persatuan bobot bahan dan semakin banyak jumlah ion-ion itu, maka kapasitasnya semakin besar. Dalam tulisan ini akan dianalisis kemampuan resin penukar ion dengan jalan membandingkan waktu yang diperlukan dalam satu siklus pengoperasian sistem air bebas mineral dari regenerasi ke regenerasi selanjutnya dari beberapa siklus regenerasi yang dilakukan selama tahun 2011 dan 2012, dengan harapan dapat memberi gambaran waktu satu siklus regenerasi sehingga dapat memperkirakan regenerasi berikutnya.

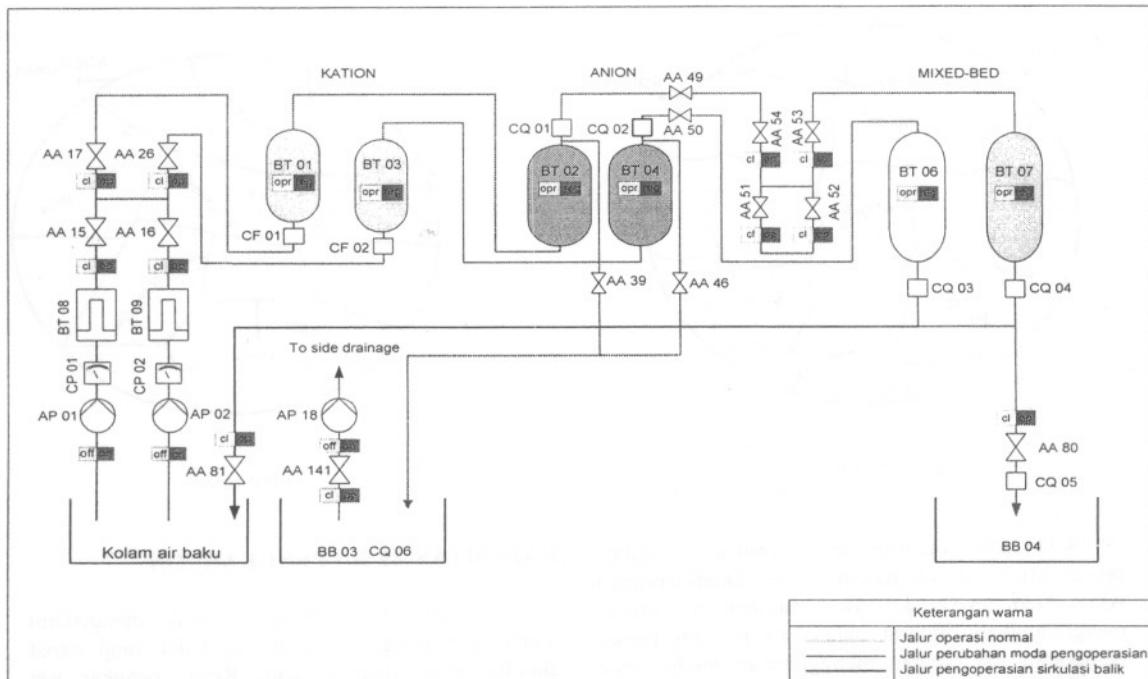
TEORI

Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01)⁽¹⁾ merupakan salah satu sistem bantu di RSG-GAS

yang mempunyai fungsi untuk mengolah air baku menjadi air bebas mineral yang selanjutnya air bebas mineral digunakan sebagai pemasok air pendingin kolam reaktor RSG-GAS. Sistem air bebas mineral GCA 01 terdiri dari dua jalur proses pengolahan yang masing-masing jalur terdiri dari kolom *sand filter*, kolom resin penukar kation, kolom resin penukar anion dan kolom resin *mix bed*. Dimana pola pengoperasian adalah satu jalur beroperasi dan jalur yang lain *stand by* (siap operasi atau regenerasi) atau satu jalur beroperasi dan jalur yang lain dilakukan regenerasi.

Air baku sebagai air umpan pada pembuatan air bebas mineral diambil dari air pengolahan PAM PUSPIPTEK yang ditampung dalam kolam air baku (*Raw Water*). Air baku ini dipompakan kedalam Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) menggunakan pompa benam GCA01 AP 01/02 dengan kecepatan alir $5\text{m}^3/\text{jam}$ melewati kolom *sand filter* dengan arah aliran air dari atas menuju bagian bawah kolom. Air keluaran dari kolom *sand filter* kemudian dialirkan melewati kolom resin penukar kation GCA01 BT01 dan kolom resin penukar anion GCA01 BT02 dengan arah aliran dari bawah ke atas, tujuannya adalah untuk menambah waktu kontak resin penukar ion dengan air umpan. Selanjutnya air keluaran dari kolom resin penukar anion dialirkan melewati kolom resin *mix bed* GCA01 BT07 dengan arah aliran dari atas ke bawah. Air bebas mineral dari produk pengolahan sistem ditampung dalam tangki penampung air bebas mineral GCA01 BB04 dengan kapasitas tampung 10m^3 .

Untuk menjaga kualitas air bebas mineral sesuai dengan rancangan tersebut maka pada sistem air bebas mineral dilengkapi dengan alat pemantau konduktivitas pada sisi keluaran kolom resin penukar anion dan pada sisi keluaran kolom resin *mix bed*. Gambar diagram alir tahapan proses pembuatan air bebas mineral RSG-GAS dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1: diagram alir tahapan proses pembuatan air bebas mineral RSG-GAS

RESIN PENUKAR ION^(2,3,4,5)

Resin penukar ion adalah suatu matriks yang tidak dapat larut, berupa butiran yang memiliki diameter $\pm 1-2$ mm. Resin tersebut pada umumnya terbuat dari suatu substrat polimer organik.

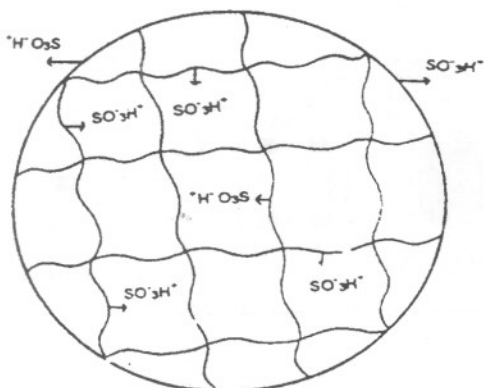
Kebanyakan resin penukar ion terbuat dari polystyrene yang memiliki ikatan crosslinker pada umumnya dicapai dengan menambahkan suatu proporsi kecil divinyl benzene kedalam styrene. Non-crosslinker polimer juga digunakan hanya saja jarang dipakai karena kecenderungan polimer tersebut untuk mengubah dimensi pada ikatan ion. Banyak sedikitnya ikatan crosslinked tergantung pada kapasitas resin dan memperpanjang waktunya dapat dicapai kesetimbangan ion dalam larutan dan resin, sehingga secara umum resin penukar ion didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (*cross-linking*) serta 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. Resin penukar kation, mengandung kation yang dapat dipertukarkan, sedang resin penukar anion, mengandung anion yang dapat dipertukarkan.

Pada umumnya senyawa yang digunakan untuk kerangka dasar resin penukar ion asam kuat dan basa kuat adalah senyawa polimer stiren divinilbenzena. Ikatan kimia pada polimer ini amat kuat sehingga tidak mudah larut dalam keasaman dan sifat basa yang tinggi dan tetap stabil pada suhu diatas 150°C . Polimer ini dibuat dengan mereaksikan stiren dengan divinilbenzena, setelah terbentuk kerangka resin penukar ion maka akan digunakan untuk menempelnya gugus ion yang akan dipertukarkan.

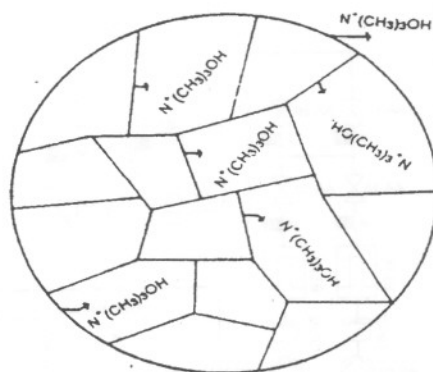
Resin penukar kation dibuat dengan cara mereaksikan senyawa dasar tersebut dengan gugus ion yang dapat menghasilkan (melepaskan) ion positif. Gugus ion yang biasa dipakai pada resin penukar kation asam kuat adalah gugus sulfonat dan cara pembuatannya dengan sulfonasi polimer polistyren divinilbenzena (matrik resin).

Resin penukar ion yang direaksikan dengan gugus ion yang dapat melepaskan ion negatif diperoleh resin penukar anion. Resin penukar anion dibuat dengan matrik yang sama dengan resin penukar kation tetapi gugus ion yang dimasukkan harus bisa melepas ion negatif, misalnya $-\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$ atau gugus lain atau dengan kata lain setelah terbentuk kopolimer styren divinilbenzena (DVB), maka diaminiasi kemudian diklorometilasikan untuk memperoleh resin penukar anion.

Secara umum struktur resin penukar ion adalah sbb



Kation Resin

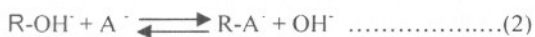


Anion resin

Salah satu kegunaan resin penukar ion dalam proses kimia adalah dalam proses Demineralisasi Air. Demineralisasi Air merupakan proses menghilangkan mineral dalam air melalui proses pertukaran ion dengan menggunakan media resin penukar kation dan resin penukar anion sehingga dihasilkan air yang mempunyai kemurnian tinggi. Pada proses demineralisasi air, resin penukar kation akan menukar atau mengambil ion-ion bermuatan positif (kation) dari unsur-unsur yang berada didalam air baku, sedangkan resin penukar anion akan menukar atau mengambil ion-ion bermuatan negative (anion) Mekanisme reaksi pertukaran ion yang terjadi pada kolom resin penukar kation adalah sebagai berikut.



Sedangkan mekanisme reaksi pertukaran ion yang terjadi pada kolom resin penukar anion adalah sebagai berikut



- Dimana;
- R : resin penukar ion
 - H⁺ : kation dari resin penukar ion
 - OH⁻ : anion dari resin penukar ion
 - K⁺ : kation dari suatu larutan
 - A⁻ : anion dari suatu larutan

Pertukaran ion pada proses Dimeneralisasi Air bersifat reversible dan stiometrik. Pada saat resin penukar ion bekerja mengambil ion pengotor maka reaksi akan bergeser ke kanan dan saat dilakukan regenerasi maka reaksi di geser ke kiri.

KAPASITAS RESIN PENUKAR ION

Kapasitas amat penting untuk mengetahui jumlah ion pengotor dalam air baku yang dapat diambil atau dipertukarkan. Resin penukar ion mempunyai kapasitas yang terbatas dalam kemampuan menukar ion yang disebut kapasitas tukar ion. Kapasitas resin penukar ion adalah bilangan yang menyatakan jumlah banyaknya ion yang dapat dipertukarkan untuk setiap 1 (satu) gram resin atau tiap milliliter. Kapasitas juga dinyatakan sebagai miliekuivalen per milliliter (meq/mL), yang sama dengan normal; miliekuivalen pergram kering (meq/g) dan kilograins per kaki kubik (kgr/ft3)⁽⁶⁾ Dalam sejarah awal pelunakan air menggunakan zeolit, hal ini bisa untuk mengekspresikan kesadahan air dalam butir per gallon (gr/gal). Sedangkan gr/gal = 17.1 mg/L.

Karena penggunaanya umum , maka kapasitas zeolit dinyatakan dalam kilogram kapasitas tukar per feet kubik zeolit.Faktor konversi normalitas resin menjadi kilogram per feet(kgr/ft3) adalah sekitar 22, sehingga sebuah penukar kation dengan kapasitas 2.0 meq/mL memiliki kapasitas pertukaran sekitar 44 kgr/ft3⁽⁶⁾

Pada proses demineralisasi air, Penentuan kapasitas resin dilakukan dengan dua pendekatan⁽⁷⁾ yaitu(1) Pendekatan Volume Produk (waktu); dan (2) Pendekatan Volume Rumus umum yang digunakan untuk mernghitung kapasitas resin adalah sbb :

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot TDS_{feed} \cdot 15,45}{TEC \cdot 35,34 \cdot \eta} \dots\dots\dots(3)$$

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta} \dots\dots\dots(4)$$

$$V_p = Q \cdot t \dots\dots\dots(5)$$

$$V_R = \frac{V_P \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- V_R = Volume Resin (liter)
- Q = Debit (m^3/jam)
- T = Lamanya waktu (jam)
- TDS_{feed} = Jumlah Total Kation atau Anion air baku (mg/l $CaCO_3$)
- TEC = Kapasitas Resin Penukar Ion (kgr/ft^3)
(40 kgr/ft^3 untuk Cation dan 21.9 kgr/ft^3 untuk Anion)
- η = efisiensi resin (80 – 90 %)
- V_P = Volume Produk (m^3)
- 35,34 = faktor konversi ft^3/M^3
- 15,45 = faktor konversi kgr/M^3

Pendekatan Volume Produk (waktu)

Dalam penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume produk yang harus ditentukan terlebih dahulu adalah debit atau laju aliran (Q) dan volume lamanya siklus regenerasi dalam jam (t).

Setelah didapatkan debit dan waktu, maka akan diketahui jumlah resin yang diperlukan (dalam liter) berdasarkan jumlah kandungan ion (impurity) yang terkandung dalam air baku yang dapat diketahui dari hasil analisis ion air baku dan kapasitas penukar ion (total exchange capacity) resin yang digunakan. Kapasitas penukar ion resin ini diketahui dari produsen pembuatnya. Angka kapasitas resin menunjukkan kemampuan resin penukar ion untuk menukar ion yang diinginkan dengan gugus aktif resinnya. Semakin tinggi kemampuannya, semakin banyak ion yang dapat ditukar dan semakin lama waktu regenerasinya. Saat ini resin penukar ion di pasaran rata-rata mempunyai kemampuan penukaran ion 1.9 eq/l (\pm 39 kgr/ft^3) untuk Cation H+form dan 1.0 eq/l (\pm 21.9 kgr/ft^3) untuk Anion OH-form. Sedangkan untuk softener 2.0 eq/l (\pm 41 kgr/ft^3) untuk Cation Na+form dan 1.2 eq/l (\pm 26.2 kgr/ft^3) untuk Anion Cl-form).

Pendekatan ini lebih bersifat individu yang berarti konsumen dapat menentukan sendiri jumlah produk yang ingin didapatkan dalam satu siklus regenerasi.

Pendekatan Volume Resin

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume resin berarti jumlah resin yang digunakan ditentukan terlebih dahulu kemudian jumlah produk atau lamanya waktu siklus regenerasi akan diketahui. Hal ini berlaku apabila konsumen

menginginkan produk jadi (pasaran) yang telah difabrikasi di pabrik pembuatnya. Dalam hal ini, manufaktur tidak menghitung jumlah impurity yang terdapat dalam air baku melainkan berdasarkan tetapan baku yang sudah ditetapkan oleh pembuat sehingga performanya bervariasi tergantung dari kualitas air baku. Semakin baik air bakunya, performanya semakin baik dan siklus regenerasinya pun semakin lama.

METODE ANALISIS

1. Selama pengoperasian sistem air bebas mineral, dilakukan pengukuran konduktivitas dan pH air keluaran kolom resin penukar kation, anion dan kolom resin *mix bed* Terutama pengukurann konduktivitas air keluaran kolom resin penukar anion yang digunakan sebagai acuan kapan perlunya dilakukan regenerasi resin penukar ion. Dan pengukurann konduktivitas air keluaran kolom resin *mix bed* sebagai indikasi kualitas air produk.
2. Setiap pengoperasian sistem air bebas mineral, dilakukan pencatatan waktu dimulainya dan berakhirnya pengoperasian sistem air bebas mineral.
3. Menghitung waktu lamanya pengoperasian sistem air bebas mineral dari awal pengoperasian setelah dilakukan regenerasi sampai resin perlu dilakukan regenerasi berikutnya. (waktu dalam satu siklus regenerasi)
4. Membandingkan lamanya pengoperasian sistem air bebas mineral dalam satu siklus pengoperasian dari regenerasi ke regenerasi selanjutnya (dalam satu siklus regenerasi) dari beberapa siklus regenerasi yang dilakukan selama tahun 2011 dan 2012 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pembuatan air bebas mineral , air baku dari kolam air baku (*raw water*) dipompakan melewati saringan pasir, saringan mekanik kemudian dilewatkan dalam kolom resin penukar kation, kolom resin penukar anion, kolom resin *mix-bed*. Secara keseluruhan hasil pengukuran kualitas air pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral beserta lama produksinya(lama pengoperasian sistem) ditampilkan pada Tabel 1,2,3,4 dan 5 serta grafiknya diberikan pada Gambar 5 dan 6.

Tabel 1 : Data hasil pengukuran pH dan konduktivitas air pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral beserta lama produksi untuk siklus regenerasi I⁽⁸⁾

Tanggal	konduktivitas				PH				lama produksi
	RW	kation	anion	mix	RW	kation	anion	mix	
11-Mar-11	177,2	374	0,4	0,1	6,9	3,1	7,8	6,8	1 jam 20 mnt
18-Mar-11	164,1	363	0,4	0,1	6,8	3,1	7,8	6,8	1 jam 35 mnt
23-Mar-11	144,7	361	0,4	0,1	6,5	3,2	7,7	6,6	1 jam 5 mnt
06-Apr-11		340	0,4	0,1		3,1	7,4	6,8	1 jam 30 mnt
08-Apr-11		316	0,6	0,1		3,1	7,9	6,9	1 jam 20 mnt
12-Apr-11	149,9	373	0,3	0,1	6,6	3	6,9	6,8	1 jam
14-Apr-11			0,6	0,1				6,7	2 jam
21-Apr-11	178,7	279	0,6	0,1	7,2	3,1	7,1	5,9	55 mnt
27-Apr-11		431	0,6	0,1		3,2	7,3	6,4	45 mnt
29-Apr-11		272	1,2	0,1		3,2	7,4	6,5	40 mnt
12-Mei-11		284	1,1	0,1		3,3	7,8	6,8	20 mnt
13-Mei-11		281	1,1	0,1		3,3	8	6,8	1 jam 50 mnt
18-Mei-11	120,7	294	1,1	0,1	7,2	3,5	7,2	6,8	1 jam 5 mnt
25-Mei-11	116,5	297	1,2	0,1	6,7	3,6	7,4	6,5	40 mnt
01-Jun-11	119,6	291	1	0,1	7	3,5	7,2	6,5	1 jam 40 mnt
06-Jun-11	119,4	285	2,6	0,1	6,8	3,5	6,6	6,5	1 jam 40 mnt
15-Jun-11	115,5	245	2,5	0,1	6,6	3,6	6,5	6,7	40 mnt
17-Jun-11		285	3	0,1		3,5	6,5	6,8	1 jam
Lama pengoperasian sistem untuk siklus regenerasi I									19 jam

Tabel 2 : Data hasil pengukuran pH dan konduktivitas air pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral beserta lama produksi untuk siklus regenerasi II⁽⁸⁾

Tanggal	konduktivitas				PH				lama pengoperasian
	RW	kation	anion	mix	RW	kation	anion	mix	
16-Agust-11	186,8	415	0,3	0,12	7	3,1	7,1	6,5	1 jam 40 mnt
24-Agust-11		410	0,4	0,1		3,1	6,9	6,9	55 mnt
14-Sep-11		576	0,2	0,1		3,4	6,9	7	1 jam 45 mnt
16-Sep-11		576	0,7	0,1		3,2	7,2	7	1 jam 20 mnt
21-Sep-11	179,8	429	0,6	0,1	7,3	3,5	6,6	6,6	40 mnt
23-Sep-11		440	1	0,11		3,3	7	6,8	1 jam 5 mnt
30-Sep-11	196,8	407	1,3	0,1	7,4	3,4	7,4	7,2	45 mnt
04-Okt-11		446	1	0,1		3,3	7,6	7,2	1 jam 15 mnt
05-Okt-11		446	1,6	0,1		3,3	6,9	7	1 jam 15 mnt
06-Okt-11		452	1,7	0,1		3,3	7,6	7,2	1 jam 5 mnt
14-Okt-11		460	2	0,1		3,3	6,7	7,2	40 mnt
18-Okt-11	193,1	435	3	0,1	6,8	3,2	6,8	7,2	55 mnt
24-Okt-11		454	3,4	0,1		3,3	7	6,8	52 mnt
02-Nop-11		305	5,2	0,1		3,3	6	6,8	35 mnt
Lama pengoperasian sistem untuk siklus regenerasi II									14 jam 47 mnt

Tabel 3: Data hasil pengukuran pH dan konduktivitas air pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral beserta lama produksi untuk siklus regenerasi III⁽⁸⁾

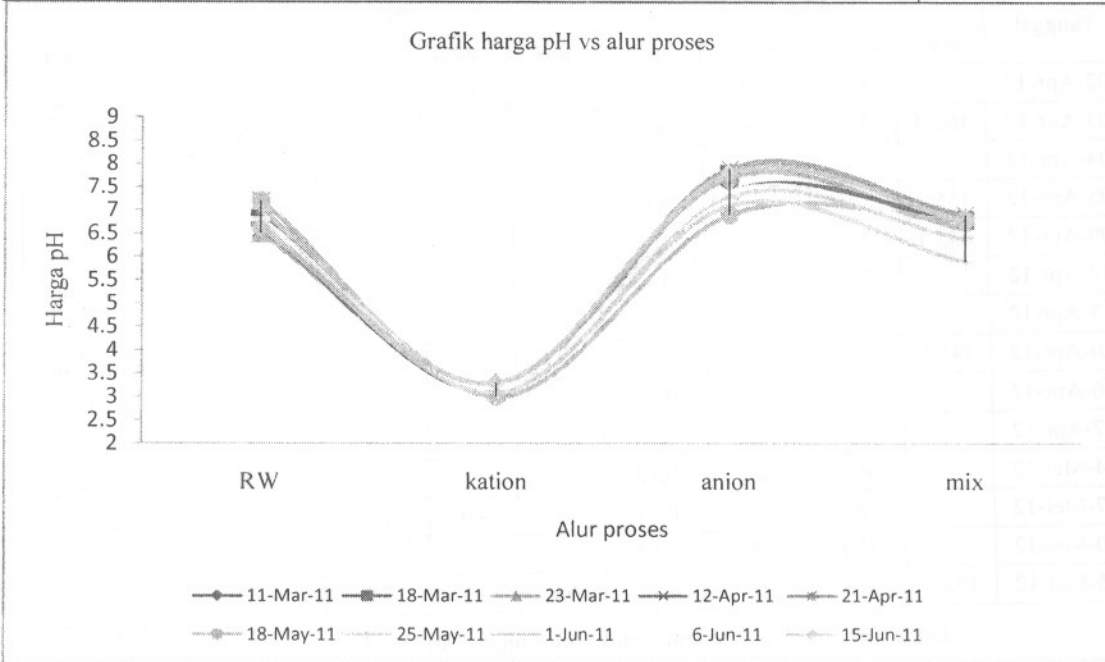
tanggal	konduktivitas				PH				lama pengoperasian
	RW	kation	anion	mix	RW	kation	anion	mix	
22-Des-11	190,6	374	0,5	0,21	8,8	2,7	6,3	5,2	1 jam 5 mnt
28-Des-11	184,2	374	0,5	0,14	8,4	2,7	6,1	5,8	47mnt
02-Jan-12		273	0,4	0,1		3,1	6,5	6,8	35 mnt
06-Jan-12	185,3	370	0,2	0,19	7,5	3,1	5,9	5,7	47 mnt
11-Jan-12	162,3	315	0,8	0,23	7,4	3,4	6,1	5,5	25 mnt
12-Jan-12		313	0,3	0,11		3,2	6,3	6,5	45 mnt
16-Jan-12		286	0,6	0,3		3	6,7	5,4	16 mnt
18-Jan-12	186,2	286	0,9	0,18	7,9	3,1	7,1	5,8	1jam 2 mnt
20-Jan-12		294	2	0,12		3	7,3	5,8	31 menit
25-Jan-12	165,1	344	2,7	0,16	8	3	7,5	5,5	20 mnt
27-Jan-12		336	2,1	0,14		3,1	7	5,9	15 mnt
01-Feb-12	144,8	319	2,4	0,14	7,4	3,3	7,7	6,2	40 mnt
07-Feb-12		336	3,5	0,12		3,3	7,9	6,7	1 jam 10 mnt
08-Feb-12		329	3,7	0,11		3,4	8,5	6,7	55 mnt
10-Feb-12		334	4,1	4,13		3	8,5	6,7	55mnt
13-Feb-12	101	291	4,1	0,14	6,9	3,1	6,6	6,8	55 mnt
Lama pengoperasian sistem untuk siklus regenerasi III									11 jam 23 mnt

Tabel 4: Data hasil pengukuran pH dan konduktivitas air pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral beserta lama produksi untuk siklus regenerasi IV⁽⁸⁾

Tanggal	konduktivitas				PH				lama pengoperasian
	RW	kation	anion	mix	RW	kation	anion	mix	
02-Apr-12		357	0,2	0,1		3,1	6,7	6,8	1 jam 15 mnt
03-Apr-12	162,8	361	0,4	0,1	6,4	3	6,1	5,8/6,6	20 mnt
04-Apr-12									55 mnt
05-Apr-12	155,3			0,18					1 jam 30 mnt
09-Apr-12	145,1	319	0,2	0,1				6,7	40 mnt
12-Apr-12		299	0,4	0,13				6,7	1 jam 15 mnt
13-Apr-12									30 mnt
20-Apr-12	142,6								1 jam 20 mnt
26-Apr-12		294	1,6	0,16				6,7	1 jam
27-Apr-12									20 mnt
04-Mei-12		460	267	0,18				6,7	25 mnt
07-Mei-12		309	5,2	0,11		3,4	7,7	6,6	1 jam
10-Mei-12		310	3,1	0,12		3,1	7,7	6,5/6,7	1 jam 15 mnt
15-Mei-12	152,5	313	3,7	0,12	6,9	3,7	7,2	6,6	1 jam
Lama pengoperasian sistem untuk siklus regenerasi IV									12 jam 45 mnt

Tabel 5: Data hasil pengukuran pH dan konduktivitas air pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral beserta lama produksi untuk siklus regenerasi V⁽⁸⁾

Tanggal	konduktivitas				PH				lama pengoperasian
	RW	kation	anion	mix	RW	kation	anion	mix	
06-Jul-12	184,8	485	0,4	0,12	6,8	3,2	6,5	5,8	35 menit
11-Jul-12	189,2	410	0,3	0,12	7,7	3,3	6,7	6	45 menit
12-Jul-12									1 jam
16-Jul-12		403	0,23	0,1		3,2	6,2	5.6/6.8	30menit
17-Jul-12									1 jam 10 menit
19-Jul-12		476	0,2	0,12		3,2	6,4	5.6/6.8	25 menit
20-Jul-12									2 jam
25-Jul-12	166,8	446	0,3	0,14	7,3	3,2	6,3	6,2	1 jam 20 menit
27-Jul-12									10 menit
06-Agst-12									1 jam 45 menit
09- Agst-12				0,15				6,3	25menit
10- Agst-12									1 jam 5
15- Agst-12	180,2				6,9				1 jam 2 menit
27- Agst-12		495	4,3	0,12		3,2	6	6/7.4	55 menit
30- Agst-12	190,5	485	5,2	0,1	6,5	3,2	6,1	6.4/7.0	50 menit
Lama pengoperasian sistem untuk siklus regenerasi V									13jam 57 mnt



Gambar 2: Grafik hasil pengukuran pH pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral RSG-GAS untuk siklus regenerasi I

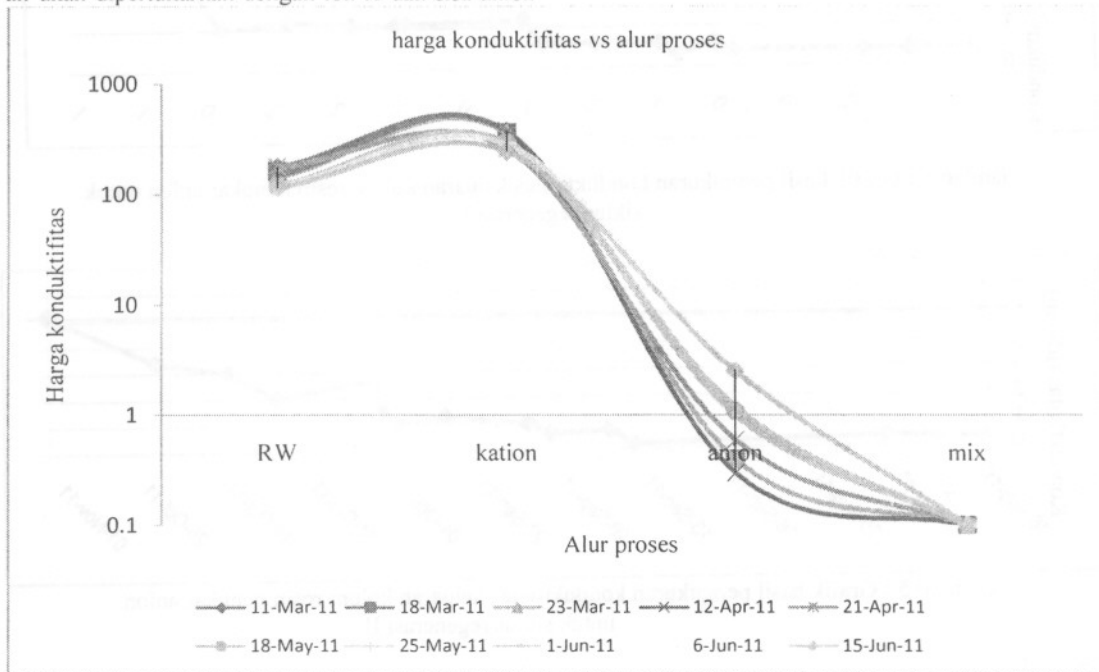
Dari Tabel 1,2,3,4 dan 5 dan Gambar 2 terlihat bahwa pH air keluaran kolom penukar kation mengalami penurunan (air bersifat asam). Hal ini disebabkan oleh setelah air melalui kolom resin penukar kation, semua pengotor kation air akan

diambil/dipertukarkan dengan H⁺ dari resin penukar kation, sehingga terjadi pelepasan H⁺ dari resin penukar kation dan air keluaran kolom resin penukar kation bersifat asam. Sedangkan pH air keluaran kolom resin penukar anion mengalami kenaikan. Hal

ini disebabkan oleh karena pada saat air melalui kolom resin penukar anion, anion pengotor air akan diambil/dipertukarkan dengan OH^- dari resin penukar anion, sehingga terjadi pelepasan OH^- dari resin penukar anion oleh karena itu air setelah melewati kolom resin penukar anion mempunyai pH mendekati pH netral atau sedikit basa. Selanjutnya sisa-sisa kation yang masih ada dalam air akan dipertukarkan dengan ion H^+ dan sisa anion

dipertukarkan dengan ion OH^- pada *mixed bed* kolom resin yang berisi campuran kation resin dan anion resin.

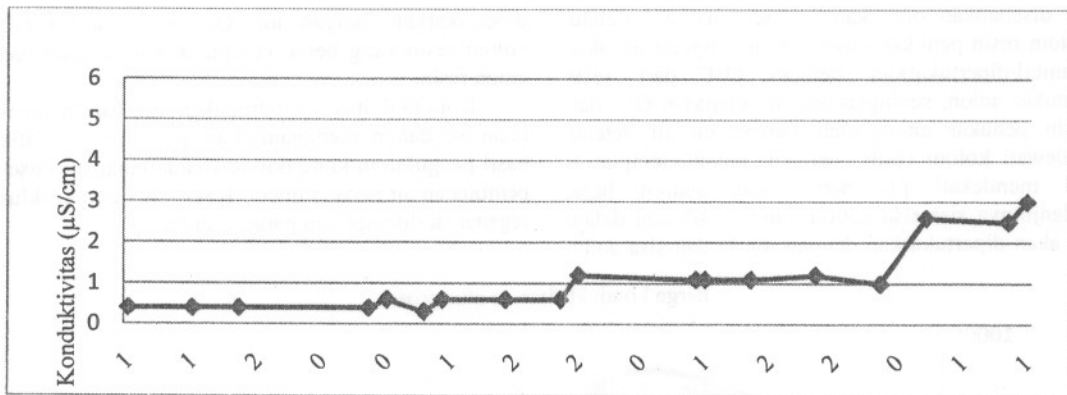
Konduktivitas air merupakan ukuran kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Grafik hasil pengukuran konduktivitas pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral RSG-GAS untuk siklus regenerasi ditampilkan pada Gambar 3



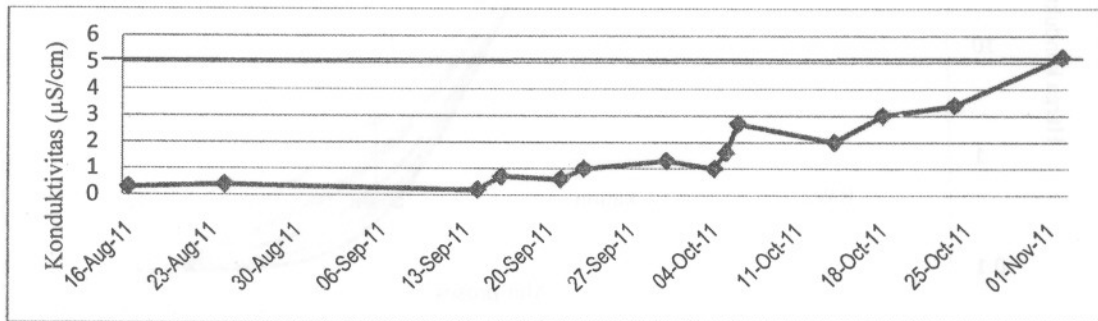
Gambar 3 : Grafik hasil pengukuran konduktivitas pada tahapan proses pembuatan air bebas mineral RSG-GAS untuk siklus regenerasi I

Dari Tabel 2 serta Gambar 3 terlihat bahwa konduktivitas air keluaran kolom penukar kation mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan oleh air pada saat melewati kolom resin penukar kation terjadi pertukaran kation pengotor air dengan H^+ dari resin penukar kation, sehingga terjadi pelepasan ion H^+ dari resin penukar kation yang mempunyai daya hantar lebih kecil daripada kation pengotor air. Oleh karena itu konduktivitas air keluaran kolom resin penukar kation mengalami kenaikan. Konduktivitas air setelah melewati kolom resin penukar anion mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada saat air melewati kolom resin penukar anion terjadi pertukaran kation

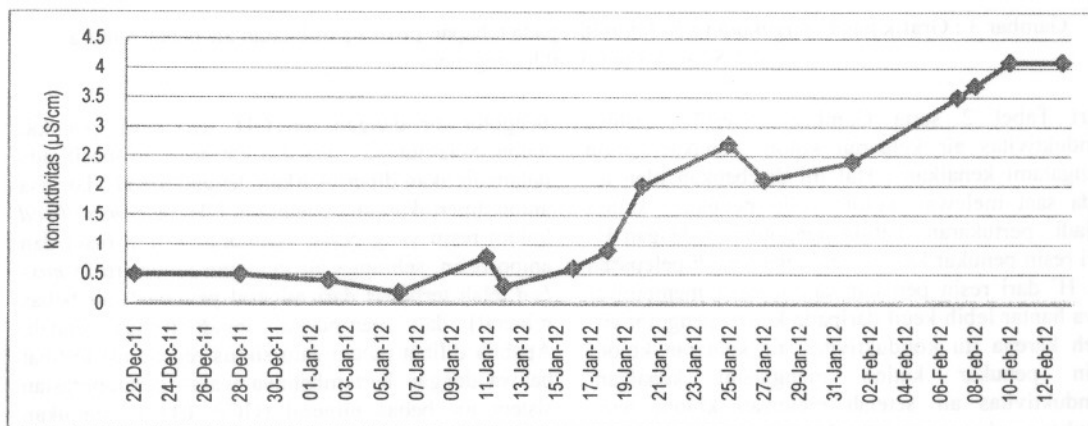
pengotor air dengan ion OH^- dari resin penukar anion. Selanjutnya sisa-sisa kation yang masih ada dalam air akan dipertukarkan dengan ion H^+ dan sisa anion dipertukarkan dengan ion OH^- pada *mixed bed* kolom resin yang berisi campuran kation resin dan anion resin. sehingga air keluaran kolom resin *mixed bed* telah terbebas dari mineral pengotor (air bebas mineral) dan mempunyai konduktivitas rendah. Apabila dilihat dalam satu siklus regenerasi terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu pengoperasian sistem air bebas mineral (GCA 01) menunjukkan harga konduktivitas air keluaran resin penukar anion mengalami kenaikan seperti terlihat pada Gambar berikut



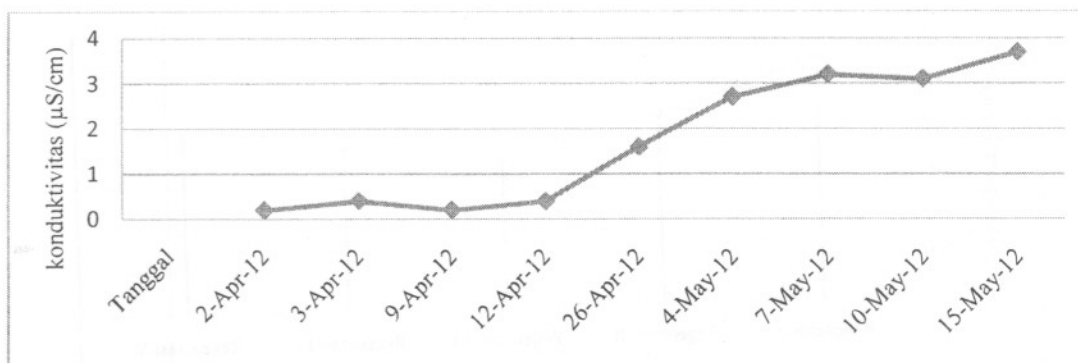
Gambar 4 : Grafik hasil pengukuran konduktivitas keluaran kolom resin penukar anion untuk siklus regenerasi I



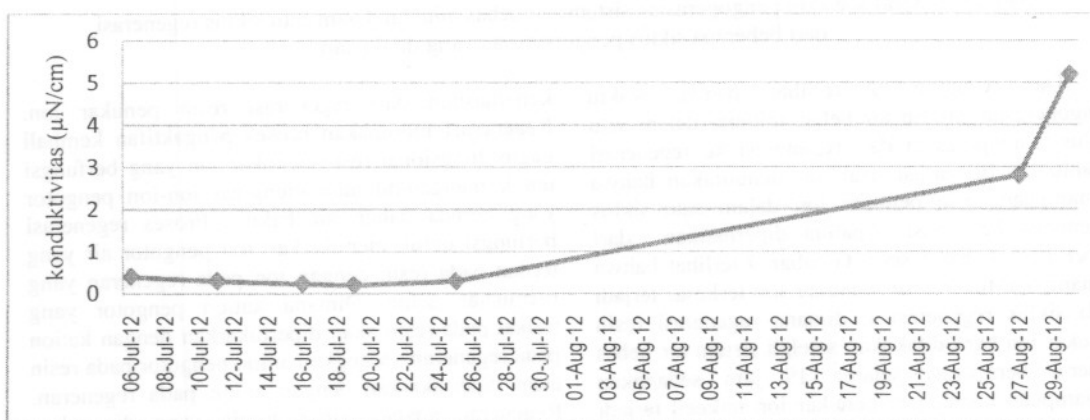
Gambar 5 : Grafik hasil pengukuran konduktivitas keluaran kolom resin penukar anion untuk siklus regenerasi II



Gambar 6 : Grafik hasil pengukuran konduktivitas keluaran kolom resin penukar anion untuk siklus regenerasi III



Gambar 7: Grafik hasil pengukuran konduktivitas keluaran kolom resin penukar anion untuk siklus regenerasi IV

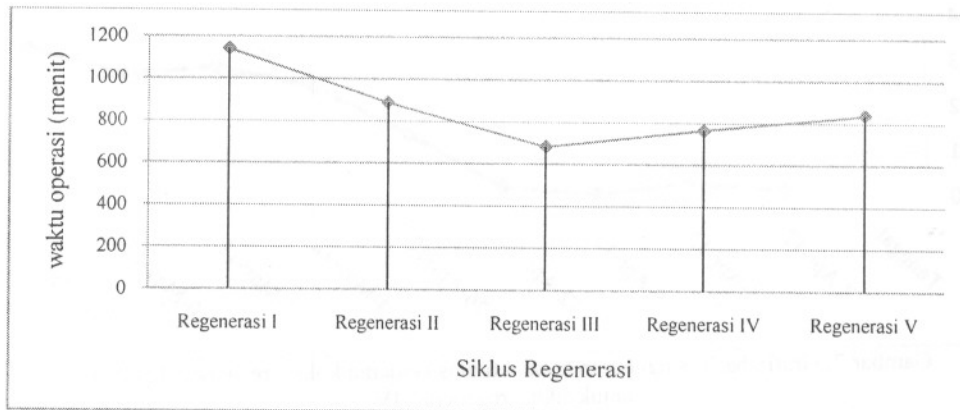


Gambar 8: Grafik hasil pengukuran konduktivitas keluaran kolom resin penukar anion untuk siklus regenerasi V

Yang dimaksud dengan satu siklus regenerasi dalam hal ini adalah waktu pengoperasian sistem dari mulai awal pengoperasian sistem setelah resin penukar ion diregenerasi sampai perlu dilakukan regenerasi lagi atau siklus pengoperasian sistem air bebas mineral dari regenerasi ke regenerasi selanjutnya.

Dari Gambar 4, 5, 6, 7 dan 8 terlihat bahwa dalam satu siklus regenerasi, dengan bertambahnya waktu pengoperasian sistem air bebas mineral (GCA 01), menunjukkan harga konduktivitas air keluaran resin penukar anion mengalami kenaikan. Hal ini berkaitan dengan kapasitas tukar ion dari resin penukar ion. Dengan berjalannya waktu penggunaan resin penukar ion, kemampuan tukar resin penukar ion semakin berkurang dan lama kelamaan tidak mampu lagi mempertukarkan ion-ion pengotor didalam air dengan H^+ maupun OH^- dari resin

penukar ion. Oleh karena reaksi pertukaran ion berlangsung secara *reversible* (bolak balik) maka pada saat tertentu dimana kation atau anion dalam susunan butir-butir resin penukar ion yang dipakai itu telah habis dipertukarkan dengan kation atau anion dalam air, maka resin penukar ion bisa diaktifkan kembali dengan jalan meregenerasi resin penukar ion tersebut. Pada sistem air bebas mineral (GCA 01) RSG-GAS sebagai indikasi perlu adanya regenerasi adalah apabila konduktivitas air keluaran kolom resin penukar anion menunjukkan $\geq 5 \mu S/cm$. Hasil pencatatan waktu siklus pengoperasian dari beberapa siklus regenerasi yang dilakukan pada tahun 2011 dan 2012 untuk sistem air bebas mineral (GCA01) untuk jalur I ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9 : Grafik waktu pengoperasian sistem Air bebas mineral dalam satu siklus regenerasi dari beberapa siklus pengoperasian yang dilakukan .

Dari Gambar 9 terlihat bahwa waktu pengoperasian sistem air bebas mineral dalam satu siklus pengoperasian dari regenerasi ke regenerasi selanjutnya bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan resin penukar ion dalam satu siklus regenerasi bervariasi. Apabila diperhatikan dari Tabel 1,2,3,4 dan 5 serta Gambar 9 terlihat bahwa kemampuan tukar resin penukar ion terbesar terjadi pada siklus regenerasi I, dimana regenerasi resin penukar ion baru dilakukan setelah sistem air bebas mineral beroperasi selama 19 jam sedangkan kemampuan tukar resin penukar ion terkecil terjadi pada siklus regenerasi III, dimana setelah sistem air bebas mineral beroperasi selama 11 jam 23 menit resin penukar ion sudah harus dilakukan regenerasi. Perbedaan kemampuan tukar resin penukar ion yang terjadi antara siklus regenerasi satu dengan yang lainnya kemungkinan disebabkan oleh kualitas air baku dan keberhasilan regenerasi. Kapasitas resin penukar ion mempunyai harga tertentu. Oleh karena itu apabila kualitas air baku yang kurang baik, berarti semakin banyak ion pengotor yang harus diambil oleh resin penukar ion akibatnya resin penukar ion cepat jenuh sehingga perlu dilakukan regenerasi. Hal ini berarti bahwa waktu pengoperasian sistem dalam satu siklus regenerasi adalah lebih pendek. Disamping itu kemampuan tukar resin penukar ion dipengaruhi juga oleh

keberhasilan dari regenerasi resin penukar ion. Regenerasi merupakan proses pengaktifan kembali gugus fungsional resin penukar ion yang berfungsi untuk mengambil atau mengikat ion-ion pengotor yang berada dalam air baku. Proses regenerasi berfungsi untuk menukarkan ion pengotor air yang terikat pada resin dengan ion pada regenerasi yang bermuatan sama. Dimana kation pengotor yang terikat pada resin akan dipertukarkan dengan kation pada regenerasi sedangkan anion pengotor pada resin akan dipertukarkan dengan anion pada regenerasi. Regenerasi adalah bahan kimia yang digunakan untuk meregenerasi resin penukar ion. Bahan kimia yang dipakai adalah larutan pekat yang berarti mengandung banyak ion H^+ atau OH^- yang dapat dipertukarkan. Oleh karena itu apabila regenerasi berhasil dengan baik maka pengotor air baku yang terikat pada resin akan tergantikan semua dengan regenerasi akibatnya waktu pengoperasian sistem dalam satu siklus regenerasi akan lebih panjang dibanding dengan regenerasi resin penukar ion yang kurang berhasil. Hal yang berbeda apabila kualitas air baku tetap maka waktu pengoperasian sistem hingga perlu dilakukan regenerasi dapat diperkirakan. Misalnya untuk sistem air bebas mineral (GCA 01) RSG-GAS apabila kualitas air baku tetap maka dengan pendekatan volume resin akan dapat dihitung waktu satu siklus regenerasi.

Tabel 6 : Spesifikasi resin pada sistem air bebas mineral (GCA 01) RSG-GAS

	Kation	Anion
Jenis resin	Lewatit MonoPlus S 100	Lewatit MP 600 WS
Volume	250 liter	550 liter
Ionic form as, as shipped	Na^+	Cl^-
Total capacity	2.0 eq/l (\pm 41 kgr/ft ³)	1.15 eq/l (\pm 25.10 kgr/ft ³)
pH range	0-14	0-14
Operating temperatur	120°C	30°C max
Regenerant	HCl	NaOH
Ion yang ditukar*	500 eq	632,5eq

*Dihitung dari total kapasitas x volume resin.

Dengan menggunakan rumus pendekatan volume

$$V_R = \frac{V_P \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta} \dots\dots\dots (6)$$

didapatkan Volume Produk atau volume air baku yang dilewatkan pada resin, kemudian dengan rumus

$$V_p = Q \cdot t \dots\dots\dots (5)$$

akan didapatkan bahwa lamanya waktu perlu dilakukan regenerasi adalah tiap 8 jam. Dalam hal ini berbeda dengan kenyataan. Oleh karena itu indikasi kapan dilakukannya regenerasi resin penukar ion pada sistem air bebas mineral (GCA 01) RSG-GAS adalah apabila konduktivitas air keluaran kolom resin penukar anion menunjukkan $\geq 5\mu S/cm$.

KESIMPULAN

1. Kemampuan tukar resin penukar ion pada sistem air bebas mineral (GCA 01) RSG-GAS dalam satu siklus pengoperasian bervariasi tergantung dari kualitas air baku dan keberhasilan regenerasi resin penukar ion.
2. Kemampuan tukar resin penukar ion terbesar terjadi pada siklus regenerasi I yang beroperasi dari tanggal 11 Maret'12 s/d 17 Juni'12 dimana regenerasi resin penukar ion baru dilakukan setelah sistem air bebas mineral beroperasi selama 19 jam sedangkan kemampuan tukar

resin penukar ion terkecil terjadi pada siklus regenerasi III yang beroperasi dari 22 Desember'11 s/d 13 Februari'12 dimana regenerasi resin penukar ion sudah harus dilakukan setelah sistem air bebas mineral beroperasi selama 11 jam 23menit

DAFTAR PUSTAKA

1. **ANONIMOUS**, *Plant Description and Operating Instruction Demineralization Plant GCA 01, Interatom*.
2. [http://www.scribd.com/doc/21113137/Artilel-Resin Penukar ion](http://www.scribd.com/doc/21113137/Artilel-Resin%20Penukar%20ion)
3. [http://www.scribd.com/doc/44680020/Presentasi - IonExchange](http://www.scribd.com/doc/44680020/Presentasi-IonExchange)
4. **ISMONO**,Drs, Catatan kuliah Zat Penukar Ion dan Reaksi Penukaran Ion dalam Analisa Kimia, Jurusan Kimia FMIPA,ITB,1988
5. **PROF. KONRAD DORFNER, ANTON J. HARTOMO**, IPTEK Penukar Ion, edisi pertama, penerbit Andi offset, Yogyakarta, 1995.
6. **KEMMER, FRANK N.** "The Nalco Water Handbook second Edition", Mc.Grow Hill Book Company 1988,
7. <http://www.scribd.com/doc/77129476/IonExchange-Tiwi>
8. **ANONIMOUS**, "Data Pengoperasian Demineralized Water Plant", Sub. Bidang Sistem Mekanik, Bidang Sistem Reaktor, Badan Tenaga Nuklir Nasional.