

## UJI KEMAMPUAN RESIN PENUKAR ION SISTEM PURIFIKASI AIR PENDINGIN PRIMER REAKTOR RSG-GAS MENGGUNAKAN AIR BEKAS PENCUCIAN BATU TOPAS

Diyah Erlina L., Setyo Budi Utomo, Santosa Pujiarta  
PRSG-BATAN  
email: diyah@batan.go.id

### ABSTRAK

**UJI KEMAMPUAN RESIN PENUKAR ION SISTEM PURIFIKASI AIR PENDINGIN PRIMER REAKTOR RSG-GAS MENGGUNAKAN AIR BEKAS PENCUCIAN TOPAS.** Telah dilakukan pengujian kemampuan resin penukar ion sistem purifikasi air pendingin primer reaktor menggunakan air bekas pencucian batu Topas. Uji kemampuan resin penukar ion sistem purifikasi air pendingin primer untuk mengetahui bagaimana kinerja resin penukar ion sistem purifikasi air pendingin primer. Pengujian dilakukan dengan cara simulasi mengukur parameter kontrol kualitas air sampel yang dilewatkan pada resin penukar ion secara berulang dan mengukur waktu yang digunakan sampel untuk melewati resin penukar ion. Kemudian resin penukar ion yang telah dilewati sampel secara berulang, dibilas menggunakan air demineralisasi dan diukur kualitas air demineralisasinya. Sebagai sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah air bekas pencucian batu Topas agar terlihat cepat perubahan kemampuan resin penukar ion. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa resin penukar ion pada sistem pemurnian air pendingin primer disamping mengambil pengotor ionik air juga berfungsi mengambil pengotor non ionik dan kemampuan tukar resin penukar ion semakin lama akan menurun seiring dengan jumlah waktu pemakaian resin dan besarnya beban pengotor air pendingin. Adanya pencucian atau pembilasan pada resin penukar ion yang sudah terpakai hanya dapat mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor non ionik.

**Kata kunci :** kemampuan resin, sistem purifikasi

### ABSTRACT

#### **CAPABILITY TEST OF ION-EXCHANGE RESIN PURIFICATION SYSTEM OF THE PRIMARY COOLING WATER REACTOR RSG-GAS USING DISHWATER TOPAZ.**

*Capability test of ion-exchange resin purification system of the primary cooling water reactor using dishwater Topaz has been done. The capability test to know how the performance of the ion exchange resin primary cooling water purification system. Testing is done by simulation measuring of the water quality control parameters of the samples were passed through the ion exchange resin repeatedly and measure the time it used the sample to pass through the ion exchange resin. Then the ion exchange resin which had been passed repeatedly sampled, rinsed with demineralized water and measured quality of the demineralized water. As the sample used in this test is the dishwater Topaz to make it look quickly changes capability of the ion exchange resin. From the test results showed that the ion exchange resin in the primary cooling water purification systems besides taking ionic impurities also function taking a non-ionic impurities of water and the ion-exchange resin capability the longer it will decrease over time the amount of resin usage and the amount of cooling water impurities. Any washing or rinsing the ion-exchange resin that is already in use can only restore the capability of ion exchange resin in taking a non-ionic impurities.*

**Key words:** capability resin, purification system

### PENDAHULUAN

Reaktor RSG-GAS merupakan reaktor riset (penelitian) yang memanfaatkan fluks neutron dari reaksi fisi, sedangkan panas yang dibangkitkan dibuang ke lingkungan dengan menggunakan sistem pendingin yang terdiri sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder. Panas yang dilepas di dalam teras dan reflektor diambil oleh sistem pendingin primer dan kemudian dipindahkan ke sistem pendingin sekunder dengan melewati penukar panas (*heat exchanger*). Selanjutnya panas dibuang ke lingkungan dengan menggunakan menara

pendingin yang terdapat pada sistem pendingin sekunder Sebagai media pemindah panas pada sistem pendingin primer digunakan air bebas mineral agar tidak terjadi aktivasi radiasi terhadap ion-ion di air. Sedangkan untuk menjaga kualitas air pendingin primer, secara kontinyu air pendingin primer dilewatkan unit resin penukar ion pada sistem pemurnian air. Yang dalam proses pemurniannya menggunakan resin penukar ion. Dengan bertambahnya waktu pengoperasian sistem pemurnian, perlu dilakukan penggantian resin penukar ion sistem pemurnian.

Fasilitas *Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy* selain digunakan untuk kegiatan-kegiatan penelitian di bidang ilmu dan teknologi juga digunakan untuk melayani kegiatan iradiasi nuklir. Salah satu kegiatan iradiasi pada reaktor RSG-GAS adalah iradiasi batu Topaz. Batu Topaz adalah mineral silikat (batuan silika) yang mengandung gabungan aluminium bersama dengan fluorine dan hidroksil yang secara kimia mempunyai rumus  $Al_2SiO_4(F,OH)_2$ . Topaz mengkristal dalam bentuk ortorombik dan sebagian kristalnya berbentuk prisma berujung piramida atau bentuk lain. Disamping itu batu Topaz memiliki kandungan pengotor yang amat beragam dan berbeda beda, tergantung lokasi asal batu tersebut diambil. Oleh karena itu secara prosedur sebelum diiradiasi di reaktor, batu Topaz tersebut dicuci lebih dahulu guna menghilangkan pengotor, sehingga diharapkan pada saat diiradiasi sudah dalam keadaan bersih, dengan demikian akan mengurangi beban kerja sistem pemurnian air pendingin primer. Tetapi hal ini tidak menutup kemungkinan masih adanya pengotor yang masih menempel. Oleh karena itu dalam penelitian ini, dilakukan pengujian kemampuan resin penukar ion sistem purifikasi air pendingin primer dilakukan secara simulasi menggunakan air bekas pencucian batu Topaz agar terlihat cepat pengaruh perubahan kemampuan resin penukar ion. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur parameter kontrol kualitas air sampel (air bekas pencucian batu Topaz) yang dilewatkan pada resin penukar ion dengan secara berulang dan mengukur waktu yang digunakan sampel untuk melewati resin penukar ion. Kemudian resin penukar ion yang telah dilewati sampel secara berulang, dibilas dengan menggunakan air demineralisasi. dan diukur kualitas air demineralisasinya. Oleh karena temperatur air pendingin primer berkisar  $40^{\circ}C$  maka dilakukan juga pengujian dengan temperature  $40^{\circ}C$ .

## TEORI

Air pendingin primer berfungsi untuk memindahkan panas yang timbul di teras reaktor, sebagai moderator dan sebagai perisai radiasi ke arah aksial. Sebagai medium pembawa panas pada sistem pendingin primer digunakan air bebas mineral yang berasal dari Sistem produksi air bebas mineral (GCA 01) dengan kualitas tertentu. Volume air pendingin primer total sebesar  $330\text{ m}^3$ , dengan rincian  $220\text{ m}^3$  volume kolam reaktor,  $80\text{ m}^3$  volume *delay chamber* dan  $30\text{ m}^3$  volume pada sistem pemipaan.

Untuk menghilangkan hasil aktivasi air pendingin primer dan menjaga kualitas air pendingin primer pada tingkat yang diizinkan maka pada sistem pendingin primer dilengkapi dengan 3 sistem pemurnian yaitu:

1. Sistem pemurnian air kolam reaktor (KBE 01)
2. Sistem pemurnian dan penyedia lapisan air hangat kolam reaktor (KBE 02)
3. Sistem pemurnian air kolam penyimpan bahan bakar bekas (FAK 01)

Dimana masing-masing sistem ini terdiri dari filter mekanik yang berupa resin trap dan filter penukar ion (filter ionik) yang berisi resin penukar kation dan resin penukar anion.

Parameter kondisi resin penukar ion (filter ionik) ditentukan dari besarnya harga beda tekanan dan tingkat radioaktivitas serta konduktifitas air keluaran filter ionik. Apabila salah satu atau lebih parameter kondisi filter ionik mencapai harga yang ditentukan, maka resin (filter ionik) harus diganti. Untuk mengetahui besaran harga beda tekanan dan radioaktivitas pada sistem pendingin primer pada masing-masing sistem pemurnian dipasang instrumentasi pengukuran beda tekanan dan tingkat radioaktivitas air kolam, dimana semua hasil pengukuran ditampilkan di RKU ( Ruang Kendali Utama) dan dicatatat pada Lembar Data Operasi.

Disamping itu pada masing-masing sistem pemurnian dilengkapi juga dengan tempat pengambilan sampel untuk dianalisa secara rutin di laboratorium, dari sini harga konduktivitas air dapat diketahui.

### Resin Penukar ion<sup>(4,5,6)</sup>

Resin Penukar Ion adalah senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (*cross-linking*) serta gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan. (Ismono, 1988).

Resin penukar ion sintesis merupakan suatu polimer yang terdiri dari dua bagian yaitu struktur fungsional dan matrik resin yang sukar larut. Pada umumnya senyawa yang digunakan untuk kerangka dasar resin penukar ion 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  $150^{\circ}C$ . Polimer ini dibuat dengan mereaksikan stiren dengan divinilbenzena, setelah terbentuk kerangka resin penukar ion maka akan digunakan untuk menempelnya gugus ion yang akan dipertukarkan

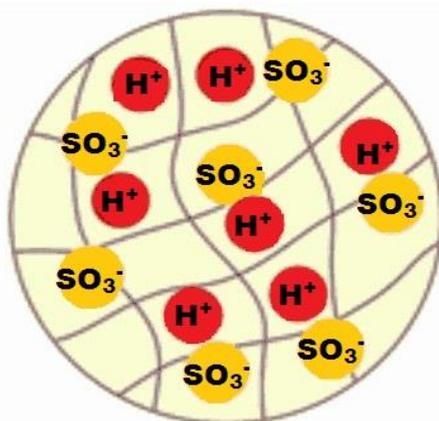
Resin penukar kation dibuat dengan cara mereaksikan senyawa dasar tersebut dengan gugus ion yang dapat menghasilkan (melepaskan) ion positif. Gugus ion yang biasa dipakai pada resin penukar kation asam kuat adalah gugus sulfonat dan cara pembuatannya dengan sulfonasi polimer polistyren divinilbenzena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

Resin penukar anion yang direaksikan dengan gugus ion yang dapat melepaskan ion negatif diperoleh resin penukar anion. Resin penukar anion dibuat dengan matrik yang sama dengan resin

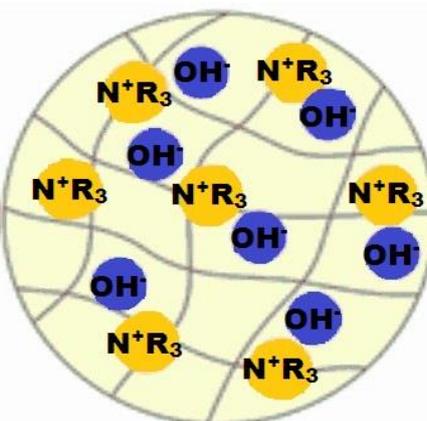
penukar kation tetapi gugus ion yang dimasukkan harus bisa melepaskan ion negatif, misalnya  $-N(CH_3)_3^+$  atau gugus lain atau dengan kata lain setelah terbentuk kopolimer styren divinilbenzena (DVB), maka diaminiasi kemudian diklorometilasi-kan untuk memperoleh resin penukar anion.

Gugus ion dalam penukar ion merupakan gugus yang hidrofilik (larut dalam air). Ion yang

terlarut dalam air adalah ion – ion yang dipertukarkan karena gugus ini melekat pada polimer, maka ia dapat menarik seluruh molekul polimer dalam air, maka polimer resin ini diikat dengan ikatan silang (*cross linked*) dengan molekul polimer lainnya, akibatnya akan mengembang dalam air.



Gambar II.1 : Resin penukar kation



Gambar II.2: Resin penukar Anion

### Derajat Keasaman (pH)

pH didefinisikan sebagai negatif logaritma 10 dari konsentrasi molar ion  $H^+$  atau dituliskan  $pH = -\log [H^+]$ . pH merupakan besaran yang menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. pH air yang murni 100% adalah = 7. Hal ini berarti, bahwa dalam air murni di dapatkan konsentrasi ion  $H^+$  sebesar  $10^{-7}$  mol/liter.



Oleh karena adanya impuritis terlarut dalam air maka pH air tersebut bisa menjadi kurang dari 7 (suasana asam) atau lebih tinggi dari 7 (suasana basa). Biasanya keadaan asam memudahkan kelarutan logam menjadi ion-ionnya dan mempercepat proses korosi, sebaliknya suasana basa cenderung menimbulkan pengerasan (*scaling*). pH suatu larutan dapat diukur dengan pH meter

### Konduktivitas

Konduktan suatu larutan adalah ukuran kemampuan larutan tersebut dalam menghantarkan arus listrik. Penentuan konduktivitas dilakukan dengan mengukur tahanan memakai elektroda yang terjadi di larutan. Tegangan antara dua elektroda yang dicelup pada larutan itu turun oleh karena tahanan listrik di dalam larutan yang dipakai untuk menentukan konduktivitas per cm. Pada umumnya pengukuran konduktivitas larutan adalah dalam unit milisiement/cm (mho/cm) Konduktivitas suatu

larutan dapat diukur dengan konduktometer. Pada umumnya kenaikan temperatur larutan memperbesar harga konduktivitas. Dengan bertambah besar jumlah ion serta mobilitas ion, bertambah besar pula harga konduktivitas

### Turbiditas

Turbiditas menggambarkan kekeruhan air yang dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industri yang sangat mengganggu proses pengolahan air. Oleh karena itu, pengendalian kekeruhan air akan sangat dibutuhkan dalam proses pengolahan air agar air tersebut layak digunakan untuk proses selanjutnya. Definisi yang sangat mudah adalah kekeruhan merupakan banyaknya zat yang tersuspensi pada suatu perairan. Hal ini menyebabkan hamburan dan absorpsi cahaya yang datang sehingga kekeruhan menyebabkan terhalangnya cahaya yang menembus air. Pengendalian ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal secara kualitas, kuantitas, efisien dan efektifitas dalam proses *water treatment* dengan metode pengendalian *on-off*. (Lenvil, 1963).

### TATA KERJA

#### Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipergunakan meliputi; corong pemisah, gelas beker 500 mL, Erlenmeyer 500 mL,

statif dan klem, batang pengaduk, konduktometer, pH meter dan turbidimeter.

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi: air cucian batu Topaz, resin kation, resin anion, *glass wool*, larutan Standar pH 4, 7, dan 10 dan larutan Standar Sodium Klorida 1000  $\mu\text{S/cm}$

### **Prosedur Kerja Uji Kemampuan Resin Tanpa Pemanasan**

Sebanyak masing-masing 2,5 gram resin kation dan anion ditimbang. Lalu kedua resin dicampurkan secara merata. Sebuah corong pisah disiapkan, kemudian diletakkan *glass wool* di bagian ujungnya. Setelah itu diletakkan campuran resin yang telah diaduk merata di atasnya. Corong pisah kemudian diletakkan pada klem dengan statif. Ketinggian diatur sesuai kebutuhan. Sebuah gelas beker 500 mL diletakkan di bawah corong pisah sebagai penampung larutan yang akan dilewati resin. Empat sampel air cucian Topaz yang telah diaduk diambil sebanyak 500 mL dengan menggunakan Erlenmeyer. Sebelum dilewatkan pada resin penukar ion, sampel air cucian Topaz diukur pH, konduktivitas, suhu dan turbiditas terlebih dahulu. Kemudian empat sampel air cucian Topaz tersebut dialirkan melewati resin secara bergantian. Dicatat waktu yang diperlukan air cucian Topaz untuk melewati resin. Keempat sampel air cucian Topaz kemudian diukur pH, turbiditas, konduktivitas, dan suhu. Sampel pertama dari empat sampel air cucian Topaz kemudian diuji melewati resin kembali. Sampel pertama tersebut diukur terlebih dahulu nilai konduktivitas, turbiditas, pH, dan suhu. Kemudian sampel pertama tersebut dialirkan melalui resin. Dicatat waktu yang diperlukan sampel pertama untuk melewati resin. Sampel pertama air cucian Topaz yang telah dilewati resin kemudian diukur pH, Konduktivitas, turbiditas, dan suhu. Perlakuan tersebut diulang sebanyak lima kali sampai kira-kira resin dianggap telah jenuh. Resin yang telah dilewati sampel air Topaz (dianggap telah jenuh) dibilas atau dicuci dengan menggunakan air demineralisasi.

### **Prosedur Kerja Uji Kemampuan Resin dengan Pemanasan 40°C**

Sebanyak masing-masing 2,5 gram resin kation dan anion ditimbang. Lalu kedua resin dicampurkan secara merata. Sebuah corong pisah disiapkan, kemudian diletakkan *glass wool* di bagian ujungnya. Setelah itu diletakkan campuran resin yang telah diaduk merata di atasnya. Corong pisah kemudian diletakkan pada klem dengan statif. Ketinggian diatur sesuai kebutuhan. Sebuah gelas beker 500 mL diletakkan di bawah corong pisah sebagai penampung larutan yang akan dilewati resin. Empat sampel air cucian Topaz yang telah diaduk diambil sebanyak 500 mL dengan menggunakan

Erlenmeyer. Empat sampel air cucian Topaz tersebut kemudian dipanaskan sampai 40°C. Sebelum dilewati resin sampel air cucian Topaz yang telah dipanaskan diukur pH, konduktivitas, suhu dan turbiditas terlebih dahulu. Empat sampel air cucian Topaz yang telah dipanaskan tersebut dialirkan melewati resin secara bergantian. Kemudian dicatat waktu yang diperlukan air cucian Topaz untuk melewati resin. Keempat sampel air cucian Topaz yang telah dilewati resin diukur pH, turbiditas, konduktivitas dan suhu. Sampel pertama dari empat sampel air cucian Topaz kemudian diuji melewati resin kembali. Sampel pertama tersebut lalu dipanaskan sampai 40°C. Sampel pertama tersebut diukur terlebih dahulu nilai konduktivitas, turbiditas, pH, dan suhu. Kemudian sampel pertama tersebut dialirkan melalui resin. Dicatat waktu yang diperlukan sampel pertama untuk melewati resin. Sampel pertama air cucian Topaz diukur pH, turbiditas, Konduktivitas dan suhu setelah dilewati resin. Perlakuan tersebut diulang sebanyak lima kali sampai kira-kira resin telah jenuh. Resin yang telah dilewati sampel air Topaz (dianggap telah jenuh) dibilas atau dicuci dengan menggunakan air demineralisasi.

### **Pembilasan Resin yang telah Mengandung Pengotor**

Resin yang digunakan untuk pemurnian diambil dari corong pisah kemudian diletakkan di cawan atau mangkok besar. Air demineralisasi diukur di labu pengenceran sebanyak 250 mL. Air demineralisasi kemudian dituang di mangkok atau cawan besar untuk membilas resin sambil diaduk. Air bekas bilasan kemudian dipisahkan dari resin. Air bekas bilasan resin diukur turbiditas, pH, konduktivitas dan suhu. Perlakuan a-e diulang sebanyak enam kali hingga air bilasan dinilai bersih.

### **Pengukuran pH Air Sampel dengan alat pH Meter SenIon1**

Alat pH meter dihidupkan dengan menekan tombol *exit*. Lalu ditekan tombol *cal* untuk mengkalibrasi pH meter. Elektroda kemudian dibilas, diseka dan dicelupkan ke dalam buffer pH 4, lalu tekan *read*. Tunggu hingga stabil, layar menunjukkan angka 4. Elektroda dibilas, diseka dan dicelupkan ke dalam buffer pH 7, lalu tekan *read*. Tunggu hingga stabil, layar menunjukkan angka 7. Elektroda dibilas, diseka dan dicelupkan ke dalam buffer pH 10, lalu tekan *read*. Tunggu hingga stabil, layar menunjukkan angka 10. Tombol *exit* ditekan satu kali. Dicuci elektroda dengan air demineralisasi hingga bersih, dikeringkan dengan tisu, kemudian dibilas lagi dengan air yang sejenis dengan sampel yang akan diukur. Gelas ukur dibilas menggunakan air yang sejenis dengan sampel yang akan diukur. Dituangkan air sampel ke dalam gelas ukur  $\pm 100$  mL, supaya ujung elektroda terendam. Dichelupkan

elektroda, ditekan *read* lalu dibiarkan hingga stabil kemudian dibaca dan dicatat nilai pH nya.

### Pengukuran konduktivitas dengan Conductometer HACH SenIon5

Alat konduktometer dihidupkan dengan menekan tombol *exit*. Kemudian dimasukan elektroda ke dalam larutan standar 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  untuk kalibrasi konduktometer, tekan *cal* lalu ditekan *read*. Setelah menunjukkan angka 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  elektroda dibilas dengan air demineralisasi dan air sampel. Gelas ukur dibilas menggunakan air yang sejenis dengan sampel yang akan di ukur. Dimasukan air sampel kedalam gelas ukur. Dichelupkan elektroda kedalam gelas yang berisi air sampel, tekan tombol *read* dan dibiarkan hingga stabil. Dibaca dan dicatat nilai konduktivitasnya

### Pengukuran turbiditas dengan turbidimeter HACH model 2100P

Alat turbidimeter dihidupkan dengan menekan tombol power. Dibilas *glass cell* menggunakan air sampel yang akan ditentukan turbiditasnya. Sampel air Topaz dituangkan ke dalam *glass cell* sampai tanda batas. *Glass cell* di lap dengan lap katun

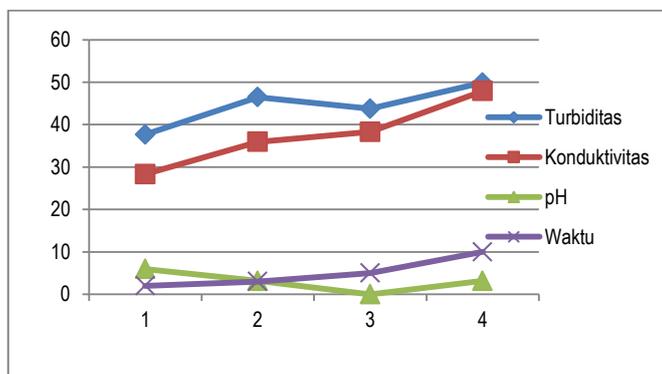
hingga kering. *Glass cell* ditetesi minyak pada permukaan dinding secukupnya. *Glass cell* dimasukkan ke dalam turbidimeter portabel. Tekan tombol *read*. Baca dan tunggu penunjukkan hingga stabil. Catat hasil pengukuran. Bilas *glass cell* dengan air demineralisasi setiap habis pakai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pegujian kemampuan resin penukar ion sistem pemurnian air pendingin primer dilakukan pengukuran parameter kontrol kualitas air (Turbiditas, Konduktivitas, pH dan temperatur) sebelum dan sesudah cuplikan melewati resin penukar ion serta dilakukan pencatatan waktu yang digunakan cuplikan melewati resin penukar ion. Mengingat temperatur air pendingin primer berkisar 40°C maka dilakukan juga pengujian pada temperatur 40°C dengan jalan pemanasan. Data hasil pengukuran dan pengujian tanpa pemanasan ditampilkan pada Tabel 5.1 sampai dengan 5.3, sedangkan hasil pengukuran dan pengujian dengan pemanasan akan ditampilkan pada Tabel 5.4 sampai dengan 5.6

**Tabel 5.1:** Data kualitas air sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion serta waktu yang diperlukan sampel untuk melewati resin penukar ion tanpa pemanasan

Pengukuran Ke-		1	2	3	4
Turbiditas (NTU)	Sebelum	35,3	55,1	46,4	45,7
	Sesudah	22,0	29,5	26,1	22,9
	Penurunan (%)	37,67%	46,46%	43,75%	49,89%
Konduktivitas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Sebelum	14,98	15,44	17,39	17,30
	Sesudah	10,74	9,89	10,73	9,01
	Penurunan (%)	28,3%	35,94%	38,29%	47,91%
pH	Sebelum	6,7	6,3	6,6	6,3
	Sesudah	6,3	6,5	6,6	6,1
	Penurunan (%)	5,97%	3,17%	0%	3,17%
Temperatur (°C)	Sebelum	21,9	21,2	21,6	21,1
	Sesudah	21,7	21,2	21,4	22,4
Keterangan		V= 500 mL t = 2 menit	V= 500 mL t = 3 menit	V= 500 mL t = 5 menit	V= 500 mL t = 10 menit



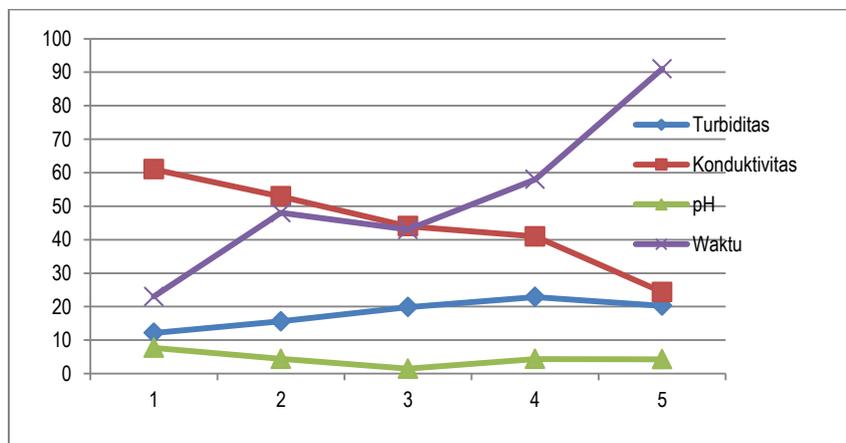
**Gambar 5.1.** Grafik presentase penurunan parameter kontrol kualitas air (turbiditas, konduktivitas dan pH) dan waktu yang diperlukan untuk melewati resin dari empat sampel tanpa pemanasan

Dari Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 terlihat bahwa waktu yang diperlukan oleh sampel untuk melewati resin penukar ion mengalami kenaikan seiring dengan banyaknya sampel yang dilewatkan resin penukar ion. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hambatan akibat pengotor yang menempel pada resin penukar ion mengakibatkan waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion menjadi lebih lama dibandingkan dengan percobaan sebelumnya Sementara itu dari grafik persentase penurunan kualitas air

turbiditas dan konduktivitas air sampel juga menunjukkan kecenderungan terus meningkat. Hal ini dikarenakan pengukuran dilakukan pada empat sampel berbeda, sehingga tidak dapat ditarik kesimpulan tentang turbiditas dan konduktivitas. Oleh karena itu, untuk menguji kemampuan resin penukar ion selanjutnya maka dipilih sampel pertama untuk dilewati resin penukar ion secara berulang sampai resin penukar ion dirasa cukup jenuh.

**Tabel 5.2.** Data kualitas air sampel Pengukuran Ke-1 tanpa pemanasan yang dilewatkan resin penukar ion secara berulang.

Pengukuran Ke-		1	2	3	4	5
Turbiditas (NTU)	Sebelum	18,1	16,0	13,6	10,5	7,9
	Sesudah	15,9	13,5	10,9	8,1	6,3
	Penurunan (%)	12,15%	15,62%	19,85%	22,86%	20,25%
Konduktivitas (µS/cm)	Sebelum	11,23	4,50	3,24	2,27	1,52
	Sesudah	4,38	2,12	2,25	1,34	1,15
	Penurunan (%)	60,99%	52,89%	44 %	40,96%	24,34%
pH	Sebelum	6,0	6,5	6,8	6,6	7,0
	Sesudah	6,5	6,8	6,7	6,9	6,7
	Penurunan (%)	7,69%	4,41%	1,47%	4,34%	4,28%
Temperatur (°C)	Sebelum	21,5	21,4	22,4	22,7	22,6
	Sesudah	21,8	22,3	22,6	22,3	22,8
Keterangan		V= 500 mL t = 23 mnt	V= 500 mL t = 48mnt	V= 500 mL t = 43 mnt	V= 500 mL t = 58 mnt	V= 500 mL t = 91mnt



**Gambar 5.2.** Grafik persentase penurunan parameter kontrol kualitas air (turbiditas, konduktivitas dan pH) dan waktu yang diperlukan untuk mengalir resin dari sampel air tanpa pemanasan secara berulang

Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 memperlihatkan persentase penurunan konduktivitas air, menunjukkan kecenderungan yang terus menurun. Dengan semakin menurunnya persentase penurunan konduktivitas air sampel menunjukkan bahwa kapasitas tukar resin penukar ion sudah mengalami penurunan. Kapasitas tukar resin merupakan besaran yang menyatakan bilangan yang menyatakan jumlah banyaknya ion yang dapat dipertukarkan untuk setiap 1 (satu) gram resin atau tiap mililiter. Pada sistem pemurnian, resin penukar ion berfungsi untuk

mengambil pengotor air dengan cara pertukaran ion yang bermuatan sama. Kation yang ada dalam air akan dipertukarkan atau diambil dengan kation resin sedangkan anion dalam air akan dipertukarkan dengan anion resin. Resin penukar ion mempunyai kapasitas tertentu, sehingga dengan bertambahnya waktu penggunaan resin penukar ion, kemampuan tukar ion pada resin penukar ion akan menurun dan lama kelamaan mengalami kejenuhan, dan ini ditunjukkan dengan semakin meningkatnya konduktivitas dalam air, sehingga perlu dilakukan

penggantian resin baru. Konduktivitas merupakan ukuran kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik, sehingga dengan mengetahui besaran konduktivitas akan diperoleh gambaran / perkiraan kadar ion-ion yang terlarut dalam air atau pengotor ionik air. Tabel 5.2 memperlihatkan bahwa pada awal pengukuran menunjukkan bahwa perbedaan konduktivitas sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion menunjukkan perbedaan yang besar, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor ionik air masih besar dan lama kelamaan akan mengalami penurunan.

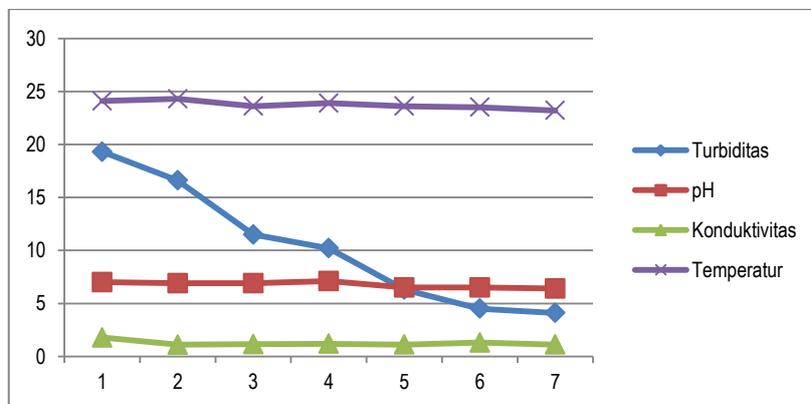
Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 memperlihatkan bahwa grafik penurunan persentase turbiditas pada awal pengamatan menunjukkan angka yang kecil dan dengan berjalanya waktu menunjukkan adanya kecenderungan mengalami kenaikan tetapi kemudian pada pengukuran ke 5 mengalami penurunan kembali. Pada awal pengamatan terlihat bahwa penurunan persentase turbiditas menunjukkan angka yang kecil ini berarti bahwa pada awal pengamatan perbedaan turbiditas air sampel sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion adalah kecil. Turbiditas berhubungan dengan tingkat kekeruhan. Pada awal air sampel dilewatkan resin penukar ion hanya partikel besar yang tertangkap oleh resin penukar ion sedangkan partikel kecil masih lolos sehingga

perbedaan turbiditas air sampel sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion pada awal air sampel dilewatkan resin penukar ion masih kecil dan lama kelamaan mengalami kenaikan hingga suatu saat resin penukar ion tertutup oleh pengotor yang mengakibatkan turunnya penurutan prosentase turbiditas seperti terlihat pada pengukuran ke 5 dari Gambar 5.2. Hal ini dapat dibuktikan dengan pengamatan terhadap waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion.

Tabel 5.2 dan Gambar 5.2 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion mengalami kenaikan seiring dengan berulangnya sampel air yang dilewatkan resin penukar ion. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hambatan akibat pengotor yang terikat pada resin penukar ion yang mengakibatkan waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion semakin lama. Resin yang telah kotor selanjutnya dilakukan pencucian atau pembilasan secara berulang menggunakan air demineralisasi dengan volume yang sama yakni 250 mL. Data Kualitas air demineralisasi yang digunakan untuk pencucian atau pembilasan resin penukar ion setelah terpakai ditampilkan dalam Tabel 5.3 dan Gambar 5.3

**Tabel 5.3** Data kualitas air demineralisasi yang digunakan untuk pencucian dan pembilasan resin penukar ion setelah terpakai dengan tanpa pemanasan

Pencucian Ke-	Turbiditas	pH	Konduktivitas	Temperatur
1.	19,3	7,0	1,78	24,1
2.	16,6	6,9	1,11	24,3
3.	11,5	6,9	1,15	23,6
4.	10,2	7,1	1,19	23,9
5	6.3	6.5	1.12	23,6
6.	4,5	6,5	1,31	23.5
7.	4,1	6,4	1,12	23,2
Air demineralisasi	0.6	6.6	0.68	23.6



**Gambar 5.3.** Grafik kualitas air demineralisasi setelah digunakan untuk membilas resin bekas (resin yang telah dilewati air sampel secara berulang)

Sampel air yang digunakan untuk mencuci atau membilas resin penukar ion yang telah terpakai adalah air demineralisasi yang mempunyai turbiditas dan konduktivitas yang kecil. Pengamatan menunjukkan bahwa turbiditas air demineralisasi setelah dilewatkan pada resin penukar ion telah terpakai menunjukkan angka yang tinggi tetapi lama kelamaan menurun. Ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.3 bahwa turbiditas air demineralisasi yang digunakan untuk mencuci atau membilas resin penukar ion yang telah terpakai pada awalnya menunjukkan angka yang besar tetapi lama kelamaan menurun. Turbiditas berhubungan dengan tingkat kekeruhan. Besarnya angka turbiditas air sampel yang dilewatkan resin penukar ion menunjukkan bahwa pada awal pengamatan resin penukar ion dalam keadaan kotor tetapi setelah dilakukan pencucian atau pembilasan beberapa kali terhadap resin penukar ion dengan menggunakan air demineralisasi maka resin penukar ion menjadi lebih bersih yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya angka turbiditas air demineralisasi.

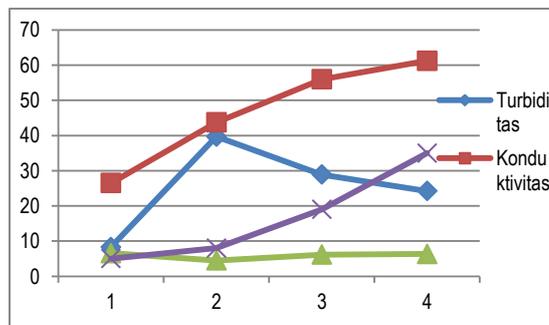
Tabel 5.3 dan Gambar 5.3 memperlihatkan bahwa pada awal pengamatan setelah air demineralisasi dilewatkan pada resin penukar ion yang telah terpakai menunjukkan bahwa pH dan konduktivitas air demineralisasi mengalami kenaikan (dari 0,68  $\mu\text{S/cm}$  menjadi 1,78  $\mu\text{S/cm}$

untuk konduktivitas dan dari 6.6 menjadi 7.0 untuk pH) tetapi kemudian terjadi penurunan dan kenaikan yang tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya pencucian atau pembilasan secara berulang terhadap resin penukar ion yang sudah terpakai ternyata hanya berpengaruh terhadap turbiditas air sampel sedangkan terhadap konduktivitas dan pH air tidak berpengaruh. Konduktivitas merupakan ukuran kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik, sehingga hanya pengotor ionik air yang terdeteksi sebagai besaran konduktivitas. Ini berarti bahwa adanya pembilasan hanya mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam hal mengambil pengotor non ionik (sebagai filter) sedangkan dari sisi kemampuan tukar ion (kapasitas tukar ion) tidak berpengaruh. Sementara itu, adanya kenaikan pH dan konduktivitas air demineralisasi pada awal pengamatan disebabkan oleh lepasnya selain pengotor non ionik juga pengotor ionik dari resin penukar ion telah terpakai.

Temperatur air sistem pendingin primer berkisar 40°C oleh karena itu dilakukan juga pengujian pada temperatur sekitar 40°C. Sama seperti perlakuan sebelumnya, diambil empat sampel air cucian Topaz yang berbeda. Hasil pengukuran parameter kontrol kualitas air sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion dengan pemanasan ditampilkan pada Tabel 5.4

**Tabel 5.4:** Data kualitas air sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion dengan pemanasan

Pengukuran Ke-		1	2	3	4
Turbiditas (NTU)	Sebelum	52,5	68,8	68,8	85,5
	Sesudah	48,1	41,5	48,9	64,8
	Penurunan (%)	8,3%	39,68%	28,92%	24,21%
Konduktivitas ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sebelum	15,45	15,82	16,42	18,55
	Sesudah	9,81	8,9	7,23	7,19
	Penurunan (%)	36,5%	43,74%	55,96%	61,23%
pH	Sebelum	7,1	6,4	6,1	5,9
	Sesudah	7,6	6,7	6,5	6,3
	Penurunan (%)	6,57%	4,47%	6,15%	6,34%
Temperatur (°C)	Sebelum	41,6	38,1	37,4	38,7
	Sesudah	37,6	35,1	32,3	29,1
Keterangan		V= 500 mL t = 5 menit	V= 500 mL t = 8 menit	V= 500 mL t = 19 menit	V= 500 mL t = 35 menit



**Gambar 5.4.** Grafik presentase penurunan parameter kontrol kualitas air (turbiditas, konduktivitas dan pH) dan waktu yang diperlukan untuk melewati resin dari empat sampel air dengan pemanasan

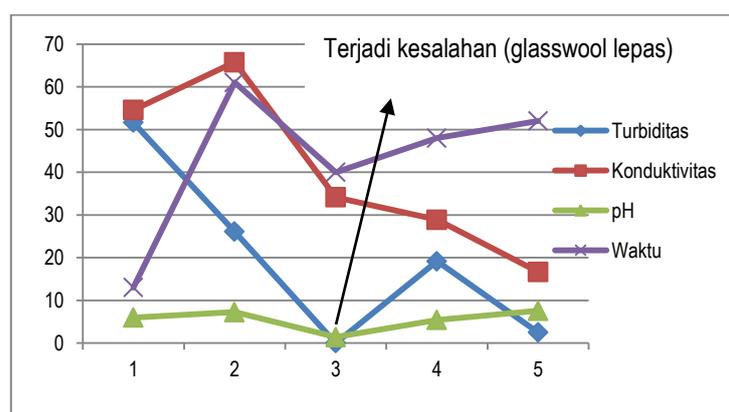
Tabel 5.4 dan Gambar 5.4 menunjukkan bahwa grafik penurunan persentase turbiditas pada awal pengamatan menunjukkan angka yang kecil kemudian naik tetapi selanjutnya mengalami penurunan kembali. Pada awal pengamatan terlihat bahwa penurunan persentase turbiditas yang rendah, ini berarti bahwa pada awal pengamatan perbedaan turbiditas air sampel sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion adalah kecil. Pada awal air sampel dilewatkan resin penukar ion hanya partikel besar yang tertangkap oleh resin penukar ion sedangkan partikel kecil masih lolos sehingga perbedaan turbiditas air sampel sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion pada awal air sampel dilewatkan resin penukar ion masih kecil dan lama kelamaan mengalami kenaikan hingga suatu saat resin penukar ion tertutup oleh pengotor yang mengakibatkan turunnya persentase turbiditas. Hal ini dapat dibuktikan dengan pengamatan terhadap

waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion. Tabel 5.4 dan Gambar 5.4 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion mengalami kenaikan seiring dengan berulangnya sampel air yang dilewatkan resin penukar ion. Sementara itu, pH air sampel sesudah dilewati resin penukar ion cenderung lebih tinggi dibandingkan pH air cucian Topaz sebelum dilewati resin penukar ion. Hal ini disebabkan karena pengotor air cucian Topaz anion kemungkinan lebih dominan.

Uji kemampuan resin penukar ion selanjutnya dipilih sampel pertama untuk dilewatkan pada resin penukar ion secara berulang sampai secara simulasi dianggap resin penukar ion dirasa cukup jenuh. Data hasil pengukuran kualitas air sampel dengan pemanasan yang secara berulang dilewatkan resin penukar ion ditampilkan pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5.** Data kualitas air sampel pengukuran Ke-1 dengan pemanasan yang secara berulang dilewatkan resin penukar ion

Pengukuran Ke-		1	2	3	4	5
Turbiditas (NTU)	Sebelum	30,2	13,4	9,1	9,4	8,1
	Sesudah	14,6	9,9	9,1	7,6	7,9
	Penurunan (%)	51,65%	26,11%	0%	19,14	2,47%
Konduktivitas (µS/cm)	Sebelum	10,52	5,14	2,08	1,94	1,68
	Sesudah	4,78	1,76	1,37	1,38	1,40
	Penurunan (%)	54,56%	65,75%	34,13%	28,86%	16,67%
pH	Sebelum	6,3	6,4	7,0	7,0	6,1
	Sesudah	6,7	6,9	7,1	7,4	6,6
	Penurunan (%)	5,97%	7,24%	1,4%	5,4%	7,57%
Temperatur (°C)	Sebelum	39	39,2	41,5	40,1	40
	Sesudah	29,9	25,5	26,8	25,3	25,6
Keterangan		V= 500 mL t = 13 mnt	V= 500 mL t = 61mnt	V= 500 mL t = 40mnt	V= 500 mL t = 48mnt	V= 500 mL t = 52mnt



**Gambar 5.5.** Grafik persentase penurunan parameter kontrol kualitas air (turbiditas, konduktivitas dan pH) dan waktu yang diperlukan untuk mengalir resin dari sampel air dengan pemanasan secara berulang

Tabel 5.5 dan Gambar 5.5 terlihat bahwa grafik penurunan persentase turbiditas pada awal pengamatan menunjukkan angka yang besar tetapi lama kelamaan menurun. Hal ini berkaitan

kemampuan resin penukar ion dalam menangkap pengotor non ionik dimana dengan berulangnya resin penukar ion dilewati air sampel mengakibatkan resin penukar ion semakin kotor. Tabel 5.5 dan

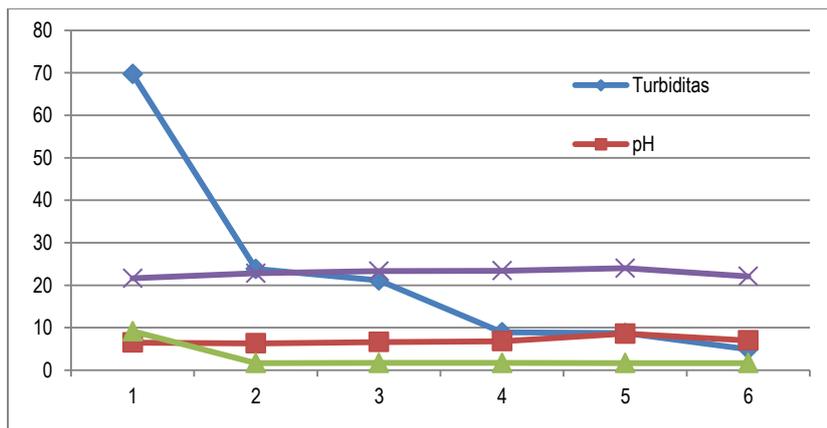
Gambar 5.5 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan oleh sampel air untuk melewati resin penukar ion pada pengukuran ke 3 mengalami penurunan tetapi pada pengukuran selanjutnya mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena terjadi kesalahan (*glasswool* lepas) pada pengukuran ke-3, oleh karena itu pada Tabel 5 terlihat tidak ada perbedaan turbiditas air sampel sebelum dan sesudah melewati resin penukar ion. Tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa waktu yang diperlukan oleh

sampel air untuk melewati resin penukar ion mengalami kenaikan seiring dengan berulangnya sampel air yang dilewatkan resin penukar ion.

Resin yang telah kotor selanjutnya dilakukan pencucian atau pembilasan secara berulang menggunakan air demineralisasi dengan volume yang sama yakni 250 mL. Data Kualitas air demineralisasi yang digunakan untuk pencucian atau pembilasan resin penukar ion setelah terpakai ditampilkan dalam Tabel 5.6 dan Gambar 5.6.

**Tabel 5.6** Data Kualitas air demineralisasi yang digunakan untuk Pencucian dan pembilasan resin penukar ion setelah terpakai dengan pemanasan

Pencucian Ke-	Turbiditas	pH	Konduktivitas	Temperatur
1.	69,7	6,5	9,15	21,6
2.	23,8	6,3	1,66	22,8
3.	21,1	6,6	1,68	23,3
4.	8,9	6,8	1,69	23,4
5.	8,7	6,6	1,67	24,0
6.	4,9	7,0	1,66	22,1
Air demineralisasi	0.6	6.6	0.78	23.4



**Gambar 5.6.** Grafik kualitas air demineralisasi setelah digunakan untuk membilas resin bekas (resin yang telah dilewati air sampel secara berulang)

Tabel 5.6 dan Gambar 5.6 memperlihatkan bahwa turbiditas air demineralisasi yang digunakan untuk mencuci atau membilas resin penukar ion yang telah terpakai pada awalnya menunjukkan nilai yang besar tetapi lama kelamaan menurun. Sedangkan untuk pH dan konduktivitas air demineralisasi terlihat bahwa pada awal pengamatan setelah air demineralisasi dilewatkan pada resin penukar ion yang telah terpakai menunjukkan kenaikan tetapi kemudian terjadi penurunan dan kenaikan yang tidak signifikan.

Secara keseluruhan dari hasil uji kemampuan pada resin penukar ion terlihat bahwa turbiditas air sampel dengan pemanasan menunjukkan angka yang lebih besar. Hal ini berarti bahwa dengan adanya pemanasan menyebabkan sampel air cepat keruh

yang mengakibatkan penurunan kemampuan resin penukar ion air sampel dalam mengambil pengotor non ionik. Tabel 5.2 dan Tabel 5.5 memperlihatkan bahwa pada pengukuran ke-2 pada sampel air tanpa pemanasan masih menunjukkan kenaikan persentase penurunan turbiditas yang berarti bahwa kemampuan resin penukar ion air sampel dalam mengambil pengotor non ionik masih tinggi sedangkan pada sampel air dengan pemanasan menunjukkan persentase penurunan turbiditas sudah mengalami penurunan. Hal ini juga terlihat dari waktu yang digunakan oleh air sampel untuk melewati resin penukar ion. Waktu yang digunakan oleh air sampel dengan pemanasan untuk melewati resin penukar ion lebih besar dibanding tanpa pemanasan.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat, dapat disimpulkan bahwa :

1. Resin penukar ion pada sistem pemurnian air pendingin primer disamping mengambil pengotor ionik air juga berfungsi mengambil pengotor non ionik (sebagai filter)
2. Kemampuan tukar resin penukar ion semakin lama akan menurun seiring dengan jumlah waktu pemakaian resin dan besarnya beban pengotor air pendingin
3. Adanya pencucian atau pembilasan pada resin penukar ion yang sudah terpakai, hanya dapat mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor non ionik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **CORNELIUS**, 1985. *Fundamental of Fluids Mechanic*. Wesley Publishing Company, Germany.
2. **GOKHLE, P.K, MATHOR AND VENKATESWARHU**.1987, *Ion Exchange Resin for Water* , Water Chemistry Division, Bhaba Atomic, Research Center, Bombay, India.
3. **ISMONO**, 1988, *Zat penukar ion dan Reaksi Penukaran Ion dalam Analisa Kimia*, Catatan kuliah, jurusan kimia FMIPA,ITB.
4. **LENVIL, G. RICH**, 1963, *Unit Processes of Sanitary Engineering*, John Willey Limited and Sons, New York.
5. **DIYAH ERLINA**, 2007, *Kimia Air, Diktat Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor*, Pusbang Teknologi Reaktor Riset.
6. **MONTGOMERY, J. M**, 1985, *Water Treatment Principles and Design*, A. Willey Interscience Publication, John Willey and Sons, New York.