

KAJIAN PENANGANAN BATU TOPAZ PRA IRADIASI DI REAKTOR RSG-GAS

Diyah Erlina Lestari, Elisabeth Ratnawati, Arif Hidayat

Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN

Kawasan Puspiptek Serpong Gedung No. 30, Kota Tangerang Selatan – Banten

Alamat email: diyah@batan.go.id

ABSTRAK

Salah satu utilisasi reaktor RSG-GAS adalah irradiasi batu Topaz dengan tujuan pewarnaan. Penanganan batu Topaz pra irradiasi terutama untuk posisi incore sangat penting untuk diperhatikan karena langsung berhubungan dengan air pendingin primer reaktor. Adanya unsur pengotor dalam batu Topaz dikhawatirkan berpengaruh terhadap kualitas air dan secara tidak langsung akan berpengaruh pada kinerja sistem pemurnian air pendingin primer reaktor. Dalam prosedur yang telah ditetapkan, penanganan batu Topaz pra irradiasi berupa pencucian secara berulang dan bertahap sehingga air bekas cucian memiliki tingkat kekeruhan (turbiditas air) $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Pencucian dilakukan menggunakan air bebas mineral yang diproduksi dalam sistem produksi air bebas mineral (GCA01). Dengan adanya kegiatan penanganan terhadap batu Topaz akan menambah volume kegiatan pengoperasian sistem produksi air bebas mineral (GCA 01), guna memproduksi air bebas mineral selain kebutuhan air pendingin primer reaktor. Dalam tulisan ini akan mengkaji pengaruh penanganan batu Topaz pra irradiasi terhadap kebutuhan air bebas mineral. Kajian dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi selama proses penanganan dengan cara mengukur kualitas air bekas cucian batu Topaz hingga turbiditas (tingkat kekeruhan) air bekas cucian memiliki nilai yang dipersyaratkan yaitu $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Dari hasil kajian menunjukkan bahwa untuk 5 kg batu Topaz dibutuhkan air bebas mineral berkisar 80 liter hingga 90 liter. Kajian ini dapat digunakan juga sebagai acuan dalam memperkirakan limbah cair sehubungan dengan utilisasi reaktor.

Kata kunci : Batu Topaz Pra Irradiasi,, Penanganan batu Topaz pra irradiasi,,kebutuhan air bebas mineral

ABSTRACT

Study of Handling of Pre Irradiated Topaz gemstones in RSG-GAG Reactor. One of the RSG-GAS reactor utilization is irradiation of Topaz gemstones for coloring. Handling of pre irradiated Topaz gemstones especially for in core positions is important to note as it is directly related with the reactor primary cooling water. The impurity element in Topaz gemstones is feared to affect the water quality and will indirectly affect to performance of the purification system of reactor primary cooling water. In the established procedure, handling of pre-irradiated Topaz gemstones is washing repeatedly and gradually, thus the waste water has a turbidity level of ≤ 0.6 NTU (Nephelometric Turbidity Unit). The washing process is done by using demineralized water produced in the demineralized water system (GCA01). As the handling of pre irradiated Topaz gemstones will increase the volume of operating activities of the demineralized water system (GCA 01), in order to produce demineralized water except for the need of reactor primary cooling water. This paper will examine the affect of handling of pre irradiated Topaz gemstones to the need of demineralized water. The study was conducted by observing the changes happened along the handling process by measuring the quality Topaz gemstones wastewater until the turbidity value is having required value which is ≤ 0.6 NTU (Nephelometric Turbidity Unit). The result shows that for 5 kg of Topaz gemstones, it needs demineralized water about 80 liters to 90 liters. This study may also be used as a reference in predicting the liquid waste related to the reactor utilization

Key word: Topaz gemstones, Irradiation, Handling of Topaz gemstones pre irradiated, The demineralized water

PENDAHULUAN

Reaktor RSG-GAS merupakan reactor riset yang memanfaatkan fluks neutron dari reaksi fisi, sedangkan panas yang dibangkitkan dibuang ke lingkungan dengan menggunakan sistem pendingin yang terdiri dari 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 yang berasal dari Sistem produksi air bebas mineral (GCA 01) dengan kualitas tertentu. Sedangkan untuk menjaga kualitas air pendingin primer, secara kontinyu air pendingin primer dilewatkan unit resin penukar ion pada sistem pemurnian air pendingin primer.[1]

Fasilitas Reaktor RSG-GAS 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 guna pewarnaan. Batu Topaz adalah mineral silikat (batuan silika) yang mengandung gabungan aluminium bersama dengan fluorine dan hidroxil yang secara kimia mempunyai rumus $Al_2SiO_4(F,OH)_2$. Batu Topaz memiliki kandungan pengotor yang amat beragam dan berbeda beda, tergantung lokasi asal batu tersebut diambil maupun adanya pengotor akibat proses *cutting*. Iradiasi batuan Topaz didalam kolam reaktor dilakukan pada dua posisi yaitu posisi *out core* dan *in core*[2,3]. Pada posisi *outcore* batu Topaz diiradiasi dalam tabung tertutup yang kedap udara sedang pada posisi *in core*, batu Topaz yang diiradiasi berhubungan langsung dengan air pendingin primer reaktor, sehingga dikawatirkan berpengaruh pada kualitas air pendingin primer. Tetapi berdasarkan penelitian Elisabeth dkk (2012), menunjukkan bahwa adanya kegiatan iradiasi batu Topaz tidak mempengaruhi kualitas air pendingin reaktor karena kinerja sistem pemurnian air pendingin primer yang terjaga baik [3]. Dengan demikian secara tidak langsung kegiatan iradiasi batu Topaz akan mempengaruhi kinerja sistem pemurnian air pendingin primer'.

Oleh karena itu penanganan terhadap batu Topaz sebelum iradiasi dianggap sangat penting karena dengan dilakukannya proses ini diharapkan akan mengurangi jumlah pengotor yang terikut dalam batu Topaz mulai dari proses penambangan hingga pemotongan (*cutting*)[4] sehingga akan mengurangi beban kerja sistem pemurnian air pendingin primer dan tidak mengganggu kualitas air pendingin primer.

Berdasarkan prosedur yang diberlakukan di reaktor RSG-GAS, untuk mengurangi pengotor yang terbawa batu Topaz tersebut maka terhadap batu Topaz sebelum diiradiasi dalam kolam reaktor dilakukan penanganan yang berupa pencucian secara berulang dan bertahap terhadap batu Topaz hingga turbiditas (tingkat kekeruhan) air bekas cucian memiliki nilai yang dipersyaratkan yaitu $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [5]. Proses pencucian batu Topaz secara berulang menggunakan air bebas mineral yang berasal dari Sistem produksi air bebas mineral (GCA 01). Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) 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 primer reaktor RSG-GAS[1,6]. Dengan adanya kegiatan penanganan terhadap batu Topaz akan menambah volume kegiatan pengoperasian Sistem produksi air bebas mineral (GCA 01), guna memproduksi air bebas mineral selain kebutuhan air pendingin primer reaktor

Penelitian ini bertujuan akan mengkaji pengaruh penanganan batu Topaz pra irradiasi terhadap kebutuhan air bebas mineral. Kajian dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi selama proses penanganan dengan cara mengukur kualitas air bekas cucian batu Topaz hingga turbiditas (tingkat kekeruhan) air bekas cucian memiliki nilai yang dipersyaratkan yaitu $\leq 0,6$ NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Dengan adanya kegiatan penanganan batu Topaz pra irradiasi tentunya akan menambah limbah cair, sehingga diharapkan tulisan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam memperkirakan limbah cair sehubungan dengan utilisasi reaktor.

TEORI

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

mempunyai fungsi untuk mengolah air baku menjadi air bebas mineral yang selanjutnya 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.[1,6]

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 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 dan kolom resin penukar anion. Selanjutnya air keluaran dari kolom resin penukar anion dialirkan melewati kolom resin *mix bed* 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 10 m^3 . yang selanjutnya air bebas mineral digunakan sebagai pemasok air pada sistem pendingin primer reaktor RSG-GAS. 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*. Dan untuk menjaga unjuk kerja sistem air bebas mineral (GCA01) maka perlu dilakukan regenerasi resin penukar ion pada sistem air bebas mineral, guna mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor dalam air baku. 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 $\geq 5\mu\text{S}/\text{cm}$. Secara umum regenerasi dilaksanakan dengan mengalirkan larutan regenerasi. Larutan Regenerasi dialirkan dengan arah aliran berlawanan dengan arah aliran pada saat proses produksi yaitu dari atas resin penukar ion.[6]

Sistem pendingin primer reaktor RSG-GAS berfungsi untuk memindahkan panas yang timbul di teras reaktor, sebagai moderator dan sebagai perisai radiasi ke arah aksial. tujuannya adalah menjaga keutuhan bahan bakar dan material struktur reaktor, agar tidak terjadi pelepasan zat radioaktif yang terkungkung di bahan bakar. pengambilan panas tersebut dilakukan dengan cara mengalirkan air pendingin lewat celah bahan bakar dan dibuang ke atmosfer oleh pendingin sekunder. Sebagai medium pembawa panas pada sistem pendingin primer digunakan air bebas mineral yang berasal dari Sistem produksi air bebas mineral (GCA 01). Volume air pendingin primer total sebesar 330 m^3 , dengan rincian 220 m^3 volume kolam reaktor, 80 m^3 volume *delay chamber* dan 30 m^3 volume pada sistem pemipaan.[1,7]

Untuk menjaga kualitas air pendingin primer pada tingkat yang diizinkan, pada sistem pendingin primer reaktor RSG-GAS dilengkapi dengan 3 sistem pemurnian yang dalam proses pemurniannya menggunakan resin penukar ion *nuclear grade*. Resin penukar ion mempunyai kapasitas tukar tertentu. Dengan bertambahnya waktu penggunaan, maka resin tersebut akan mengalami kejenuhan. Untuk mengetahui tingkat kejenuhan resin penukar ion tersebut maka dilakukan pengukuran konduktivitas, perbedaan tekanan dan aktivitas air pendingin primer sebelum dan sesudah melewati resin. apabila resin penukar ion tersebut sudah jenuh, maka diganti dengan resin yang baru dan tidak dilakukan regenerasi. hal ini dikarenakan resin yang telah digunakan sudah menjadi bahan yang teraktivasi yang kemudian dikirim ke PTPLR untuk penanganan lebih lanjut.[1,7]

TATA KERJA

Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipergunakan meliputi: Wadah pencucian, Serok, Gelas beker 1000 mL, Ultrasonic, konduktimeter HACH Senlon5, pH Meter HACH Senlon1 dan turbidimeter HACH model 2100P,

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi: Batu Topaz yang akan diiradiasi, dan air bebas mineral

Langkah Kerja

Sebanyak $\pm 5\text{ kg}$ batu Topaz yang akan diiradiasi, dimasukkan ke dalam wadah yang telah berisi air bebas mineral sebanyak ± 6 liter. Kemudian dilakukan pengukuran terhadap kualitas air bekas cucian batu Topaz yang

meliputi pengukuran turbiditas (tingkat kekeruhan) air, konduktivitas dan TDS(jumlah padatan terlarut) serta pengukuran pH. Tahapan yang sama dilakukan secara berulang hingga turbiditas air (tingkat kekeruhan) air bekas cucian memiliki nilai $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Pengukuran tingkat kekeruhan air dengan turbidimeter HACH model 2100[8] dan Pengukuran konduktivitas dan TDS(jumlah padatan terlarut) dengan konduktimeter HACH Senlon5[9]. Sedangkan pengukuran pH dengan pH meter HACH Senlon1.[10]

Dengan pengamatan perubahan yang terjadi selama proses pencucian berulang hingga turbiditas (tingkat kekeruhan) air bekas cucian memiliki nilai $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) akan diketahui jumlah kebutuhan air bebas mineral yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penanganan batu Topaz pra iradiasi dilakukan dengan pencucian secara bertahap dan berulang dengan menggunakan air bebas mineral. Pencucian berulang dilakukan hingga turbiditas air (tingkat kekeruhan) air bekas cucian memiliki nilai $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Pada tahapan proses pencucian berulang dilakukan pengukuran terhadap kualitas air bekas cucian batu Topaz yang meliputi :turbiditas air (tingkat kekeruhan) air, konduktivitas dan TDS(jumlah padatan terlarut) serta pH. Pengamatan perubahan yang terjadi selama proses penanganan dilakukan sebelum dan sesudah pencucian dengan ultrasonic. Hasil pengamatan ditampilkan pada Tabel 1 hingga Tabel 3 dan Gambar 1 hingga Gambar 3

Tabel 1; Hasil pengukuran kualitas air bekas cucian batu Topaz pada tahapan proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 22 Maret 2017

	Parameter	Turbiditas (NTU)	Konduktivitas (μ S/Cm)	TDS (mg/L)	T($^{\circ}$ C)	pH
	Demin	0.3	0.81	0.4	23.8	6.49
T A H A P A N P E N C U C I A N	C1	47.9	14.2	7.1	22.6	4.84
	C2	14.9	6.35	3.21	22.7	5.33
	C3	3.6	4.1	2.1	22.7	5.78
	C4	0.6	2.39	1.2	22.7	6.02
	US	16.8	5.3	2.6	23.7	6.7
	C5	5.32	2.53	1.3	23.6	6.33
	C6	4.8	2.39	1.2	23.7	5.94
	C7	4.2	2.05	1	23.7	5.94
	C8	3.2	1.46	0.7	23.6	5.93
	C9	2.5	1.4	0.7	22.5	5.86
	C10	1.7	1.23	0.6	22.6	5.84
	C11	1.2	1.34	0.7	23.5	5.94
	C12	0.7	1.18	0.6	23.6	5.84
	C13	0.5	0.98	0.5	23.4	6.1
C14	0.4	0.96	0.5	23.3	6.2	

Tabel 2; Hasil pengukuran kualitas air bekas cucian batu Topaz pada tahapan proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 4 Juli 2017

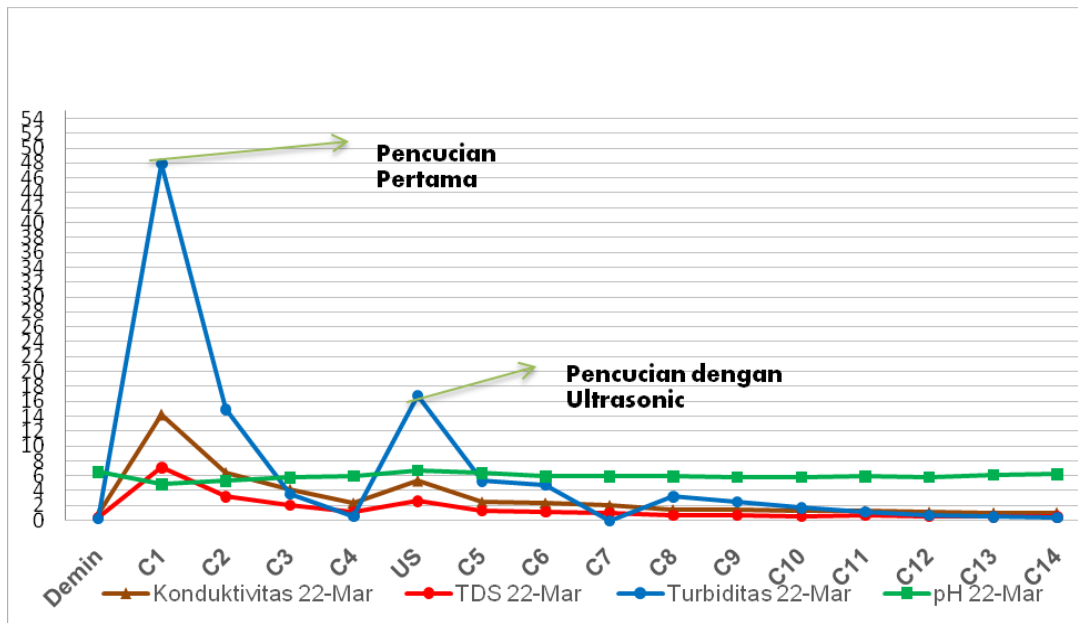
	Parameter	Turbiditas (NTU)	Konduktivitas (μ S/Cm)	TDS (mg/L)	T($^{\circ}$ C)	pH
	Demin	0.4	0.73	0.4	21.2	5.8
T A H A P	C1	52	12.32	6.1	21.5	4.57
	C2	21.7	3.9	2	21.9	5.49
	C3	16.1	2.4	1.2	22.7	5.75
	C4	2.6	1.28	0.6	22.7	5.87
	US	18.3	3.9	2	22.4	5.94

A N P E N C U C I A N	C5	16	3	1.5	22.6	5.88
	C6	14.4	2.4	1.2	22.5	5.88
	C7	5	2.39	1.2	20.7	5.93
	C8	4.8	2.05	1	20.7	5.87
	C9	3.6	1.4	0.7	20.8	5.92
	C10	2.4	1.23	0.6	20.8	5.94
	C11	1.75	1.3	0.6	20.7	5.93
	C12	1.1				
	C13	0.96	1.04	0.5	20.7	5.88
	C14	0.8	0.96	0.5	20.8	5.92
	C15	0.6	0.7	0.4	20.9	5.93

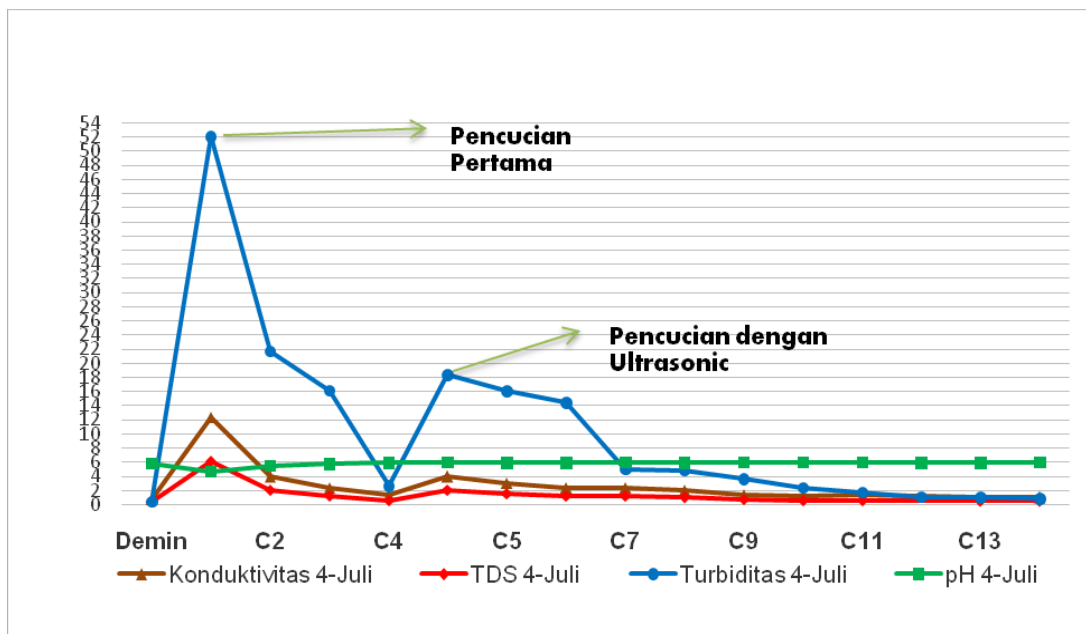
Tabel 3; Hasil pengukuran kualitas air bekas cucian batu Topaz pada tahapan proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 1 Agustus 2017

		Turbiditas (NTU)	Konduktivitas (μS/Cm)	TDS (mg/L)	T($^{\circ}$C)	pH
Parameter						
Demin		0.26	0.76	0.4	22.7	5.81
T A H A P A N P E N C U C I A N	C1	33.9	13.73	6.9	22.7	4.87
	C2	4.85	3.05	1.5	22.8	5.05
	C3	2.7	1.05	0.5	22.6	5.52
	C4	1.6	0.7	0.4	22.6	5.93
	US	7.2	1.56	0.8	22.9	6.02
	C5	5.06	2.39	1.2	22.7	6.02
	C6	2.24	1.31	0.7	22.6	5.94
	C7	2.05	1.28	0.6	22.7	5.81
	C8	1.8	1.25	0.6	22.6	5.82
	C9	1.76	1.23	0.6	22.6	5.76
	C10	1.73	1.18	0.6	22.6	5.84
	C11	0.96	1.04	0.5	22.6	5.8
	C12	0.86	1.13	0.6	22.6	5.81
	C13	0.6	1.07	0.5	22.5	5.78
C14	0.4	1.03	0.5	22.5	5.79	

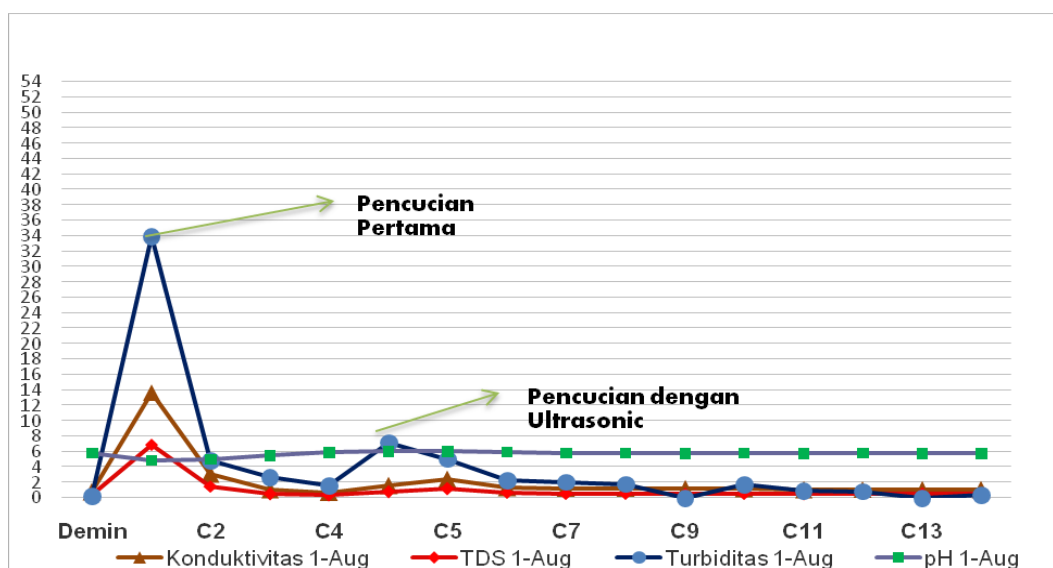
Demin merupakan kualitas air bebas mineral yang digunakan untuk mencuci batu Topaz yang akan diiradiasi dan C1 hingga C4 merupakan tahapan proses pencucian sebelum dilakukan pencucian menggunakan Ultrasonic sedang C5 hingga C14 dan C15 merupakan tahapan proses pencucian setelah pencucian menggunakan ultrasonic.



Gambar 1 :Grafik kualitas air bekas cucian batu Topaz pada tahapan proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 22 Maret 2017



Gambar 2: Grafik kualitas air bekas cucian batu Topaz pada tahapan proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 4 Juli 2017



Gambar 3: Grafik kualitas air bekas cucian batu Topaz pada tahapan proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 1 Agustus 2017

Dari Tabel 1 hingga Tabel 3 dan Gambar 2 hingga Gambar 3 terlihat adanya *trend* yang sama dari ketiga sampel yang diambil dimana pada awal pencucian menunjukan turbiditas, konduktivitas, dan TDS air bekas cucian Topaz memiliki angka yang tinggi tetapi mempunyai pH rendah. Dengan berulangnya pencucian menunjukan bahwa turbiditas air, kond dan TDS mengalami penurunan tetapi sebaliknya justru pH mengalami kenaikan. Hal ini menunjukan terlepasnya pengotor yang terikat pada permukaan batu Topaz yang bersifat asam.

Turbiditas atau tingkat kekeruhan menggambarkan jumlah zat/partikel yang tergenang dalam air, yang mengacu pada konsentrasi ketidaklarutan, atau banyaknya zat yang tersuspensi pada suatu perairan. Hal ini menyebabkan hamburan dan absorpsi cahaya yang datang sehingga kekeruhan menyebabkan terhalangnya cahaya yang menembus air. Turbiditas merupakan suatu ukuran yang menyatakan sampai seberapa jauh cahaya mampu menembus air, dimana cahaya yang menembus air akan mengalami "pemantulan" oleh bahan-bahan tersuspensi dan bahan koloidal. Dengan demikian turbiditas akan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh zat-zat di dalam air. Oleh karena air dengan penampilan keruh atau tidak tembus pandang akan memiliki kekeruhan tinggi, sementara air yang jernih atau tembus pandang akan memiliki kekeruhan rendah. [11]. Pengamatan

secara fisik pada proses pencucian berulang terlihat bahwa pada saat proses pencucian yang pertama nampak adanya perubahan pada air bekas cucian yang semula jernih menjadi keruh. Hal ini menunjukan bahwa pada proses pencucian awal batu Topaz yang dilakukan ini mampu melepaskan sejumlah pengotor yang menempel pada batu Topaz.

Konduktivitas suatu larutan adalah ukuran kemampuan larutan tersebut dalam menghantarkan arus listrik. Daya hantar suatu larutan adalah ukuran dari aliran arus pada suatu kekuatan listrik tertentu, tergantung pada jumlah muatan partikel yang di dalamnya. Dengan mengetahui besaran konduktivitas akan diperoleh gambaran / perkiraan kadar ion-ion yang terlarut dalam air atau pengotor ionik dalam air [13]. Berdasarkan penelitian Elisabeth dkk (2016), menunjukkan bahwa nuklida yang teridentifikasi dalam endapan air cucian batu Topaz dengan metode aktivasi neutron adalah Co-60, Fe-59, Cr-51, dan Zn-65 dengan konsentrasi unsur tertinggi adalah Fe-59 ($111,992 \pm 8,933 \mu\text{gr/gr}$). Sedangkan hasil analisis batu Topaz pra iradiasi yang belum mengalami perlakuan apapun, memiliki unsur pengotor dengan nilai konsentrasi yang lebih tinggi bila dibanding dengan setelah mengalami proses pencucian [6]. Nuklida Co-60, Fe-59, Cr-51, dan Zn-65 merupakan pengotor ionik yang bermuatan positif atau disebut dengan pengotor kationik. Oleh karena itu konduktivitas air bekas cucian Topaz pada proses pencucian pertama mengalami kenaikan. Sedangkan TDS (Total Dissolve Solid)

adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah padatan zat terlarut dalam Part Per Million (PPM) atau sama dengan milligram per Liter (mg/L). TDS menghitung seberapa banyak garam anorganik dan sejumlah kecil bahan organik yang ada dalam larutan dalam air. Nilai TDS air linier dengan nilai konduktivitas air.

pH merupakan besaran yang menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Dari Tabel 1 hingga Tabel 3 dan Gambar 2 hingga Gambar 3 terlihat pada pencucian pertama nilai pH mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya pencucian, menyebabkan terlepasnya pengotor yang terikat pada permukaan batu Topaz yang bersifat asam.

Pada saat pencucian batu Topaz dengan ultrasonic terlihat bahwa turbiditas, konduktivitas, dan TDS air bekas cucian Topaz mengalami kenaikan kembali dan secara bertahap mengalami penurunan sedangkan pH tak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya pencucian menggunakan ultrasonic akan melepaskan pengotor yang terikat pada pori-pori batu Topaz yang belum terlepas.

Apabila dilihat secara rinci dari ketiga sampel yang diambil terlihat bahwa kualitas air bekas cucian batu Topaz pada proses pencucian pertama maupun pencucian dengan ultrasonic ada perbedaan, seperti terlihat pada Tabel 1 hingga Tabel 3 dan Gambar 2 hingga Gambar 3 menunjukkan bahwa sampel yang diambil pada proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 4 Juli 2017 mempunyai tingkat kekeruhan yang lebih tinggi dibanding sampel yang diambil pada tanggal 22 Maret 2017 maupun sampel yang diambil pada tanggal 1 Agustus 2017. Hal ini disebabkan karena perbedaan pengotor yang terbawa oleh batu Topaz. Batu Topaz memiliki kandungan pengotor yang amat beragam dan berbeda-beda, tergantung lokasi asal batu tersebut diambil maupun adanya pengotor akibat pada saat proses penambangan, pemotongan hingga pengiriman yang tentunya tidak terlepas dari cemaran yang dapat menyumbang adanya pengotor [4]. Oleh karena itu kebutuhan air bebas mineral lebih banyak. Sedangkan terjadinya perbedaan tahapan penurunan tingkat kekeruhan disebabkan karena perlakuan pada saat proses pencucian. Seperti terlihat pada Gambar 2, menunjukkan bahwa setelah dilakukan pencucian dengan ultrasonic, turbiditas air bekas cucian batu Topaz mengalami penurunan tetapi kemudian mengalami sedikit kenaikan selanjutnya akan

mengalami penurunan secara bertahap hingga turbiditas air bekas cucian batu Topaz memenuhi persyaratan yang ditetapkan yaitu memiliki nilai $\leq 0,6$ NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Dari Gambar 1 hingga Gambar 3 terlihat bahwa untuk memperoleh batu Topaz yang memenuhi syarat untuk dilakukan iradiasi di reaktor RSG-GAS perlu dilakukan penanganan berupa 4 kali pencucian sebelum ultrasonic dan 9 kali pencucian setelah ultrasonic untuk sampel yang diambil pada saat proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 1 Agustus 2017 dan dilakukan 22 Maret 2017 sedangkan untuk sampel yang diambil pada saat proses pencucian yang dilakukan pada tanggal 4 Juli 2017 membutuhkan 10 kali pencucian setelah pencucian dengan ultrasonic. Hal ini bisa menjadi acuan bagi pelaksana/pekerja dalam penanganan batu Topaz pra iradiasi dalam hal pengukuran turbiditas pada tahapan proses pencucian.

Pengamatan perubahan yang terjadi pada saat proses pencucian berulang menggunakan 5 kg batu Topaz yang akan diiradiasi dimana tiap tahap pencucian menggunakan sebanyak ± 6 liter air bebas mineral. Dengan demikian untuk mendapatkan batu Topaz yang memenuhi persyaratan untuk diiradiasi diperlukan air bebas mineral sekitar 80 liter hingga 90 liter untuk 5 kg batu Topaz. Dengan adanya kegiatan penanganan batu Topaz pra iradiasi, tentunya akan menambah limbah cair. Dengan demikian kajian ini dapat digunakan untuk memperkirakan limbah cair sehubungan dengan utilisasi reaktor.

KESIMPULAN

Dari hasil kajian yang dilakukan dalam skala laboratorium menunjukkan bahwa untuk mendapatkan batu Topaz yang siap diiradiasi, seberat 5 kg batu Topaz membutuhkan air bebas mineral berkisar 80 liter hingga 90 liter sehingga kajian ini dapat digunakan acuan kebutuhan air bebas mineral dan perkiraan limbah cair sehubungan utilisasi reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

1. **ANONIM (2011)**, "Laporan Analisis Keselamatan, RSG GAS, Bab VI", revisi 10.1
2. **ANONIM(2006)**, "Kajian Keselamatan Fasilitas Iradiasi Batu Topaz di Reaktor

- Serba Guna –G.A.Siwabessy”, No ident RSG. OR.01.02.42.06
3. **ELISABETH RATNAWATI, K. MUSTOFA, A. HIDAYAT (2012)**, “Pengaruh Irradiasi Batu Topaz Terhadap Air Pendingin Reaktor GA Siwabessy”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir, PRSG
 4. **ELISABETH RATNAWATI, DIYAH ERLINA LESTARI (2016)**, “Kajian Batu Topaz Pra Iradiasi Ditinjau dari Aspek Keselamatan Operasi Reaktor”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir, PRSG
 5. **ANONIM (2016)**, “Standar Operasional Prosedur Penanganan Batu Topaz Pra Iradiasi No SOP 005.003./RN 00.01/RSG.2.1 Rev 1”, tahun 2017
 6. **ANONIM**, “Plant Description and Operating Instruction Demineralization Plant GCA01”, Interatom GmbH
 7. **DIYAH ERLINA LESTARI (2016)**, “Proses Pengelolaan Air Pendingin Reaktor Riset RSG GAS”, Pelatihan Aplikasi Chamcad untuk Pemodelan Proses di Industri, PUSDIKLAT BATAN, 18 April - 22 April 2016
 8. **HACH (1999)**, “Instruction Manual turbidimeter HACH model 2100P”, Hach Company
 9. **HACH (1998)**, “Instruction Manual Conductivity meter HACH Senlon5”, Hatch Company
 10. **HACH (1999)**, “Instruction Manual pH Meter HACH Senlon1”, Hatch Company
 11. <http://indo-digital.com/turbidity-meter-disebut-juga-alat-ukur-kekeruhan-air.html>
 12. **DIYAH ERLINA LESTARI (2007)**, “Diktat Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor”, Pusbang Teknologi Reaktor Riset