

KONSEP AWAL MODEL PEMISAHAN GAS PENGOTOR PENDINGIN PRIMER RGTT

Itjeu Karliana, Ign Djoko Irianto, Piping Supriatna

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN) - BATAN

Kawasan PUSPIPTEK Gd. No. 80 Serpong, Tangerang Selatan 15310

e-mail : itjeu@batan.go.id

ABSTRAK

KONSEP AWAL MODEL PEMISAHAN GAS PENGOTOR PENDINGIN PRIMER RGTT.

Reaktor berpendingin Gas Temperatur Tinggi (RGTT) adalah reaktor daya temperatur tinggi yang kinerja dan teknologinya memungkinkan untuk dimodifikasi menjadi reaktor kogenerasi sehingga pemanfaatan energinya tidak hanya terbatas untuk pembangkit tenaga listrik tetapi juga untuk produksi hidrogen, desalinasi air laut, pemanas rumah dan transmudasi limbah.. Dalam sistem operasinya, reaktor jenis RGTT menggunakan gas helium sebagai pendingin primer pada tekanan 5 MPa dan temperatur keluaran 950 °C. Gas helium sebagai pendingin primer sulit terbebas dari pengotor gas dan partikulat atau debu yang tercampur didalamnya sehingga yang dapat dilakukan adalah menjaga konsentrasi gas pengotor tidak melebihi batas yang dipersyaratkan. Dampak gas pengotor dalam pendingin primer helium akan menimbulkan berbagai masalah keselamatan dan penurunan keandalan unjuk kerja reaktor. Dalam makalah ini dibahas konsep awal model pemisahan gas pengotor pendingin primer RGTT. Metodologi penelitian dilakukan dengan studi karakteristik kimia gas pengotor dalam helium pendingin primer, interaksi gas pengotor dengan bahan struktur, dan pembuatan konsep awal model pemisahan gas pengotor dalam sistem pendingin primer RGTT. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan model pemisahan gas pengotor helium yang dapat menghasilkan gas helium dengan kemurnian tinggi yang sesuai persyaratan. Dari hasil penelitian ini diperoleh model pemisahan gas pengotor helium pendingin primer RGTT dengan menggunakan tahapan proses mulai dari filtrasi, oksidasi, kondensasi, adsorpsi molecular sieve dan adsorpsi karbon aktif pada kondisi cryogenic yang memungkinkan dapat digunakan sebagai rancangan pada reaktor kogenerasi.

Kata kunci: Gas pengotor, pemisahan gas, pendingin helium, reaktor kogenerasi, RGTT

ABSTRACT

PRELIMINARY CONCEPT MODEL OF THE IMPURITIES GAS SEPARATION FOR THE

PRIMARY COOLANT OF HTGR. High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) is one of the type of high temperature power reactor, which their performance and technology possible to be modified as cogeneration reactor therefore its energy can be utilizes not for electric power itself but use for hydrogen production, sea water desalination, public heating, and waste transmutation. In the operation system, the HTR use helium gas as primary coolant pressure at 5 MPa and outlet temperature in 950 °C. Helium gas for primary coolant unable free from impurity gas and particulates or dust mixed although the choice is to minimize their concentration below permissible requirements The gas impurities influence to the reactor safety and decrease reactor performance reliability. This paper describes the preliminary concept model of the impurities gas separation of primary coolant of HTGR. The methodology use are chemical characteristics study of impurity gases in helium coolant, interaction between impurity gas with material structures, and to perform preliminary model concept of impurity gases separation of HTGR. The purpose of this research is determining preliminary concept model of impurities gas separation to obtain high purity of helium gas. Based on the preliminary concept model of impurity gases separation in helium coolant of HTGR are found that gas impurity separation model of stages like filtration, oxidation, condensation, and adsorption on molecular sieve and activated charcoal on cryogenic condition possible to be implemented for cogeneration reactor design.

Keywords: gas impurities, gas separation, helium coolant, cogeneration reactor, HTGR

1. PENDAHULUAN

Reaktor berpendingin Gas Temperatur Tinggi (RGTT) adalah reaktor daya yang beroperasi pada tekanan 5 MPa dan temperatur 950°C, menggunakan pendingin helium yang bersifat *inert*. Desain RGTT telah dikembangkan bahkan telah diuji coba di seluruh dunia seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Desain RGTT yang telah Dibangun dan Beroperasi^[1]

Nama Reaktor	Dragon	AVR	Peach Bottom	Ft. St.Vrain	THTR-300	HTTR
Negara	OECD/UK	Jerman	USA	USA	Jerman	Jepang
Daya termal (MWt)	21.5	46	115	842	750	30
Daya listrik(MWe)	-	13	40	330	300	10
Temperatur <i>outlet</i> teras maksimum	750	950	725	775	750	950
Tekanan He (MPa)	2.0	1.1	2.25	4.8	3.9	4
Temperatur uap (°C)	--	505	538	538	530	--
Jenis reaktor	Sleeve	Pebble	Sleeve	Block	Pebble	Prisma
Bahan bejana	Steel	Steel	Steel	PCR ^[a]	PCR	Steel
Tahun operasi	1964-1975	1966	1967	1979-1989	1985	2004 (PT-5)

Keterangan: ^[a.] Bejana reaktor beton tekan.

Dari semua uji coba tersebut peran kemurnian gas helium sebagai pendingin primer menjadi sangat penting. Diketahui tingkat pengotor gas helium meningkat cepat pada temperatur operasi 950 °C, peningkatan ini berasal dari proses oksidasi grafit di teras reaktor dan material isolator panas sistem saluran/pipa serta proses kesetimbangan kimia dalam teras. Pemanfaatan RGTT selain untuk pembangkit listrik juga dapat dipergunakan untuk produksi hidrogen, proses desalinasi air laut, pemanas rumah, dan transmudasi limbah.. Unsur-unsur gas pengotor bisa muncul dari akibat kebocoran orde mikro pada sistem *sealed* antar sambungan pipa pendingin, sehingga gas pengotor memungkinkan masuk ke dalam sistem pendingin. Akibat dari sistem penyekatan yang tidak sempurna maka pada temperatur sangat tinggi akan menjadi gas kontaminan yang bisa merusak karakteristik dari gas helium. Setiap material yang mengalami kontak langsung dengan gas helium dengan temperatur sekitar 950 °C, cepat atau lambat akan mengalami kerusakan fisik akibat *temperature stress* sehingga secara fisik menjadi lebih rapuh. Benda rapuh ini akan menghasilkan debu yang mengotori gas helium ^[1,2].

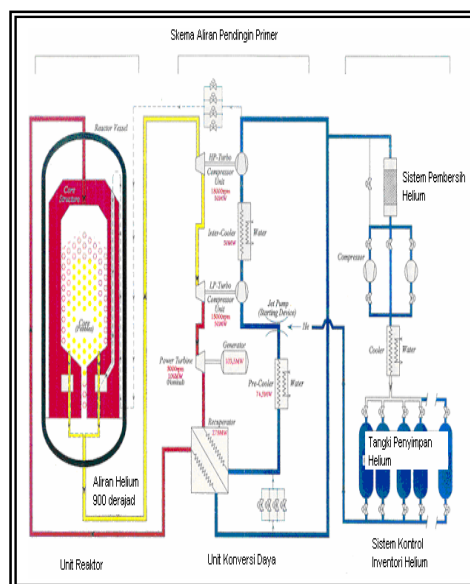
2. SISTEM PENDINGIN PRIMER RGTT

2.1. Sistem Pemisahan Pengotor pada Pendingin Primer RGTT.

Helium digunakan sebagai media pendingin primer RGTT berfungsi sebagai pengambil energi termal yang dihasilkan dari reaksi fisi dalam teras reaktor untuk dipindahkan ke unit konversi daya guna pembangkitan listrik atau kogenerasi dengan produksi hidrogen dan desalinasi air laut. Helium digunakan sebagai pendingin primer karena sifatnya yang *inert* dan mempunyai kapasitas pembawa energi termal yang besar. Karena helium kontak langsung dengan berbagai komponen mekanik sistem primer yang beroperasi pada tekanan operasi 5 MPa dan temperatur 950 °C maka

ada peluang helium terkontaminasi dengan udara. Sebagai akibat dari hal tersebut maka didalam helium menjadi mengandung berbagai macam gas pengotor yaitu H_2 , H_2O , CH_4 , CO , CO_2 , N_2 dan O_2 yang merupakan hasil interaksi antara udara dan grafit sebagai kelongsong bahan bakar serta reflektor pada temperatur tinggi. Pengotor ini pada temperatur tinggi menjadi agresif terhadap material dan berpotensi untuk mendegradasikan struktur RGTT^[3]. Sebagai langkah antisipasi agresifitas gas pengotor tersebut maka dalam sistem primer dipasang sistem kontrol inventori helium yang berfungsi untuk menurunkan kandungan gas pengotor. Sistem pendingin primer RGTT ditunjukkan pada Gambar 1.

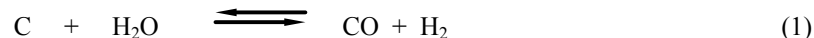
Bahan struktur sistem primer RGTT terutama sistem pemipaan, dan komponen utama digunakan paduan logam khusus yang mempunyai bahan dasar dari Fe, Ni, dan Cr, sedangkan reflektor dan kernel bahan bakar terbuat dari karbon atau grafit^[4].

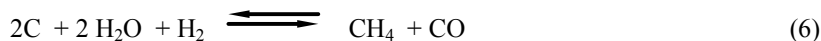


Gambar 1 : Sistem Pendingin Primer RGTT^[3]

2.2. Sumber Gas Pengotor Helium

Pada kenyataannya helium pendingin primer RGTT selalu mengalami kontaminasi dari berbagai gas seperti H_2 , H_2O , CH_4 , CO , CO_2 , dan O_2 dimana gas-gas tersebut pada temperatur tinggi merupakan substansi yang agresif. Gas-gas pengotor tersebut berada dalam sistem pendingin primer berasal dari uap air (H_2O) dan udara (O_2) yang masuk kedalam sistem pendingin primer dan selanjutnya bereaksi dengan grafit (C) dalam teras reaktor pada temperatur tinggi menghasilkan berbagai macam pengotor yaitu H_2 , H_2O , CH_4 , CO , CO_2 , dan O_2 menurut reaksi sebagai berikut :



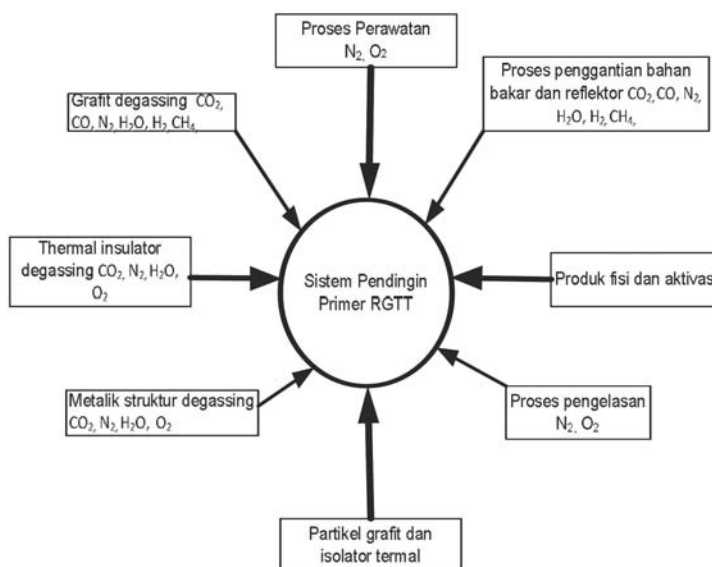


Dari data reaksi 1 dan 2 tersebut dapat diketahui bahwa air dan oksigen yang terkandung dalam udara berinteraksi dengan grafit baik sebagai kelongsong bahan bakar ataupun sebagai reflektor RGTT pada temperatur tinggi menghasilkan gas H₂ dan gas CO. Selanjutnya terjadi reaksi berantai yang berlangsung dalam sistem primer seperti pada reaksi 3 sampai 7 menghasilkan gas pengotor berikutnya yaitu CO₂, CH₄, H₂O, dan CO. Dari analisis reaksi 1 sampai 7 dapat diketahui bahwa kuantitas gas pengotor dalam sistem pendingin primer sangat bergantung pada besar kecilnya udara yang masuk kedalam sistem primer, sebagai akibat kebocoran dari beberapa komponen sistem primer. Guna membatasi jumlah gas pengotor dalam sistem primer maka kebocoran udara tersebut harus diminimalisir sehingga konsentrasi gas pengotor dalam sistem primer tidak melebihi persyaratan konsentrasi yang telah ditetapkan. Persyaratan batas maksimal konsentrasi gas pengotor dalam operasi RGTT seperti pada Tabel 2.

Tabel 2: Persyaratan batas konsentrasi maksimal gas pengotor dalam sistem primer RGTT^[5]

Unsur Pengotor	H ₂	CO ₂	H ₂ O	CO	CH ₄	N ₂	O ₂
Persyaratan (vppm)	3.0	0.6	0.2	3.0	0.5	0.2	0.02

Sumber gas pengotor pendingin primer RGTT ditinjau dari lokasi asal penyebab terjadinya gas pengotor tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2: Komponen sumber gas pengotor dalam sistem pendingin primer RGTT^[6]

Dalam makalah ini dibahas mengenai konsep awal model pemisahan gas pengotor pendingin primer RGTT yang meliputi karakteristik gas pengotor, interaksi pengotor dengan material struktur dan konsep awal model pemisahan gas pengotor helium dalam sistem pendingin primer RGTT. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan model pemisahan gas pengotor

helium yang dapat menghasilkan gas helium dengan kemurnian tinggi yang sesuai persyaratan dengan metoda purifikasi.

3. METODOLOGI.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan studi mengenai karakteristik kimia dari gas pengotor, interaksi gas pengotor dengan material struktur, dan konsep awal model pemisahan gas pengotor.

3.1. Karakteristik kimia gas pengotor helium ($H_2, O_2, N_2, CH_4, CO_2, H_2O$, dan CO).

Untuk mengetahui kemungkinan dapat dilakukannya proses pemisahan gas pengotor maka perlu diidentifikasi sifat-sifat kimia gas pengotor. Sifat polaritas molekul gas pengotor karena adanya momen dipol diantara atom-atom pembentuk memberikan informasi mampu tidaknya proses pemisahan berlangsung. Ikatan kimia menggambarkan cara atom-atom bergabung membentuk molekul, senyawa atau ion. Ikatan antar atom dapat terjadi karena adanya interaksi elektron antara atom yang satu dengan yang lain sehingga terbentuk molekul, senyawa atau gugusan atom. Atom-atom unsur mempunyai kecenderungan membentuk kestabilan seperti gas mulia yang memiliki susunan 8e pada kulit terluar (oktet) kecuali helium 2e pada kulit terluar (duplet). Untuk mencapai kestabilan atom-atom unsur saling berikatan (ikatan kimia), hal ini terjadi karena masing-masing unsur memberikan elektron yang tergantung kepada jenis unsurnya.

- Hidrogen (H_2)

Atom H hanya memiliki satu elektron dan satu proton. Karena itu atom H tidak stabil. Untuk mencapai kestabilan, atom H membentuk duplet dengan sesamanya, menjadi H_2 . Ikatan kovalen seperti pada H_2 digolongkan ikatan kovalen non polar, karena keelektronegatifan sama, pasangan elektron terdapat tepat ditengah. Jadi molekul H_2 netral, tidak memiliki kutub. Karena dalam molekul H_2 terdapat satu ikatan kovalen, maka H_2 dikelompokkan ke dalam senyawa yang berikatan kovalen tunggal yang bersifat non polar.

- Oksigen (O_2)

Atom-atom oksigen membentuk ikatan kovalen rangkap karena melibatkan pemakaian bersama lebih dari satu pasang elektron. Pada ikatan kovalen rangkap dalam oksigen tidak terdapat momen dipole yang kuat sehingga bersifat non polar.

- Nitrogen (N_2)

Dalam molekul nitrogen terbentuk ikatan kovalen rangkap tiga karena terdapat tiga pasang elektron membentuk ikatan. Ikatan rangkap tiga nitrogen sangat kuat sehingga N_2 sangat stabil diudara. Dengan ikatan yang berimbang menyebabkan molekul N_2 tidak membentuk momen dipole sehingga bersifat non polar.

- Metan (CH_4)

Metan membentuk ikatan dengan hidrogen tanpa mengandung elektron bebas pada atom pusat sehingga bersifat non polar.

- Karbon dioksida (CO_2)

Molekul CO₂ mempunyai ikatan sama dengan CH₄, tidak mengandung elektron bebas pada atom pusat sehingga bersifat non polar.

- Hidrogen oksida (H₂O)

H₂O atau air termasuk molekul poliatomik simetris yang memiliki atom pusat berpasangan elektron bebas sehingga bersifat polar. Hal ini karena pasangan elektron bebas membentuk ikatan lebih kuat dibanding pasangan elektron ikatan sehingga membentuk keelektronegatifan yang besar.

- Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida sama dengan H₂O yang membentuk atom pusat berpasangan elektron bebas membentuk momen dipol sehingga bersifat polar.

Berdasarkan sifat polaritas molekul yang diuraikan diatas, memungkinkan untuk memisahkan molekul gas pengotor (H₂, O₂, N₂, CH₄, CO₂, H₂O, dan CO) menggunakan penyaring molekul (*molecular sieve*) yang sesuai dengan sifat-sifat kepolaran molekul gas pengotor.

3.2. Interaksi Gas Pengotor dengan Material Struktur.

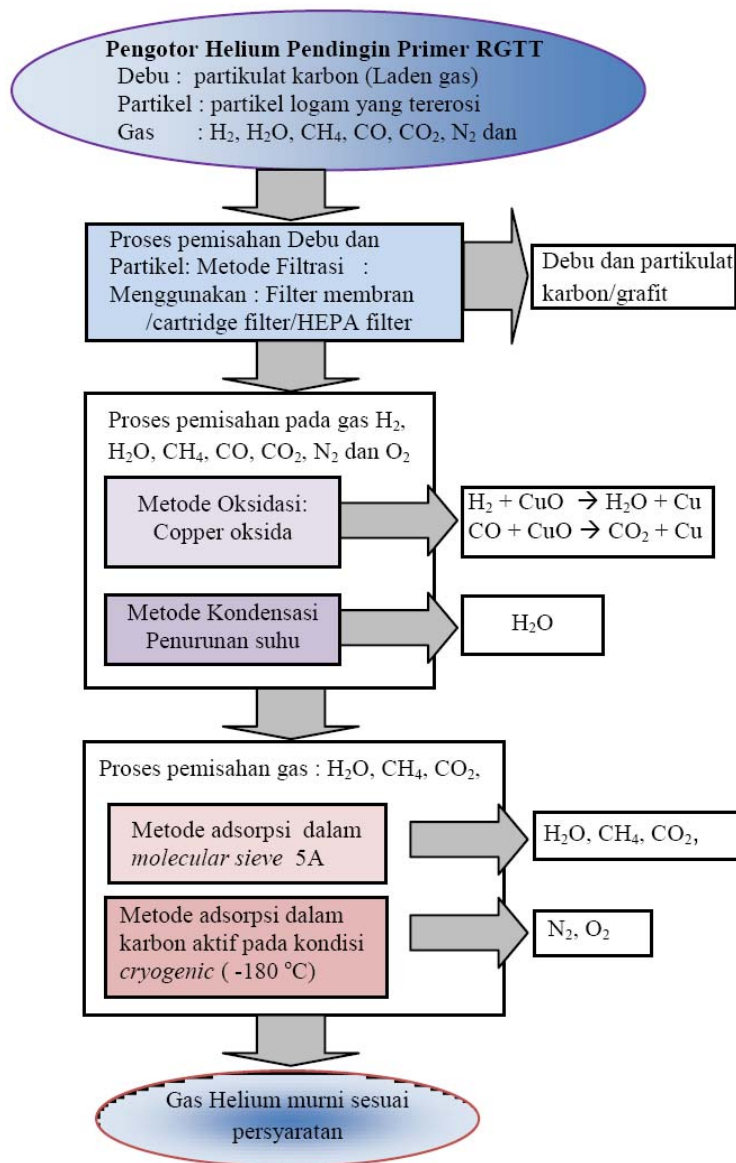
Helium sebagai media pendingin primer RGTT berfungsi sebagai pengambil energi termal yang dihasilkan dari reaksi fisi dalam teras reaktor untuk dipindahkan ke unit konversi daya untuk pembangkit listrik atau kogenerasi dengan produksi hidrogen dan desalinasi air laut. Helium digunakan sebagai pendingin primer karena sifatnya yang inert dan mempunyai kapasitas pembawa energi termal yang besar. Karena helium kontak langsung dengan berbagai komponen mekanik sistem primer yang beroperasi pada tekanan operasi 5 MPa dan temperatur 950 °C maka ada peluang helium terkontaminasi oleh udara. Akibat terkontaminasi maka didalam helium menjadi mengandung berbagai macam gas pengotor yaitu H₂, H₂O, CH₄, CO, CO₂, N₂ dan O₂ yang merupakan hasil interaksi antara udara dan grafit sebagai kelongsong bahan bakar serta reflektor pada temperatur tinggi. Pengotor ini pada temperatur tinggi menjadi agresif terhadap material dan berpotensi untuk mendegradasikan struktur RGTT^[6]. Sebagai langkah antisipasi agresifitas gas pengotor tersebut maka dalam sistem dipasang sistem *control inventory* helium yang berfungsi untuk menurunkan kandungan gas pengotor sehingga memenuhi persyaratan operasi yang ditunjukkan pada Gambar 1.

3.3. Konsep Awal Model Pemisahan Gas Pengotor

Konsentrasi gas pengotor dalam pendingin primer dibatasi sesuai dengan konsentrasi yang dipersyaratkan dalam operasi sistem primer RGTT.

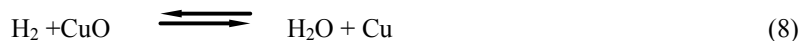
Pada dasarnya pengotor pendingin primer terdiri dari partikel padat berukuran kecil dan gas pengotor hasil interaksi berantai antara udara dan grafit yaitu H₂, H₂O, CH₄, CO, CO₂, N₂ dan O₂. Ukuran molekul gas pengotor ini sebagian besar hampir mendekati ukuran molekul gas helium sehingga pemisahannya perlu dilakukan menggunakan metode yang tepat^[6,7]. Konsep awal model pemisahan gas pengotor yang terkandung dalam gas helium ditunjukkan pada Gambar 3. Tahap awal adalah proses filtrasi yaitu pemisahan terhadap pengotor padat berupa debu grafit/partikulat logam yang diperkirakan mempunyai ukuran diatas 1 mikron. Debu-debu ini berasal dari erosi grafit bahan

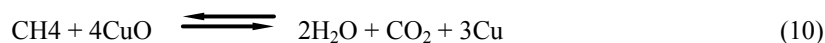
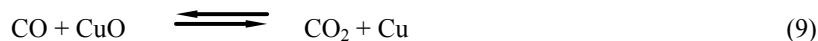
bakar yang saling bergesekan, tumbukan gas helium tekanan tinggi dengan dinding reaktor dan reflektor grafit. Pengotor debu/partikulat dilewatkan menggunakan filter HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) yang mempunyai diameter pori-pori 1 μm sehingga diharapkan gas pengotor dan helium akan lolos sedangkan debu/partikulat akan tertahan pada filter. Filter HEPA terbuat dari serat-serat borosilikat yang disusun secara acak membentuk lembaran berpori.



Gambar 3. Model awal Pemisahan Gas Pengotor Helium Pendingin RGTT

Tahap kedua melalui proses oksidasi, setelah lolos dari HEPA filter, gas pengotor dipisahkan dengan proses oksidasi terhadap gas CO dan H₂ menggunakan Tembaga oksida pada kondisi suhu dan tekanan tinggi tetapi dibawah kondisi operasi pendingin. Pada tahap ini gas H₂ dan CO akan dioksidasi menghasilkan H₂O dan CO₂. Reaksi oksidasi terjadi sebagai berikut :





Untuk tahap selanjutnya, H₂O yang terbentuk masih dalam keadaan uap lalu didinginkan sampai suhu kondensasi sehingga akan terbentuk kondensat air. Tidak semua gas pengotor CO dan H₂ yang teroksidasi dalam Tembaga oksida maka sisa gas CO dan H₂ dilewatkan kedalam penyaring molekul (*molecular sieve*) tipe 5A. Dengan demikian pada tahap ini telah dipisahkan tiga macam molekul gas pengotor dalam helium. Sisa gas pengotor yang terdiri dari N₂, O₂, dapat dipisahkan dengan menggunakan metode adsorpsi menggunakan media karbon aktif pada kondisi *cryogenic* (-180°C) dalam nitrogen cair. Karbon aktif mempunyai struktur berongga yang telah mengalami perlakuan sehingga membentuk luas permukaan yang tinggi 1100 m²/g. Pada kondisi *cryogenic* dan luas permukaan yang tinggi maka molekul N₂ dan O₂ akan terserap dan mengalami kondisi pendinginan dan mencair sehingga hanya helium yang melewati karbon aktif^[8]

Dengan demikian produk akhir proses pemurnian diharapkan hanya mengandung helium dengan toleransi kadar yang diperbolehkan untuk gas pengotor seperti tercantum pada Tabel 1. Untuk mendeteksi kemurnian helium dapat dilakukan menggunakan kromatografi gas yang dilengkapi dengan kolom yang bersifat non polar^[8].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber kontaminasi gas pengotor dalam helium pendingin primer RGTT bermula dari kebocoran udara melalui beberapa komponen yang kontak dengan pendingin primer dan udara yang berinteraksi secara berantai dengan grafit pada temperatur tinggi. Spesi gas pengotor dalam sistem primer bersifat agresif yang terbentuk dari kondisi temperatur dan tekanan operasi yang tinggi. Pada fasa padat peran ukuran pori sistem penyaring dan ketahanan terhadap tumbukan dari material padat sangat menentukan umur pakai penyaring/filter.

Dalam pemisahan gas pengotor helium pendingin primer pada Gambar 3, dapat dibagi menjadi 2 kelompok utama pemisahan yaitu kelompok pertama pemisahan partikel padat yang terdiri dari debu karbon dan partikulat logam dengan ukuran > 1 µm, dan kelompok kedua adalah pemisahan fasa gas yang mengandung H₂, H₂O, CH₄, CO, CO₂, N₂ dan O₂.

Kelompok pertama pemisahan partikel padat yang terdiri dari debu karbon dan partikulat logam dengan ukuran > 1 µm melalui proses filtrasi yaitu, pengotor debu/partikulat dilewatkan dengan menggunakan filter HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) yang mempunyai diameter pori-pori 1 µm sehingga diharapkan gas pengotor dan helium akan lolos sedangkan debu/partikulat akan tertahan pada filter. Oleh karena partikel padat debu/logam akibat temperatur dan tekanan akan berubah menjadi spesi padat yang kekerasannya meningkat maka perlu diperhatikan ketahanan filter yang mampu menjamin kontinuitas proses filtrasi seperti HEPA yang terbuat dari serat-serat borosilikat yang disusun secara acak membentuk lembaran berpori.

Kelompok kedua pemisahan pengotor gas: H₂, H₂O, CH₄, CO, CO₂, N₂ dan O₂, dibagi lagi menjadi 4 tahap pemisahan gas yang berdasarkan sifat kepolaran gas dan kepolaran sorbennya. Tahap pertama

proses oksidasi, gas pengotor H_2 yang bersifat nonpolar (berikatan kovalen tunggal/ikatan lemah) H_2 harus dioksidasi dahulu menggunakan tembaga oksida menjadi H_2O (reaksi 8). Molekul CO yang bersifat polar dioksidasi dengan tembaga oksida menjadi CO_2 yang bersifat non polar (reaksi 9).

Tahap kedua proses kondensasi terhadap pengotor H_2O .

Pada tahap ketiga proses adsorpsi terhadap CH_4 dan CO_2 bersifat nonpolar kemudian dipisahkan dengan cara dilewatkan kolom penyaring molekul karbon aktif yang bersifat nonpolar (*molecular sieve 5A*) yang mempunyai pori-pori efektif 5\AA mampu menahan molekul tersebut. Tahap keempat, pemisahan gas pengotor N_2 dan O_2 yang bersifat nonpolar dipisahkan menggunakan penyaring molekul karbon aktif pada kondisi *cryogenic*. Pada proses ini molekul N_2 dan O_2 akan berubah menjadi cair karena proses pendinginan dilakukan pada suhu -180°C menggunakan nitrogen cair sedangkan gas helium yang bebas gas pengotor akan lolos dengan kemurnian sesuai persyaratan (Tabel 2).

Model pemisahan gas pengotor dalam gas helium pendingin primer RGTT, pada kelompok pertama (proses filtrasi) pemisahan partikel padat yang terdiri dari debu karbon dan partikulat logam dengan ukuran $> 1\ \mu\text{m}$, peran ukuran pori sistem penyaring dan ketahanan terhadap tumbukan dari material padat sangat menentukan umur pakai penyaring/filter.

Pada kelompok kedua pemisahan pengotor gas: H_2 , H_2O , CH_4 , CO, CO_2 , N_2 dan O_2 , proses oksidasi, kondensasi, adsorpsi dalam *molecular sieve* sampai dengan adsorpsi dalam karbon aktif pada kondisi *cryogenic*. Oleh karena itu untuk menentukan model pemisahan gas pengotor helium pendingin primer RGTT yang dapat menghasilkan gas helium dengan kemurnian tinggi yang sesuai persyaratan tergantung kepada :

- ukuran pori sistem penyaring dan ketahanan terhadap tumbukan dari material padat
- karakteristik kimia berdasarkan sifat kepolaran molekul gas pengotor dan sorbennya.

5. KESIMPULAN

Untuk menentukan model pemisahan gas pengotor helium pendingin primer RGTT dan dapat menghasilkan gas helium dengan kemurnian tinggi yang sesuai persyaratan tergantung kepada ukuran pori sistem penyaring dan ketahanan terhadap tumbukan dari material padat serta karakteristik kimia berdasarkan sifat kepolaran molekul gas pengotor dan sifat kepolaran sorben, yaitu melalui proses filtrasi, oksidasi, kondensasi, adsorpsi *molecular sieve* dan adsorpsi dalam karbon aktif pada kondisi *cryogenic* yang memungkinkan untuk dapat digunakan sebagai rancangan pada reaktor kogenerasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. RICHARD.N.WRIGHT, "Kinetics of Gas Reactions and Environmental Degradation in NGNP Helium" Idaho National Laboratory, June 2006.
- [2]. FUJIKAWA et al, Achievement of Reactor Outlet Coolant temperature of 950°C in HTTR, Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 41, No. 12, p. 1245–1254 (December 2004)

- [3]. DIMIAN A.C, "Integrated Design and Simulation of Chemical Processes" Elsevier, Amsterdam, 2003
- [4]. KACZOROWSKI.D, CHAOVOLOFF.J, "Material Degradation in High Temperature, The REVA-NP Corrosion Loop" Proceedings HTR 2006, 3rd International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology, Johannesburg, South Africa, 2006.
- [5]. FANNY LEGROS et al, " Helium Purification at Laboratory Scale", H-00000028, Proceeding HTTR-2006, 3rd International Topical Meeting on High Temperature Reactor technology, October 1-4, 2006, Johannesburg, South Africa
- [6]. OLIVIER GASTALDI et al, " Helium Purification", CEA Cadarache, France
- [7]. D.I.ROBERT, " Current of Studies of Materials for the HTGR at General Atomic Company" DE-ATO3-76ET35301, General Atomic Company, San Diego, USA
- [8]. FUKADA S, TERASHITA, M, "Mixed Desorption of He, H₂, and CH₄ Adsorbed on Charcoal Maximally Cooled at 10 K, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 47, No. 12, p. 1219–1226 (2010).

DISKUSI/TANYA JAWAB:

1. PERTANYAAN: (Sigit Santoso, PTRKN - BATAN)

- Bagaimana konsep pemisahan gas pengotor helium dalam pendingin primer reaktor tipe RGTT?

JAWABAN: (Itjeu Karliana, PTRKN – BATAN)

- *Konsep pemisahan gas pengotor helium dalam pendingin primer reaktor tipe RGTT yaitu melalui tahapan metoda proses pemurnian : (i) filtrasi physic, (ii) perbesaran molekul, (iii) pembuatan koloni, (iv) penyaringan molekuler, (v) kondensasi, dan (vi) absorb pada kondisi cryogenic, setiap tahap proses pemurnian gas helium tersebut diatas dapat dilakukan proses looping, sampai diperoleh kondisi yang diinginkan. Perlu dibuat program simulasi untuk pencapaian kondisi konsentrasi yang tepat.*

2. PERTANYAAN: (Geni Rina Sunaryo, PTRKN - BATAN)

- Dari berbagai kontaminan gas pengotor, gas pengotor apa yang paling dominan dan bagaimana cara pemisahannya?.

JAWABAN: (Itjeu Karliana, PTRKN – BATAN)

- *Gas pengotor yang paling dominan adalah gas hidrogen dan gas karbon monoksida yang masing-masing berasal dari uap air dan erosi grafit dalam teras reaktor. Untuk memisahkannya dilakukan dengan proses oksidasi (perbesaran molekul) menggunakan tembaga oksida, dimana hidrogen dirubah menjadi air dan karbon monoksida dirubah menjadi karbon dioksida. Fraksi air dipisahkan dengan proses kondensasi sedangkan karbon dioksida dengan proses penyaringan molekuler.*