

PENGARUH LAJU ALIR MASA PENDINGIN TERHADAP KINERJA SISTEM KOGENERASI SIKLUS LANGSUNG RGTT200K

Ign. Djoko Irianto

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN) BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang 15310

Email: igndjoko@batan.go.id

ABSTRAK

PENGARUH LAJU ALIR MASA PENDINGIN TERHADAP KINERJA SISTEM KOGENERASI SIKLUS LANGSUNG RGTT200K. Desain konseptual RGTT200K ditujukan untuk pembangkit listrik, produksi hidrogen dan proses desalinasi. RGTT200K adalah konsep reaktor berpendingin gas temperatur tinggi berdaya termal 200 MW. Reaktor ini berpendingin gas helium dengan temperatur outlet 950°C dan bertekanan 5,0 MPa. Energi termal untuk produksi hidrogen ditransfer dari sistem konversi energi RGTT200K melalui Intermediate Heat Exchanger (IHX), sedangkan untuk proses desalinasi ditransfer melalui precooler. Dalam makalah ini diuraikan hasil analisis kinerja sistem kogenerasi pada RGTT200K siklus langsung. Parameter yang digunakan untuk menganalisis kinerja sistem kogenerasi adalah faktor pemanfaatan energi (Energy Utilization Factor – EUF) untuk masing-masing pemanfaatan dengan memvariasi laju alir masa pendingin reaktor, laju alir masa pendingin sekunder pada IHX dan laju alir masa pendingin sekunder pada precooler. Analisis dilakukan dengan cara simulasi perhitungan menggunakan program komputer CHEMCAD 6.1.4. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perubahan laju alir masa pendingin berpengaruh pada nilai faktor pemanfaatan energi. Jika yang menjadi tujuan utama adalah untuk pembangkitan listrik, maka laju alir masa pendingin reaktor dan laju alir masa pendingin sekunder precooler perlu ditingkatkan. Dan jika yang menjadi tujuan utama adalah pemanfaatan energi termal untuk produksi hidrogen maka laju alir masa pendingin sekunder IHX perlu ditingkatkan, dengan konsekuensi nilai faktor pemanfaatan energi total menurun. Dengan laju alir masa pendingin reaktor 120 kg/s dan laju alir masa pendingin sekunder pada IHX 25 kg/s maka nilai faktor pemanfaatan energi dapat mencapai 80,2 %

Kata kunci : RGTT200K, sistem kogenerasi, laju alir masa pendingin, faktor pemanfaatan energi, ChemCAD.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF COOLANT MASS FLOWRATE ON THE PERFORMANCE OF DIRECT CYCLE COGENERATION SYSTEM OF RGTT200K. RGTT200K conceptual design intended for power generation, hydrogen production and desalination process. RGTT200K is the concept of high-temperature gas-cooled reactor thermal power of 200 MW. This reactor employs helium gas as coolant with an outlet temperature of 950°C and 5.0 MPa operating pressure. Thermal energy for the production of hydrogen is transferred from the energy conversion system of RGTT200K through IHX, while for the desalination process is transferred via the precooler. In this paper the performance analysis described in RGTT200K cycle cogeneration system directly. The parameters used to analyze the performance of the cogeneration system is the energy utilization factor (Energy Utilization Factor - EUF) for each utilization by varying the flow rate of the coolant past, future secondary coolant flow rate at the Intermediate Heat Exchanger (IHX) and the secondary coolant flow rate period the precooler. Analysis is performed by means of simulation calculations using the computer program CHEMCAD 6.1.4. The calculations show that the change in flow rate of the cooling effect on the value of the energy utilization factor. If that was the primary reason is for electricity generation, the reactor coolant flow rate and flow rate of secondary coolant of precooler needs to be increased. And if that was the primary reason is the use of thermal energy for the production of hydrogen flow rate past the secondary cooling IHX need to be increased, with the consequence of total energy utilization factor value decreases. With the reactor coolant flow rate of 120 kg/s and the secondary coolant flow rate past the IHX 25 kg/s, the value of energy utilization factor can reach 80.2%

Keywords: RGTT200K, cogeneration systems, mass flow rate, utilization factor, CHEMCAD.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi untuk industri, transportasi dan rumah tangga semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut, tidak dapat hanya

mengandalkan satu sumber energi saja. Diversifikasi energi atau penganekaragaman pemanfaatan berbagai sumber energi senantiasa perlu ditingkatkan. Terkait dengan diversifikasi energi atau penganekaragaman pemanfaatan sumber energi, Pemerintah melalui Peraturan Presiden RI. No. 5 Tahun 2006^[1] telah

menetapkan sasaran bauran energi primer optimal pada tahun 2025 yang memberi kesempatan kepada sumber energi baru dan terbarukan (biomassa, nuklir, tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin) untuk berkontribusi lebih dari 5% dari kebutuhan energi nasional. Kebijakan pemerintah tersebut memberi peluang dan tantangan terhadap penerapan dan pengembangan energi nuklir di Indonesia.

Secara lebih rinci Pemerintah telah menetapkan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2010-2014 seperti yang tertuang dalam Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2010^[2]. Tugas yang tertuang dalam Peraturan Presiden tersebut telah ditindak-lanjuti oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dengan menetapkan Renstra BATAN tahun 2010-2014. Secara tegas di dalam Renstra tersebut dinyatakan bahwa salah satu keluaran BATAN pada tahun 2014 di bidang energi adalah diperolehnya desain konseptual reaktor daya maju kogenerasi serta evaluasi teknologi^[3].

Dalam rangka pelaksanaan Renstra BATAN 2010-2014, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir – BATAN saat ini tengah melakukan pengembangan sistem energi nuklir (SEN) berbasis Reaktor berpendingin Gas Temperatur Tinggi (RGTT). Kegiatan pengembangan SEN berbasis RGTT ini dilakukan dengan penyusunan desain konseptual RGTT200K yang merupakan konsep reaktor kogenerasi berdaya termal 200 MW. Konsep kogenerasi RGTT200K ditujukan untuk pembangkit listrik, produksi gas hidrogen dan proses desalinasi air laut. RGTT200K didesain berpendingin gas helium dengan temperatur *outlet* reaktor 950 °C dan bertekanan 5 MPa^[4].

Pada kegiatan penelitian dan pengembangan sebelumnya, telah dilakukan pemodelan sistem konversi energi dengan membandingkan beberapa konfigurasi kogenerasi baik siklus langsung maupun siklus tak langsung^[5]. Salah satu kesimpulan penelitian tersebut adalah bahwa sistem kogenerasi dengan konfigurasi pembangkitan listrik secara langsung akan menghasilkan efisiensi termal yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan konfigurasi siklus tak langsung^[5]. Dalam rangka melengkapi desain konseptual sistem konversi energi RGTT200K, juga telah dilakukan penelitian tentang jumlah kompresor yang diperlukan dalam desain konseptual sistem konversi energi kogenerasi dengan siklus langsung^[6]. Penelitian dilakukan dengan membandingkan sistem konversi energi RGTT200K dengan satu kompresor dan sistem konversi energi RGTT200K dengan dua kompresor yang meliputi kompresor tekanan tinggi atau *High Pressure Compressor* (HPC) dan kompresor tekanan rendah atau *Low Pressure Compressor* (LPC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan satu kompresor dan satu *intercooler* hanya mampu menaikkan efisiensi termal kurang dari 1%. Dengan

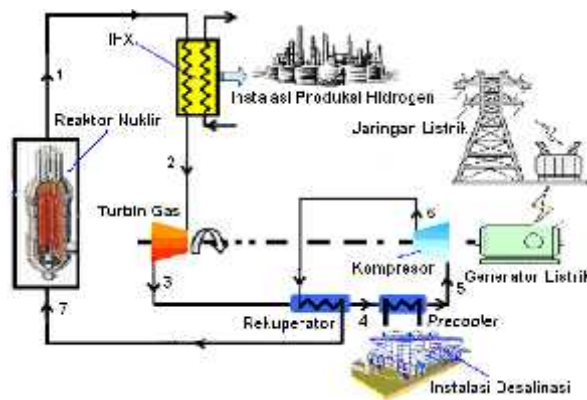
pertimbangan efisiensi, maka untuk desain konseptual sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K disarankan untuk tetap menggunakan satu kompresor.

Penelitian ini dilakukan secara simulasi perhitungan dengan variasi laju alir masa pendingin reaktor, variasi laju alir masa pendingin pada instalasi produksi gas hidrogen dan variasi laju alir masa pendingin pada instalasi desalinasi air laut. Instalasi produksi gas hidrogen memperoleh energi termal dari sistem konversi energi melalui *Intermediate Heat Exchanger* (IHX), sedangkan instalasi desalinasi air laut memperoleh energi termal dari sistem konversi energi melalui *precooler*. Simulasi perhitungan dilakukan dengan menggunakan paket program komputer CHEMCAD 6.1.4^[7] adalah perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk simulasi perhitungan termodinamika dan rekayasa proses (*process engineering*). Penelitian bertujuan untuk memperoleh batasan besaran laju alir masa pendingin reaktor, laju alir masa pendingin instalasi produksi gas hidrogen dan laju alir masa instalasi desalinasi agar diperoleh nilai faktor pemanfaatan energi (*Energy Utilization Factor/EUF*) pada sistem konversi energi kogenerasi yang optimal. Data laju alir masa seluruh sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K diperlukan dalam penyusunan desain sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K.

TEORI

Konsep kogenerasi pada desain konseptual RGTT200K ditujukan untuk pembangkit listrik, produksi gas hidrogen dan proses desalinasi air laut. Desain konseptual RGTT200K meliputi desain konseptual teras reaktor RGTT200K, desain konseptual sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K dan desain konseptual sistem keselamatan RGTT200K. Sebagai sumber energi termal untuk desain konseptual sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K ini adalah reaktor gas temperatur tinggi berdaya termal 200 MW. Konfigurasi sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K yang menerapkan siklus langsung ditunjukkan pada Gambar 1. Komponen utama sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K siklus langsung adalah IHX, turbin gas, rekuperator, *precooler*, dan kompresor. Untuk keperluan produksi gas hidrogen, energi termal ditransfer melalui IHX dari sistem konversi energi ke instalasi produksi gas hidrogen. Sedangkan energi termal untuk proses desalinasi ditransfer melalui *precooler*. Turbin gas dan kompresor dipasang satu poros, karena itu energi termal yang digunakan untuk pembangkit listrik merupakan selisih antara energi yang dihasilkan dari

proses ekspansi turbin dan energi yang digunakan untuk menggerakkan kompresor.



Gambar 1. Konfigurasi sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K

Dalam rangka penyusunan desain konseptual sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K diperlukan analisis dan perhitungan parameter kinerja sistem konversi energi RGTT200K. Salah satu parameter kinerja sistem konversi energi adalah besarnya energi yang dapat dikonversi atau ditransfer ke instalasi pengguna dari masing-masing komponen utamanya. Untuk keperluan produksi gas hidrogen, energi termal ditransfer dari sistem konversi energi ke instalasi produksi gas hidrogen melalui IHX. Sedangkan untuk proses desalinasi, energi termal ditransfer dari sistem konversi energi ke instalasi desalinasi melalui *pre-cooler*. Besarnya daya termal pada setiap komponen sistem konversi energi kogenerasi yang ditransfer mengikuti persamaan (1).

$$W = \dot{m} c_p (T_2 - T_1) \tag{1}$$

dengan

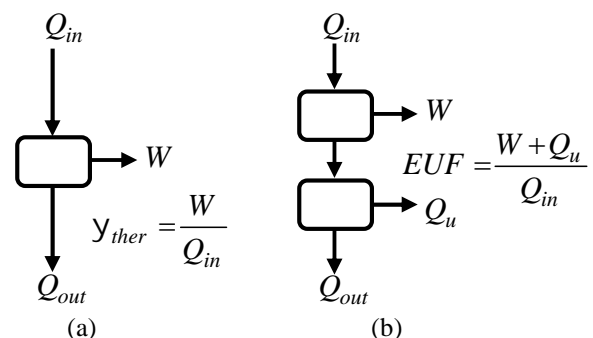
- W = daya termal yang ditransfer (KW_{th})
- \dot{m} = laju alir massa pendingin (kg/s)
- c_p = kapasitas panas spesifik tekanan tetap (kJ/kg.K)
- T_1 = temperatur *inlet* komponen (K)
- T_2 = temperatur *outlet* komponen (K)

Mengacu pada persamaan (1) energi termal yang ditransfer merupakan fungsi dari laju alir masa pendingin, temperatur dan kapasitas panas spesifik. Dengan demikian, dalam sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K siklus langsung, energi termal yang ditransfer dari sistem konversi energi akan dipengaruhi oleh laju alir masa pendinginnya. Dengan kata lain optimalisasi pemanfaatan energi kogenerasi pada sistem konversi energi siklus langsung RGTT200K dapat dilakukan dengan mengatur laju alir masa pendinginnya.

Salah satu keuntungan sistem RGTT adalah kemampuannya menghasilkan temperatur keluaran

reaktor yang sangat tinggi hingga mencapai 950°C. Temperatur keluaran dari unit reaktor yang tinggi, sangat ideal untuk dikopel dengan sistem konversi energi untuk menghasilkan konfigurasi sistem kogenerasi. Dengan sistem kogenerasi, reaktor nuklir dapat digunakan sebagai pemasok energi termal untuk keperluan industri maupun untuk pembangkit daya listrik. Dengan demikian, efisiensi sistem tidak semata dihitung berdasarkan kemampuan pembangkitan daya listrik, tetapi juga kemampuan menyediakan energi termal untuk keperluan industri lainnya.

Efisiensi pembangkitan daya listrik atau efisiensi termal (η_{ther}) merupakan hasil perkalian antara efisiensi generator listrik dengan daya mekanik yang merupakan selisih antara daya turbin gas dan daya kompresor. Daya turbin gas adalah daya yang dihasilkan akibat ekspansi gas dalam turbin gas, sedangkan daya kompresor adalah daya yang diperlukan untuk memutar poros kompresor. Dalam sistem kogenerasi, kinerja sistem kogenerasi dapat dihitung berdasarkan nilai faktor pemanfaatan energi termal atau *Energy Utilization Factor (EUF)* yang meliputi seluruh unit yang memanfaatkan energi termal dari reaktor. Perbedaan antara efisiensi termal dan faktor pemanfaatan energi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan antara (a) efisiensi termal dan (b) faktor pemanfaatan energi.

Dengan sistem kogenerasi, nilai faktor pemanfaatan energi termal (*EUF*) dapat ditingkatkan. Dengan demikian, dalam sistem kogenerasi, energi termal yang dibuang ke lingkungan dalam bentuk energi panas dapat diperkecil. Nilai *EUF* yang tinggi akan meningkatkan nilai keekonomian sistem kogenerasi dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan cadangan bahan bakar. Nilai *EUF* dapat didefinisikan menggunakan persamaan (2)^[8]:

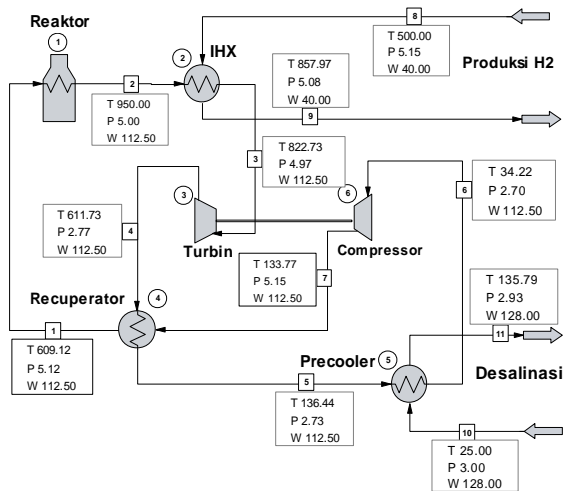
$$EUF = \frac{W + Q_u}{Q_{in}} \tag{2}$$

dengan

- EUF = faktor pemanfaatan energi (%)
- W = kerja yang dihasilkan dari sistem kogenerasi untuk pembangkitan daya listrik (MWd)
- Q_u = energi termal yang tidak dimanfaatkan untuk pembangkit listrik dalam sistem kogenerasi (MWd)
- Q_{in} = energi total yang diberikan kepada sistem kogenerasi (MWd)

METODOLOGI

Untuk keperluan simulasi perhitungan menggunakan paket program komputer CHEMCAD 6.1.4, sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K siklus langsung dengan konfigurasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dibuat model berdasarkan program komputer CHEMCAD 6.1.4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Unit reaktor sebagai penyedia energi termal dimodelkan sebagai reaktor Gibbs. Dalam program komputer CHEMCAD 6.1.4, reaktor Gibbs digunakan untuk simulasi neraca massa dan neraca energi. Komposisi, produk dan kondisi termal keluaran reaktor dihitung dengan minimisasi energi bebas Gibbs. Fluida kerja untuk sistem konversi energi termasuk unit reaktor dispesifikasikan sebagai gas inert, dalam hal ini gas helium.



Gambar 3. Model sistem konversi energi RGTT200K menggunakan ChemCAD.

Data *input* untuk reaktor dalam simulasi perhitungan menggunakan program komputer CHEMCAD 6.1.4 ini terdiri dari 4 parameter desain reaktor yang telah ditetapkan didasarkan pada desain teras reaktor RGTT200K^[4]. Besaran yang telah ditetapkan tersebut meliputi daya termal reaktor, laju alir masa fluida pendingin reaktor, tekanan dan temperatur *outlet* reaktor. Keempat parameter reaktor sebagai data *input* tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Parameter komponen sistem konversi energi yang digunakan sebagai data *input* yang meliputi *pressure drop* masing-masing komponen dan efisiensi politropik turbin gas dan kompresor ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter reaktor untuk simulasi sistem konversi energi RGTT200K

Parameter	Nilai
Daya reaktor	200 MWt
Temperatur <i>outlet</i> reaktor	950°C
Tekanan <i>outlet</i> reaktor	5,0 MPa
Laju alir massa pendingin reaktor	120 kg/s

Tabel 2. Parameter komponen sistem konversi energi RGTT200K

No. Parameter	Nilai
1. <i>Pressure drop</i> pada reaktor	0,120 MPa
2. <i>Pressure drop</i> sisi <i>shell</i> IHX	0,030 MPa
3. <i>Pressure drop</i> sisi <i>tube</i> IHX	0,066 MPa
4. Efisiensi politropik turbin gas	0,930
5. Efisiensi politropik kompresor	0,930
6. <i>Pressure drop</i> sisi panas rekuperator	0,030 MPa
7. <i>Pressure drop</i> sisi dingin rekuperator	0,040 MPa
8. <i>Pressure drop</i> sisi <i>shell</i> precool	0,030 MPa
9. <i>Pressure drop</i> sisi <i>tube</i> precool	0,066 MPa

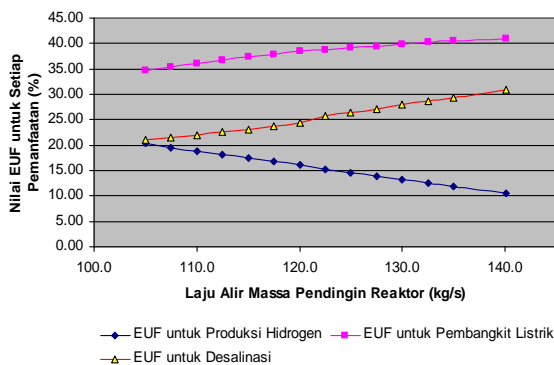
Simulasi perhitungan kinerja sistem kogenerasi pada sistem konversi energi siklus langsung RGTT200K dilakukan melalui tiga model perhitungan. Model pertama adalah simulasi dengan varian laju alir masa pendingin reaktor mulai dari 105 kg/s sampai dengan 140 kg/s. Simulasi kedua dengan varian laju alir masa pendingin sekunder pada IHX mulai dari 25 kg/s sampai dengan 125 kg/s dan simulasi ketiga dengan varian laju alir masa pendingin sekunder pada precooling mulai dari 100 kg/s sampai dengan 300 kg/s. Nilai faktor pemanfaatan energi (EUF) dihitung menggunakan persamaan nomor (2). Dari kombinasi ketiga model perhitungan tersebut kemudian dicari nilai faktor pemanfaatan energi yang tertinggi.

Sebagai sumber energi termal untuk sistem konversi energi kogenerasi adalah teras reaktor

RGTT200K. Dalam simulasi perhitungan ini, daya termal reaktor, temperatur *outlet* reaktor, tekanan *outlet* reaktor dan laju alir masa pendingin reaktor ditetapkan sesuai dengan hasil desain konseptual teras RGTT200K seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 yaitu masing-masing sebesar 200 MW, 950°C, 5 MPa dan 120 kg/s. Sedangkan untuk temperatur pendingin keluaran dari instalasi produksi gas hidrogen diasumsikan tetap yaitu sebesar 500°C dan temperatur keluaran untuk instalasi desalinasi sebesar 25°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

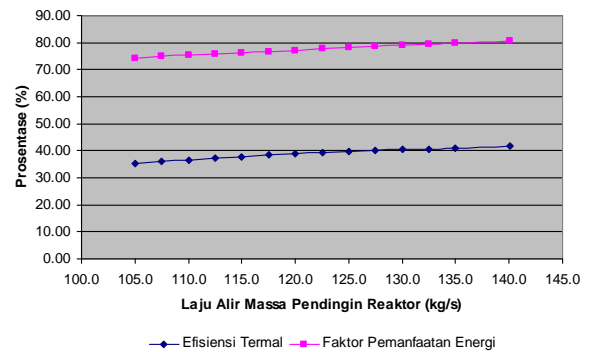
Sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K yang menerapkan siklus langsung memiliki beberapa komponen utama yang terdiri dari *Intermediate Heat Exchanger* (IHX), turbin gas, kompresor, rekuperator dan *precooler*. Hasil simulasi perhitungan dengan varian laju alir masa pendingin reaktor ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Dari Gambar 4 terlihat bahwa nilai EUF atau faktor pemanfaatan energi untuk setiap pemanfaatan akan berubah jika laju alir masa pendingin reaktor berubah. Jika laju alir masa pendingin reaktor bertambah besar, maka nilai faktor pemanfaatan energi untuk pembangkitan listrik dan untuk proses desalinasi juga bertambah besar, sedangkan nilai faktor pemanfaatan energi untuk produksi gas hidrogen justru menurun. Penurunan nilai faktor pemanfaatan energi untuk produksi gas hidrogen disebabkan oleh penurunan temperatur *outlet* reaktor atau penurunan temperatur masuk pada IHX. Hal ini menyebabkan energi termal yang ditransfer melalui IHX dari sistem konversi energi kogenerasi ke instalasi produksi gas hidrogen juga menurun.



Gambar 4. Grafik nilai EUF pada setiap pemanfaatan energi sebagai fungsi laju alir masa pendingin reaktor.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa peningkatan laju alir masa pendingin reaktor dapat meningkatkan faktor pemanfaatan energi secara total yang

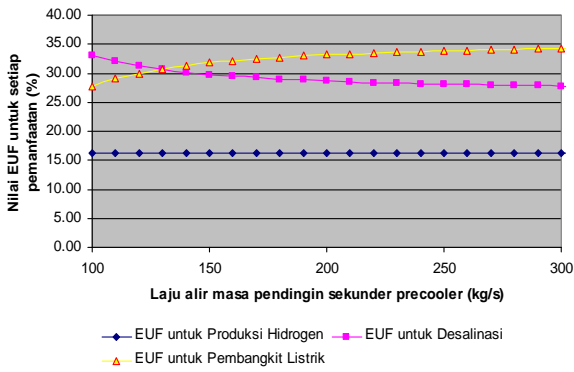
merupakan jumlahan dari seluruh faktor pemanfaatan energi dalam sistem kogenerasi. Pada laju alir masa pendingin reaktor sebesar 140 kg/s, faktor pemanfaatan energi dapat mencapai 80,21 %. Hasil simulasi perhitungan menggunakan program komputer CHEMCAD 6.1.4 ini menunjukkan bahwa fokus pemanfaatan energi pada sistem konversi energi kogenerasi RGTT200K bisa ditetapkan dengan mengatur laju alir masa pendingin reaktor, tentu saja tetap harus mempertimbangkan faktor keselamatan yang telah ditetapkan dalam desain teras RGTT200K.



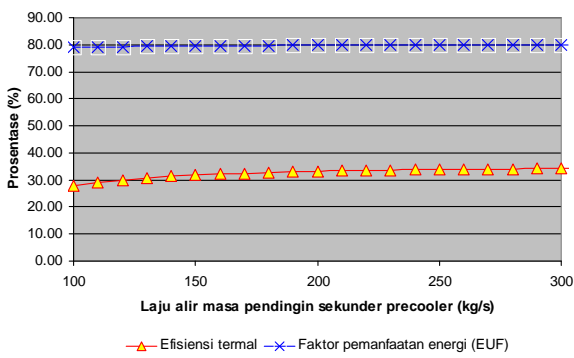
Gambar 5. Grafik efisiensi termal dan faktor pemanfaatan energi sebagai fungsi laju alir masa pendingin reaktor.

Simulasi perhitungan yang kedua dilakukan dengan varian laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler*. Hasil simulasi perhitungan dengan varian laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler* ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7. Dari Gambar 6 terlihat bahwa perubahan laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler* hanya berpengaruh pada faktor pemanfaatan energi untuk pembangkitan listrik dan untuk proses desalinasi. Sedangkan faktor pemanfaatan energi untuk produksi gas hidrogen tidak terpengaruh dengan perubahan laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler*. Terlihat juga pada Gambar 6 bahwa nilai faktor pemanfaatan energi untuk pembangkit listrik meningkat jika laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler* ditingkatkan. Sedangkan nilai faktor pemanfaatan energi untuk desalinasi justru menurun jika laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler* ditingkatkan.

Dari Gambar 7 terlihat bahwa perubahan laju alir masa pendingin sekunder *precooler* tidak mempengaruhi nilai faktor pemanfaatan energi secara total. Meskipun laju alir massa pada sisi sekunder dinaikkan dari 100 kg/s hingga 300 kg/s, nilai faktor pemanfaatan energi hampir tetap sekitar 80 % dengan nilai tertinggi adalah 80,2 %. Sedangkan nilai efisiensi termal untuk pembangkitan listrik sedikit meningkat akibat peningkatan laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler*.

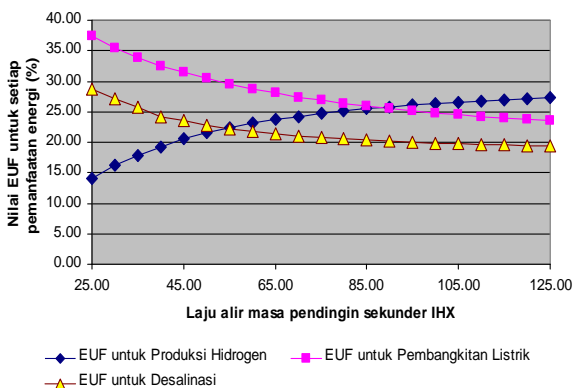


Gambar 6. Grafik nilai EUF pada setiap pemanfaatan energi sebagai fungsi laju alir masa pendingin sekunder pre-cooler.



Gambar 7. Grafik efisiensi termal dan faktor pemanfaatan energi sebagai fungsi laju alir masa pendingin sekunder pre-cooler.

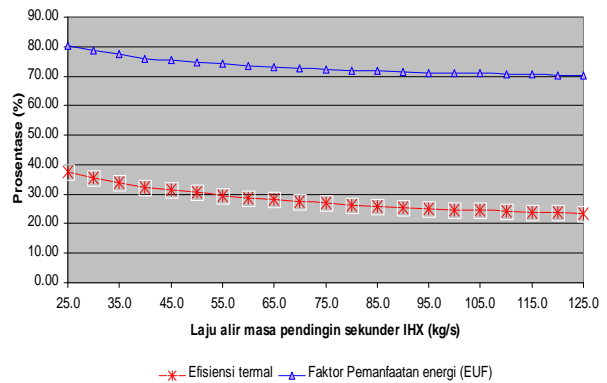
Pada simulasi perhitungan yang ketiga dilakukan dengan varian laju alir masa pendingin sekunder pada IHX. Hasil simulasi perhitungan dengan varian laju alir masa pendingin sekunder pada IHX ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Grafik nilai EUF pada setiap pemanfaatan energi sebagai fungsi laju alir masa pendingin sekunder IHX.

Dari Gambar 8 terlihat bahwa perubahan laju alir masa pada pendingin sekunder IHX berpengaruh pada faktor pemanfaatan energi untuk masing-masing pemanfaatan. Dengan peningkatan laju alir masa pendingin sekunder pada IHX, maka ada peningkatan perpindahan panas pada IHX sehingga energi termal yang ditransfer melalui IHX dari sistem konversi energi ke instalasi produksi hidrogen meningkat. Kondisi ini secara langsung meningkatkan faktor pemanfaatan energi untuk produksi gas hidrogen. Sebaliknya, peningkatan laju alir masa pendingin sekunder pada IHX akan menurunkan faktor pemanfaatan energi untuk pembangkitan listrik dan untuk desalinasi seperti yang terlihat pada Gambar 8.

Sedangkan pada Gambar 9 ditunjukkan adanya penurunan nilai efisiensi termal dan faktor pemanfaatan energi total pada sistem kogenerasi sebagai respon dari kenaikan laju alir masa pendingin sekunder pada IHX. Dengan demikian, untuk memperoleh nilai faktor pemanfaatan energi yang tinggi, laju alir masa pendingin sekunder pada IHX tidak boleh terlalu besar.



Gambar 9. Grafik efisiensi termal dan faktor pemanfaatan energi sebagai fungsi laju alir masa pendingin sekunder IHX.

Ketiga simulasi perhitungan menggunakan program komputer CHEMCAD 6.1.4 menunjukkan bahwa faktor pemanfaatan energi (EUF) dipengaruhi oleh laju alir masa pendingin primer atau pendingin reaktor, laju alir masa pendingin sekunder pada IHX dan laju alir masa pendingin sekunder pada pre-cooler. Jika yang menjadi tujuan utama adalah untuk pembangkitan listrik, maka laju alir masa pendingin reaktor dan laju alir masa pendingin sekunder pada pre-cooler perlu ditingkatkan. Dan jika yang menjadi tujuan utama adalah pemanfaatan energi termal untuk produksi hidrogen maka laju alir masa pendingin sekunder IHX perlu ditingkatkan, dengan konsekuensi nilai faktor pemanfaatan energi total menurun.

KESIMPULAN

Untuk optimasi kinerja sistem kogenerasi pada desain konseptual RGTT200K yang menerapkan siklus langsung perlu mempertimbangkan besaran laju alir masa pendingin reaktor, pendingin sekunder pada IHX dan pendingin sekunder pada *precooler*. Jika yang menjadi tujuan utama adalah untuk pembangkitan listrik, maka laju alir masa pendingin reaktor dan laju alir masa pendingin sekunder pada *precooler* perlu ditingkatkan. Dan jika yang menjadi tujuan utama adalah pemanfaatan energi termal untuk produksi hidrogen maka laju alir masa pendingin sekunder pada IHX perlu ditingkatkan, dengan konsekuensi nilai faktor pemanfaatan energi total menurun. Nilai faktor pemanfaatan energi total tertinggi yaitu sebesar 80,2 % terjadi pada laju alir masa pendingin reaktor 120 kg/s dan laju alir masa pendingin sekunder pada IHX 25 kg/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada teman-teman peneliti di Bidang Pengembangan Reaktor, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN atas kesediaannya meluangkan waktu untuk berdiskusi dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BAPPENAS, (2006), "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional", Jakarta.
2. BAPPENAS, (2010), "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2010-2014", Jakarta.
3. BATAN, (2012), "Peraturan Kepala BATAN Nomor : 202/Ka/X/2012 Tentang Rencana Strategis Badan Tenaga Nuklir Nasional Tahun 2010 – 2014", Jakarta, 30 Oktober 2012.
4. M. Dhandhang Purwadi, (2010), "Desain Konseptual Sistem Reaktor Daya Maju Kogenerasi Berbasis RGTT", Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir, Surabaya, 28 Juli 2010.
5. Ign. Djoko Irianto, (2010), "Pemodelan Sistem Konversi Energi Berbasis Kogenerasi Reaktor Tipe RGTT Untuk Pembangkit Listrik Dan Produksi Hidrogen", Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir III, Banten, 24 Juni 2010.
6. Ign. Djoko Irianto, (2012), "Analisis Termodinamika Untuk Optimasi Sistem Konversi Energi RGTT200K", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir (PPI-PDIPTN), Yogyakarta, 4 Juli 2012.
7. PT. Ingenious, (2011), "ChemCAD Process Simulation : Software Training", BATAN – Serpong.
8. Xiao Feng, et al., (1998), "New Performance Criterion For Cogeneration System", Elsevier Science, Energy Convers Mgmt Vol.39 No.15, pp.1607-1609.

TANYA JAWAB

Anis R.

- Inovasi dan saran apa yang bisa diterapkan pada penelitian mendatang ?
- Prioritas listrik atau termal untuk diterapkan di Babel ?

Ign. Djoko Irianto

- Untuk penelitian mendatang perlu dicari konfigurasi optimal pada sistem konversi energi kogenerasi dengan variasi berbagai parameter termodinamika misalnya temperatur, tekanan dan laju alir masa pendinginan. Untuk memperoleh kinerja sistem kogenerasi yang optimal juga perlu divariasikan dengan konfigurasi langsung maupun tak langsung. Bisa juga konfigurasi dengan penerapan HPC dan LPC untuk optimalisasi kinerja agar diperoleh desain konseptual sistem kogenerasi yang optimal.
- Penelitian ini membuka peluang untuk pemanfaatan sebagai pembangkit listrik maupun penyediaan energi termal. Hasil kajian dari PPI untuk kondisi di Babel, diperlukan pembangkit listrik dan proses desalinasi.