
OPTIMASI SISTEM PERALATAN PENGUKURAN LEPASAN RADIONUKLIDA UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN OPERASI REAKTOR

Slamet Suprianto, Naek Nababan
Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset - BATAN

ABSTRAK

OPTIMASI SISTEM PERALATAN PENGUKURAN LEPASAN RADIONUKLIDA UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN OPERASI REAKTOR. Optimasi peralatan uji teknik sampling lepasan radionuklida di RSG telah dilakukan. Lebih dari 15 tahun reaktor beroperasi dan ada lepasan-lepasan nuklida hasil dari belahan, aktivasi dan korosif material radioaktif akibat dari suatu pengoperasiabn reaktor, sementara ini lepasan kandungan radionuklida belum sepenuhnya dapat ditangani atau dioptimalkan. Pelepasan dalam wujud udara yang melalui jalur *stack monitor* (KLK06) telah dilakukan, tetapi belum dapat mengidentifikasi kandungan nuklidanya. Untuk dapat mengetahui komposisi nuklida yang terakumulasi di dalam udara buangan perlu dilakukan optimasi fasilitas alat ukur yang dapat menangkap nuklida-nuklida melalui proses penangkapan nuklida dalam kandungan udara buang. Optimasi alat ukur ini juga menunjang fasilitas keselamatan reaktor dalam pengoperasiannya dan hasil analisis radionuklida yang terkandung di udara dapat sebagai masukan pada laporan analisis Kecelakaan (LAK). Optimasi sistem peralatan ukur lepasan radionuklida di *stack monitor* ini merupakan seperangkat sistem peralatan pengukuran yang dirancang secara sistematis, sistem ini terpasang secara terus-menerus dan permanen, nuklida-nuklida lepasan yang tertangkap pada filter udara-gas akan diidentifikasi dengan menggunakan spektrometri gamma.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR SAMPLING OF IODINE AND NOBLE GAS EFFLUENTS IN STACK MONITOR OF RSG-GAS. Development of equipment for testing of techniques for sampling of iodine and noble gas effluents in RSG had been carried out after more than 15 years of reactor operation and there will be nuclide effluents generated by fission, activation and corrosive radioactive materials during the reactor operation. The effluents in the form of iodine and noble gases cannot yet fully handled or studied further. Gas release to the atmosphere is carried out through *stack monitor* (KLK06), however the content of nuclides are not yet identifiable. To determine the composition of nuclides accumulated in gaseous effluents, measuring devices that can trap the gaseous nuclides through gas-liquid distillation process need to be developed. This development of sampling techniques also supports the safety facilities and the health physic laboratory to analyze gaseous effluents (iodine and noble gases). Development of techniques for sampling of iodine and noble gases in the stack monitor started from a design of measurement flowchart and a set of iodine and noble gaseous effluents measuring devices, development of iodine and noble gaseous effluents distillation process system, development of iodine and noble gaseous effluents mixing technique, and development of energy excitation processing technique. The entire mechanisms of this system are a direct and permanent integrated gaseous effluents measuring device. Gaseous nuclides decomposed into gaseous molecules will be identified by means of gamma spectrometry and NaI(Tl) detector and gaseous effluents generated by fission and activation products passing through the *stack monitor valve* can be observed before their release to the atmosphere.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem Alat Ukur Gas Lepas di Stack Monitor reaktor yang terpasang hanya dapat menentukan tingkat konsentrasi udara yang akan dilepaskan melalui system KLK 06 CR004, untuk kebutuhan lebih lanjut tentang kandungan nuklida yang ada pada udara lepasan tersebut diperlukan suatu pengembangan sistem alat ukur gas lepasan utama untuk nuklida iodine dan gas mulia.

Pengembangan sistem alat pemantauan udara lepasan pada pengoperasi reaktor selain direfungsionalisasi juga ditambahkan sistem pemantauan langsung yang terpasang untuk proses penentuan kandungan nuklida yang terdapat pada udara yang akan dilepaskan ke lingkungan. Identifikasi radionuklida gas dapat dilakukan melalui beberapa proses tangkapan gas melalui media cair didalam tabung destilasi yang terpasang pada sistem alat pemantauan gas iodine dan gas mulia.

Tujuan

Melakukan fabrikasi alat penangkapan gas iodine dan gas mulia hasil belahan dan hasil aktivasi yang terjadi selama reaktor RSG-GAS beroperasi.

Hal ini untuk dapat mendekati permasalahan tingkat analisis dari kandungan nuklida-nuklida yang terakumulasi pada udara hasil pengoperasian reaktor dan memenuhi akan kebutuhan pengendalian radiasi melalui lepasan gas di stack monitor RSG-GAS agar tuntutan analisis keselamatan rektor dapat terpenuhi.
(BATAN,BAPETEN)

TATA KERJA

A.) Bahan Dan Peralatan

1. Bahan :

- Seperangkat Timah hitam, Pipa Tembaga, stainless steel.
- Filter charcoal.
- Bahan carrier dan sumber standard
(Iodene, Argon) liquid.

2. Peralatan :

- Seperangkat Sistem Mekanik ;
- Satu unit pompa isap udara dan kelengkapannya..
- Dua unit valve selenoid.
- Dua unit Termokopel dan barometer.
- Satu unit sistem shielding dan filterisasi
- Satu unit Seperangkat Proses Destilasi. (gambar 1.)
- Satu unit Seperangkat Proses pencampuran (mix) gas-cair. (gambar 2.)
- Satu unit Seperangkat Proses Ekstilasi Energi. (gambar 3.)
- Satu unit Seperangkat Sistem spektrometri gamma dan kelengkapannya.

B). PROSEDUR KERJA :

1. Pengakatan Laju Lepas Gas Iodine dan Gas Mulia.
2. Buka ke dua katup selenoid dengan menggunakan tombol elektronik (posisi ON)
3. Baca dan Catat respon barometer dan termokopel pada loop pengukuran lepasan gas.
4. Hidupkan pompa isap agar terjadi sirkulasi udara.
5. Yakinkan pengendalian kecepatan / laju alir udara.
6. Sistem Pada Penprosesan Destilasi.
 - Masukkan pendingin air destilasi ($T_1 = 5^\circ \text{ Celcius}$).
 - Kondisikan laju alir lepasan gas pada temperatur kamar (kondisi keadaan gas real)
 - Baca dan catat perubahan temperatur melalui termokopel
7. Sistem Pada Penprosesan Eksitasi Energi (pembentukan bubble)
 - Masukkan bahan carrier (NH_3) sebagai pengikat molekul gas Iodine dan gas mulia pada bejana pengukuran.
 - Amati pembentukan molekul-molekul iodine dan gas mulia dengan mengatur valve selenoid.
 - Baca dan catat temperatur dan tekanannya.
 - Operasikan seluruh sistem spektrometri gamma dengan menggunakan detektor NaI(Tl) yang ditempatkan pada bejana transparansi tersebut.
 - Lakukan kalibrasi energi dengan menggunakan sumber standard Iodine dan Argon liquid pada bejana transparansi standard.
 - Lakukan Pengukuran pada batasan energi yang diharapkan dengan menggunakan MCA.

TEORI

Udara lepasan yang dikeluarkan melalui stack monitor RSG-Gas dapat dihasilkan dari beberapa macam proses kejadian selama reactor beroperasi. Ada 4 (empat) kejadian utama yang dapat menghasilkan zat radioaktif terbawa udara :

1. Gas aktivasi radioaktif.

Selama operasi normal, Ar-41 merupakan nuklida utama yang penting secara radiologi yang dibuang melalui udara cerobong. Pembentukannya di reaktor riset paling banyak terjadi akibat dari reaksi aktivasi udara di dalam air kolam dan fasilitas eksperimen.

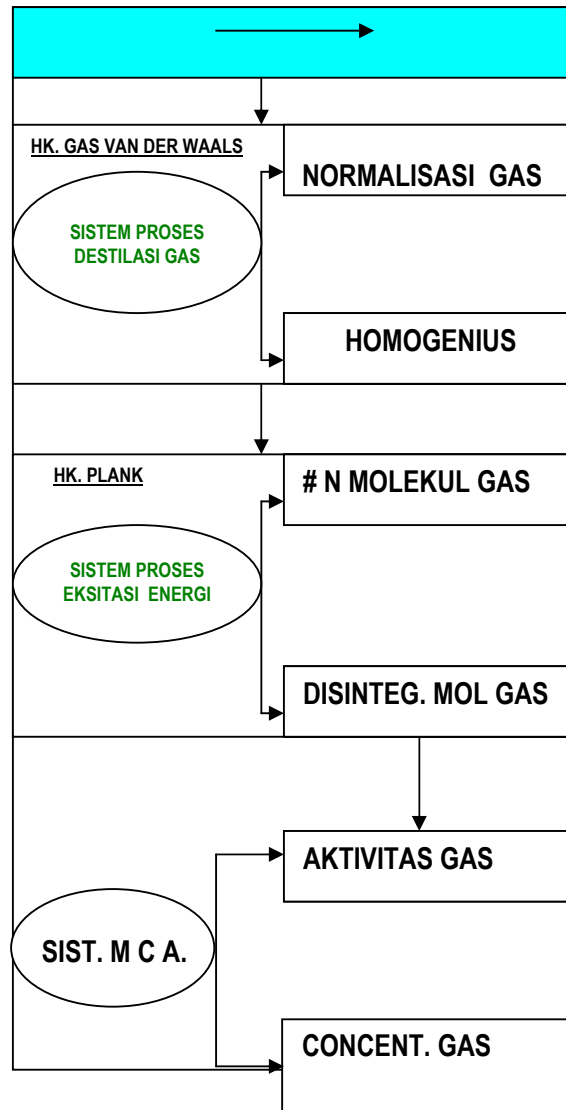
2. Halogenida.

Dengan membandingkan dengan laju pelepasan gas mulia laju pelepasan halogenida sekitar setengah lebih kecil Hal ini karena sebagian besar isotop iodine dan bromine dijaring oleh sistem pemurnian air kolam dan lapisan air hangat. Karena itu isotop ini hanya mencapai balai reaktor dan lingkungan dengan laju yang sangat rendah. Nilai pelepasan ini ditunjukkan menggunakan instrumen pemantauan radiasi.

3. Aerosol radioaktif

Biasanya dilakukan pembedaan antara radionuklida umur panjang dan pendek, yang hanya dapat terlepas dalam jumlah yang kecil melalui

ALUR SISTEM PROSES PENANG-KAPAN SAMLING DAS IODINE DAN GAS MULIA



penguapan (termasuk pengaruh *stripping*) air kolam dan pemfilteran udara ventilasi.

4. Gas-gas mulia fiksi .

Reaktor riset tidak dioperasikan dengan plat bahan bakar rusak dalam selang waktu yang lama. Sesuai dengan kenyataan ini lepasan dari sumber ini tidak perlu diperhatikan. Pelepasan yang rendah dari gas-gas fiksi mulia diperkirakan akibat dari kontaminasi uranium dari plat elemen bakar yang dihasilkan dari kondisi fabrikasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pada proses destilasi gas diperlukan kondisi keadaan gas real (Iodine dan gas mulia di udara) dimana energi ikat molekul-molekul tidak dapat diabaikan. Gas real yang ada udara melalui media cair akan bercampur secara homogen dan terbentuk bubble-bubble gas yang mempunyai energi ikat molekul gas masing-masing, energi ikat molekul-molekul gas menurut Van Der Waals tentang gas real pada kondisi kritis, $T = T_c$, $v = v_c$ dan $p = p_c$

dimana :

$$T_c = 8a / 27 R.b$$

$$v_c = 3 b$$

$$p_c = a / 27 b^2$$

untuk semua gas berlaku hubungan :

$$(\partial p / \partial v)_{T_c} = (\partial^2 p / \partial v^2)_{T_c} = 0$$

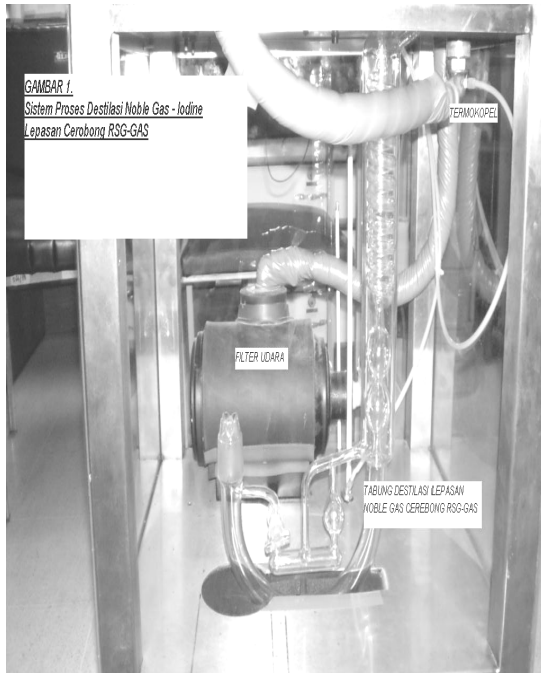
sehingga parameter-parameter fisik dari temperature, volume jenis dan tekanan dari suatu gas real bergantung kepada konstanta-konstanta molekul gas masing-masing (konstanta a , b dan R adalah konstanta gas).

- Perlakuan gas real yang ada di medianya akan dapat diidentifikasi melalui pemisahan energi ikat dengan metoda rotasi bubble gas yang diberi kecepatan tinggi, sehingga akan dapat memisahkan molekul-molekul gas tersebut. Proses eksitasi energi dengan membentuk bubble gas yang berdiri sendiri tiap molekulnya.
- Setiap molekul gas yang berdiri sendiri akan diidentifikasi melalui alat ukur MCA terkalibrasi untuk mengetahui kandungan nuklida yang terakumulasi di dalam udara/ gas yang terakan dilepaskan ke lingkungan.
- Molekul gas Iodine dan gas mulia] dapat difilterisasikan / ditangkap dengan filter charcoal, udara bersih akan dilepaskan ke lingkungan.
- Penentuan kalibrasi energi dengan metode relatif, dimana diperlukan bejana transparansi yang sama geometri, sumber radionuklidanya.

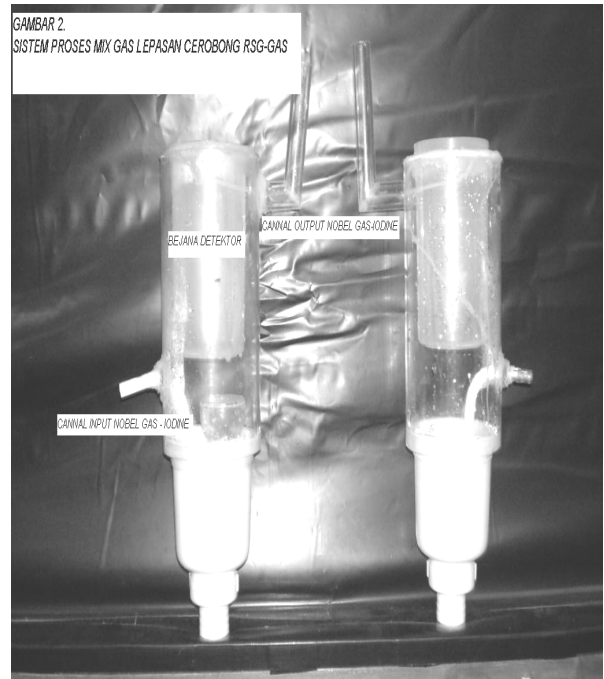
KESIMPULAN

- Fabrikasi alat penangkapan gas iodine dan gas mulia hasil belahan dan hasil aktivasi di stack monitor reaktor RSG-GAS telah dilakukan dengan hasil baik.
- Diperolehnya sistem kalibrasi pengukuran gas iodine, gas mulia melalui bejana tabung transparan berisikan media *carrier*.
- Alat ini dapat dipindah-pindahkan sesuai dengan pengukuran nuklida radioaktif berbasis metode relatif

Gambar 1. SISTEM PROSES DESTILASI UDARA

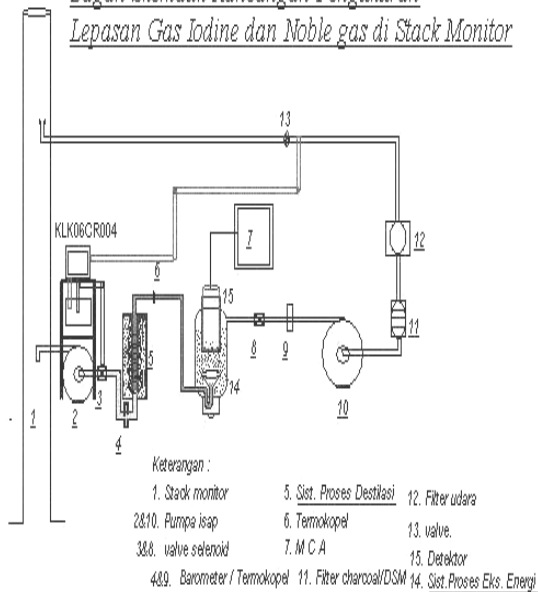


Gambar 2. SISTEM PROSES MIX GAS- CAIR



Gambar 4.

Bagan Skematik Rancangan Pengukuran Lepas Gas Iodine dan Noble gas di Stack Monitor



Gambar 3. SISTEM PROSES EKSITASI ENERGI



Tabel 1. Laju pelepasan di staStack monitor (perhitungan model)

Nuklida	Cerobong / Ci/jam /	Cerobong / Ci/tahun/
<i>Halogenida</i>		
I-131	1.64E-07*	1.44E-03
I-132	1.04E-07	9.11E-04
I-133	6.16E-07	5.40E-03
I-134	4.02E-09	3.53E-05
I-135	6.46E-07	5.66E-03
Br-82	1.35E-10	1.19E-06
Br-83	1.85E-09	1.62E-05
Jumlah	1.54E-06	1.35E-02
<i>Volatile rendah</i>		
Sr-89	1.83E-11	1.61E-07
Sr- 90	1.13E-13	9.88E-10
Y – 90	3.79E-10	3.32E-06
Y – 91	1.97E-11	1.73E-07
Zr- 95	1.86E-11	1.63E-07
Nb- 95	3.66E-11	3.20E-07
Ru-103	6.95E-10	6.09E-06
Rh-103 m	9.90E-11	8.68E-07
Ru-106	2.17E-13	1.90E-09
Rh-106	8.58E-12	7.52E-08
Sn-125	1.69E-13	1.48E-09
Sb-125	1.10E-13	9.62E-10
Te-127 m	2.89E-12	2.53E-08
Te-129 m	1.56E-10	1.37E-06
Te-131 m	3.12E-10	2.73E-06
Te-132	1.45E-10	1.27E-06
Cs-137	3.32E-10	2.91E-06
Ba-140	8.53E-10	7.47E-06
La-140	3.88E-10	3.40E-06
Ce-141	2.54E-11	2.22E-07
Ce-144	2.28E-11	1.99E-07
Pr-144	1.34E-11	1.17E-07
Nd-147	2.49E-11	2.18E-07
Sm 151	1.76E-15	1.54E-11
Jumlah	3.55E-09	3.11E-05
Kr-83 m	1.85E-03	1.62E01
Kr-85	1.76E-08	1.54E-04
Kr-85 m	9.51E-03	8.33E01
Kr-88	2.68E-02	2.35E02
Xe-131 m	1.95E-03	1.71E01
Xe-133	1.12E-02	9.83E01
Xe-133 m	2.80E-02	2.45E02
Xe-135	5.94E-03	5.20E01
Xe-135 m	4.97E-08	4.36E-04
Xe-138	4.75E-08	4.16E-04
Jumlah	8.53E-02	