

**PEMANTAUAN IODINE DI CEROBONG RSG-GAS
DENGAN MENGGUNAKAN CONTINUOUS MONITOR STATION**

Subiharto, Puspitasari Ramadania
PRSG-BATAN

ABSTRAK

PEMANTAUAN AKTIVITAS IODINE DI CEROBONG RSG-GAS DENGAN MENGGUNAKAN CONTINUOUS MONITOR STATION. Lepasannya Iodine ke lingkungan melalui cerobong RSG-GAS perlu dilakukan secara berkala agar keselamatan pekerja, masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan hidup bisa terjaga dengan baik. Makalah ini mendiskusikan hasil pemantauan aktivitas Iodine di cerobong RSG-GAS dengan menggunakan alat CMS I-131 selama tahun 2014. Pengamatan dilakukan dengan mencatat setiap besaran aktivitas yang dikeluarkan oleh CMS I-131 hasil dari sampling udara yang melewati detektor Iodine. Dari hasil pemantauan, besaran aktivitas Iodine berkisar berkisar antara 220 - 250 Bq/Jam, dimana nilai ini setara aktivitas latar. Pada bulan September 2014 terjadi kenaikan nilai aktivitas dan kenaikan yang paling besar terjadi pada bulan Oktober 2014 yaitu sebesar 472,6 Bq/Jam. Nilai aktivitas ini masih berada didalam ambang batas yang diijinkan oleh Bapeten yaitu sebesar $8,5 \times 10^4$ Bq/jam¹⁾ yang merupakan batasan lepasan ke lingkungan untuk tujuan desain proteksi radiasi fasilitas nuklir. Kenaikan tersebut diduga disebabkan karena adanya kegiatan iradiasi Xe-124 dimana filter Iodium pada sistem produksi radioisotop Iodium-125 mengalami kerusakan.

Kata kunci : Iodine, Cerobong

ABSTRACT

THE MONITORING OF IODINE ACTIVITY IN STACK OF RSG-GAS BY USING CONTINUOUS MONITOR STATION. *Iodine releases into the environment through the stack of RSG-GAS need to be done regularly so that the safety of workers, the public, as well as protection of the environment can be maintained. This paper discusses the results of the monitoring Iodine activities in the stack of RSG-GAS by using a CMS I-131 during 2014. The observations made by recording any amount of activity released by CMS I-131 results from the sampling of air passing through the detector Iodine. From the results of the monitoring, the amount of Iodine activity ranged ranging between 220-250 Bq / hour, which is considered as the value of background activity. In September 2014 there was an increase of activity and an increase in the value of the biggest occurred in October 2014 in the amount of 472,6 Bq / hour. The value of these activities remain within the limits permitted by Bapeten that is equal to 8.5×10^4 Bq / jam¹⁾ which is removable to environmental constraints to the design objectives of radiation protection of nuclear facilities. The increase is thought to be due to irradiation of Xe-124 activity in which the filter Iodine production systems radioisotope Iodine-125 was damaged.*

Keywords : Iodine, Stack

PENDAHULUAN

Berdasarkan kebijakan Badan Tenaga Nuklir Nasional yang menyatakan bahwa keselamatan adalah prioritas utama pada kegiatannya sehingga mencapai nihil kecelakaan dengan tujuan untuk melindungi setiap karyawan, fasilitas, masyarakat dan lingkungan dari potensi bahaya. Pemanfaatan pengoperasian reaktor RSG-GAS selain bermanfaat juga mempunyai potensi resiko bagi pekerja radiasi, masyarakat dan lingkungan. PRSG bertanggungjawab atas keselamatan yang ditimbulkan selama pengoperasian reaktor RSG-GAS, oleh karena itu untuk menjaga keselamatan masyarakat dan lingkungan maka dipasanglah alat pemantau cerobong antara lain : pemantau gas mulia, pemantau partikulat beta aerosol, Pencuplik Iodine dan Iodine *Continous* Monitor yang dipasang permanen.

Salah satu alat pengukur cerobong adalah *Continous Monitor Station* I-131 (CMS I-131) adalah sistem yang berfungsi untuk memantau keberadaan Iodine-131 yang lepas ke lingkungan dipasang di cerobong RSG-GAS. Prinsip kerja sistem ini adalah dengan mengambil sebuah sampel kemudian dilewatkan melalui detektor dan dikembalikan lagi ke dalam cerobong untuk dilepaskan kembali ke atmosfer. Alat ini melakukan pengukuran secara kontinyu dan bisa diseting sesuai dengan periode tertentu yang dikehendaki, untuk RSG-GAS diseting setiap 10 menit pengukuran data disimpan didalam bufer, kemudian di *download* satu minggu satu kali. Untuk kepentingan pengolahan data alat ini bisa dihubungkan dengan komputer yang bisa digunakan untuk mengambil data hasil pengukuran yang telah disimpan di bufer dengan program *Data Analisis System* (DAS). Setelah data tersebut *download* kemudian diolah dan ditabulasi dengan menggunakan Excel.

Berdasarkan data hasil pengamatan aktivitas Iodine yang terukur keluar lewat cerobong adalah *Background* rata-rata 220,15 Bq/Jam, namun untuk periode pengukuran bulan September sampai dengan Desember 2014 aktivitas Iodine yang keluar lewat cerobong mengalami peningkatan yang cukup signifikan sekitar 200% dari aktivitas semula terjadi pada pertengahan bulan Oktober 2014. Mengingat Iodine mempunyai potensi bahaya radiasi interna jika sampai lepas ke lingkungan dalam jumlah yang melebihi batas akan sangat berbahaya bagi masyarakat dan lingkungan

Oleh karena itu perlu adanya upaya untuk melakukan pengamatan, penelusuran kemudian dilakukan analisis agar bisa diketahui berapa besarnya aktivitas, dari mana asalnya, dan apa penyebabnya. Melalui kegiatan yang ditulis dalam makalah ini diharapkan dapat ditemukan jawabannya, agar ketentuan keselamatan yang ditetapkan dalam Perka BAPETEN dapat terpenuhi, sehingga masyarakat dan lingkungan dapat terhindar dari menerima bahaya radiasi interna.

TINJAUAN PUSTAKA

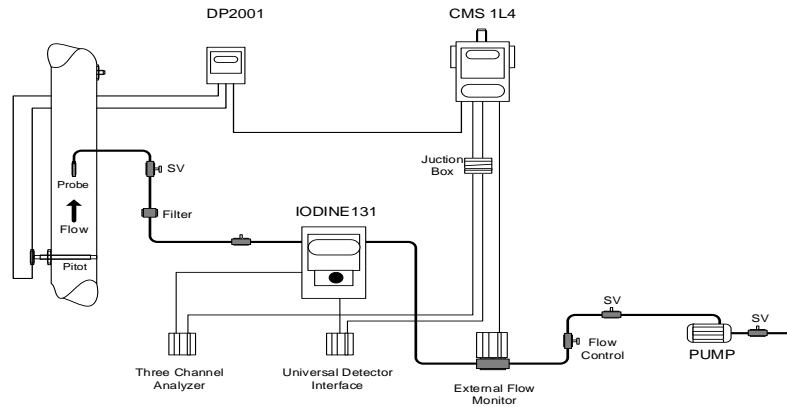
Alat *Continous Monitor Station* I-131 (CMS I-131) adalah sistem yang berfungsi untuk memantau keberadaan Iodin-131 yang dipasang di cerobong RSG-GAS. sampel melewati saringan yang dipasang pada tempat yang sesuai melewati detektor iodine. Detektor Iodin mempunyai cartridge yang dapat diganti dan berfungsi untuk mengumpulkan senyawa iodine. Iodin dideteksi menggunakan detektor *scintillation*. Suhu kompensasi digunakan untuk memastikan bahwa respon detektor tetap stabil sehingga tidak ada pergeseran spektrum karena pengaruh suhu. Cincin sensor dipasang di sekitar detektor suhu informasinya diumpangkan melalui TCA ke CMS-1L4. CMS-1L4 kemudian

mengirim sinyal ke UDI yang mengatur pada tegangan tinggi ke detektor. UDI menghasilkan tegangan tinggi dan menyampaikan ke detektor serta menghubungkan sinyal detektor ke CMS-1L4 yang memantau sinyal laju aliran dari EFM baik laju aliran tinggi maupun rendah. Sampel kemudian melewati Monitor Aliran Eksternal (EFM) katup kontrol dan katup layanan.

Pipa bekerja ketika ada umpan ke pompa vakum yang menggambarkan sampel

yang melewati sistem, keluaran dari pompa vakum dikembalikan ke cerobong melewati katup layanan dan mengembalikannya ketempat awal dengan pipa dan sebuah pemeriksaan balik. Detektor Iodin-131 dipasang pada sebuah penyangga, juga dipasang pada CMS-1L4 dan sebuah isolator utama.

Sistem Block Diagram *Continuous Monitor Station* I-131 dan uraian fungsi tiap-tiap bagiannya



Gambar 1. Blok Diagram CMS I-131

DP2001 Differential Pressure Meter

Blok tersebut memuat 2 katup isolasi (dengan tanda biru), 2 katup uji (dengan tanda merah), dan sebuah katup penyeimbang tekanan (dengan tanda hijau). Dalam instalasinya, tabung pitot berukuran sedang dipasang melalui dinding cerobong. Udara yang melewati memotong tabung pitot menyebabkan perbedaan tekanan antara sisi LP dan HP dari DP2001.

CMS1L4-Iodine 131 Monitor

Detektor Iodin memiliki cartridge yang dapat diganti dan berfungsi untuk mengumpulkan senyawa Iodin. Iodin dideteksi menggunakan *temperature compensated scintillation detector*. CMS-1L4 akan memberikan alarm

(alarm dan tanda) bila terdapat kandungan Iodin tinggi dan gangguan pada laju sampel yang abnormal atau kegagalan instrumen.

TCA – Three Channel Analyser

Dalam proses pengaplikasiannya, TCA tidak digunakan sebagai tiga saluran penganalisa. TCA menghubungkan lingkaran termistor dalam detektor Iodin ke CMS-1L4. TCA mengambil sinyal termistor dan mengkonversikan ke dalam frekuensi yang proporsional untuk pengukuran suhu. CMS-1L4 kemudian mengirimkan sinyal ke UDI yang mengatur tegangan tinggi ke detektor.

UDI – Universal Detector Interface

UDI adalah sebuah amplifier penentu sinyal yang menghubungkan detektor ke CMS.

UDI-1S digunakan sebagai detektor *scintillation* dan UDI-1G digunakan sebagai detektor gamma. UDI menerima daya dari CMS dan menghasilkan tegangan tinggi yang dibutuhkan detektor. UDI menerima sinyal dari detektor, mengkondisikannya dan melewatkannya ke CMS untuk analisa.

EFM – External Flow Meter

EFM adalah alat pengukur massa aliran digunakan untuk memantau laju sampel. Sebuah termistor dipanaskan oleh arus kecil dan didinginkan secara simultan oleh aliran udara di sekitarnya. Hambatan dari termistor kemudian digunakan untuk menentukan laju aliran. EFM mengambil sinyal termistor dan merubahnya menjadi frekuensi yang proporsional untuk mengukur aliran dan melewatkannya ke CMS.

Three (3) Channel Junction Box

The 3 channel 131I junction box mengarahkan sinyal dari TCA dan UDI ke CMS-1.

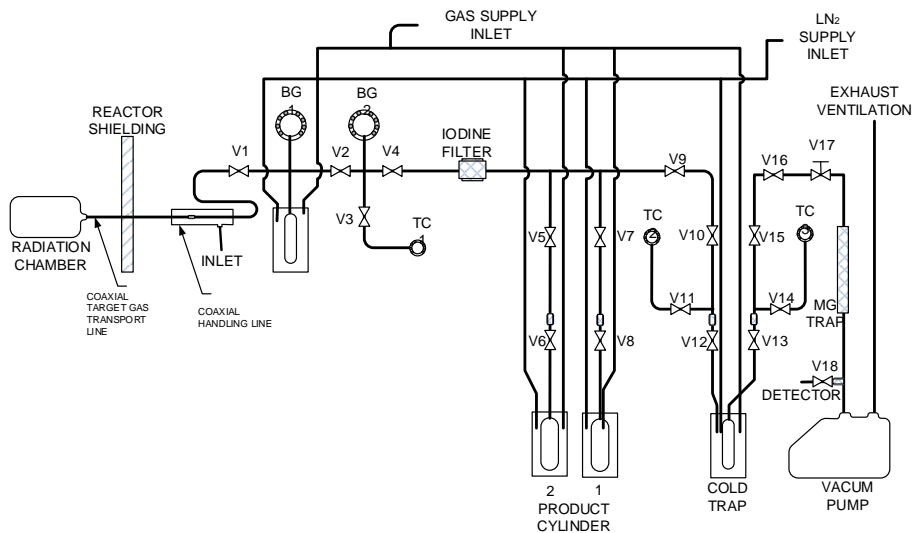
- DIN-A menghubungkan ke CMS-1 penghubung A. DIN-A membawa sinyal Detektor HV kontrol, sinyal aktivitas Iodine, dan daya 12V dari UDI.
- DIN-C menghubungkan ke CMS-1 penghubung C. DIN-C membawa sinyal *background* Iodin.
- DIN-D menghubungkan ke CMS-1 penghubung D. DIN-D membawa sinyal detektor suhu dan daya 12V ke TCA.

Rotary Vane Air Pump

VTE-6 digunakan untuk menggambarkan sampel udara yang melalui sistem, dan mengembalikannya ke cerobong. VTE-6 mempunyai sebuah motor elektrik fase tunggal.

Baling-baling pemutar dan penyaring bersifat dapat diganti.

FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP I-125



Gambar 2. Skema Fasilitas Produksi Radioisotop Iodium-125

Fasilitas produksi Xe-loop dilengkapi beberapa komponen utama yaitu kamar iradiasi irradiation chamber), tabung

penyimpanan target (product cylinder 1), tabung produk (product cylinder 2), filter iodium (iodine filter), pompa vakum (vacuum

pump) dan beberapa valve. Dilengkapi 2 buah indikator tekanan bourdon gauge (BG) dan 3 buah indikator kevakuman tachometer (TC). Indikator tekanan berfungsi untuk memantau tekanan gas xenon dalam sistem, indikator kevakuman untuk memastikan ada dan tidaknya kebocoran sistem. Filter Iodium (iodine filter) berfungsi untuk menangkap atau menyerap iodium hasil iradiasi Xe-124 sewaktu penarikan gas pasca iradiasi ke tabung produk. Untuk pemindahan gas xenon baik untuk pengiriman ke kamar iradiasi atau penarikan kembali ke tabung produk digunakan nitrogen cair (cryogenic system). Sebelum kegiatan produksi dilakukan terlebih dahulu dilakukan pengecekan kevakuman sistem untuk memastikan bahwa sistem tersebut tidak bocor yang bisa dipantau melalui indikator kevakuman tachometer (TC) terbaca ≤ 50 millitorr. Selanjutnya dilakukan pevakuman atau flashing dengan tujuan untuk menarik sisa gas yang masih berada di kamar iradiasi atau di jalur pipa-pipa dengan tujuan untuk menekan jumlah pengotor radionuklida yang akan mempengaruhi produk akhir. Gas xenon dengan pengkayaan 99,98% sebagai bahan sasaran yang tersimpan dalam tabung penyimpanan (product cylinder 1) di kirim ke kamar iradiasi (irradiation chamber) yang berada di dalam fasilitas iradiasi S1 teras reaktor GA. Siwabessy. Iradiasi gas xenon dilakukan selama 24 jam pada daya 15 MW menghasilkan fluks neutron sebesar $3,4 \times 10^{13} \text{ ns}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Setelah iradiasi gas xenon ditarik ke tabung produk (product cylinder 2) dengan bantuan nitrogen cair (cryogenic system) dan selanjutnya dilakukan peluruhan selama 7 hari. Skema fasilitas produksi radioisotop I-125 seperti terlihat dalam gambar 2.

Cold Trap (Sistem filter) serta glove box merupakan salah satu komponen untuk safety / keamanan dalam fasilitas xenon loop. Cold trap berfungsi sebagai perangkap gas Iodium selama uji kevakuman serta menangkap gas jika terjadi kegagalan proses. Sedangkan untuk glove box dibuat dari bahan

Fibre Glass untuk mengungkung fasilitas xenon loops sehingga bila terjadi kebocoran tidak terlepas ke experimentation hall. Glove box dihubungkan langsung dengan sistem ventilasi reaktor KLA-70, sehingga tekanan udara di dalam Glove Box lebih kecil dari tekanan *Experimentation Hall*.

Data-data penting :

1. Iodium-125 adalah radioisotop pemancar gamma berenergi rendah 35,5 KeV dengan Intensitas 6,7% dan mempunyai waktu paro (t.) 60,1 hari.
2. Iodium-126 merupakan pengotor dalam produk I-125 dengan waktu paro 13,3 hari.
3. Xe-124 merupakan bahan sasaran untuk pembuatan I-125.
4. Xe-125 merupakan hasil rekasi $\text{Xe-124} + n \longrightarrow \text{Xe-125}$ dimana Xe-125 mempunyai waktu paro 16,8 jam.

TATA KERJA

Pengukuran Iodine melalui *Continuous Monitoring System* :

1. Mengambil data secara periodik dengan menggunakan program DAS.
2. Menyusun data dalam bentuk Tabel
3. Menghitung rata-rata aktivitas Iodine setiap jam dalam kondisi reaktor operasi (15 MW) maupun dalam kondisi reaktor tidak beroperasi (0 MW).
4. Melakukan analisa data aktivitas Iodine melalui data tabulasi dan trend aktivitas Iodine.

DATA HASIL PENGAMATAN

Data hasil rata-rata pengukuran alat ditampilkan dalam Tabel 1 kolom 2 (kondisi reaktor tidak beroperasi) dan kolom 5 (kondisi reaktor beroperasi 15 MW) yaitu *activity Raw* dalam satuan Cps/10 menit, kemudian data tersebut dikalikan faktor kalibrasi 0,12 KBq/Cps dan dikalikan 6 untuk diubah kedalam satuan Bq/Jam hasilnya ditampilkan dalam dalam kolom 3 (kondisi reaktor tidak beroperasi) dan kolom 6 (kondisi reaktor

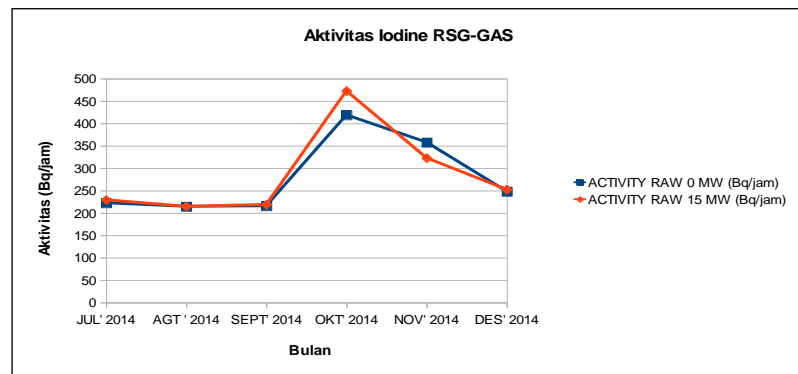
beroperasi 15 MW) yaitu *activity Raw* dalam satuan Bq/Jam .

Data hasil pengamatan periode Juli 2014 sampai dengan Desember 2014 ditampilkan

dalam Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 kemudian dibuat Grafik antara Waktu versus Aktivitas mulai bulan Juli sampai dengan Desember 2014, hasilnya disajikan dalam Gambar 3.

Tabel 1. Aktivitas Iodine selama bulan Juli 2014 – Desember 2014

BULAN	0 MW (REAKTOR OFF)			15 MW (REAKTOR START UP)		
	ACTIVITY RAW (CPS)/10 menit	ACTIVITY RAW (Bq/jam)	FLOW (LPM)	ACTIVITY RAW (CPS)/10 menit	ACTIVITY RAW (Bq/jam)	FLOW (LPM)
JULI	0,3090	222,5146	35,6832	0,3185	229,3481	35,2198
AGUSTUS	0,2982	214,7218	36,1636	0,2981	214,6039	36,2678
SEPTEMBER	0,2998	215,8910	36,1033	0,3040	218,8564	36,2441
OKTOBER	0,5818	418,8655	35,9020	0,6564	472,5995	35,7796
NOVEMBER	0,4971	357,9449	35,8701	0,4485	322,9021	36,7278
DESEMBER	0,3448	248,2537	33,8167	0,3505	252,3838	33,9529



Gambar 3. Aktivitas Iodine selama bulan Juli 2014 sampai dengan Desember 2014

Tabel 2. Hasil Analisis Radioaktivitas Charcoal dengan Teknik Spektrometer Gamma⁵⁾

NO	TANGGAL	NUKLIDA	AKTIVITAS	BAHAN RADIASI	
				IP	BEAM TUBE
1	04-07-2014	ttd	ttd	–	–
2	15-07-2014	ttd	ttd	–	–
3	12-08-2014	ttd	ttd	Sm-2 O-3	–
4	29-08-2014	ttd	ttd	–	–
5	12-09-2014	ttd	ttd	Sm-2 O-3, Mo O-3	–
6	26-09-2014	ttd	ttd	–	–
7	17-10-2014	I-126	142	Sm-2 O-3, Re	Xe-124

PEMBAHASAN

Dalam kondisi normal aktivitas Iodine yang keluar cerobong terukur berkisar 221 – 250 Bq/Jam. Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 3 terlihat bahwa adanya peningkatan cacah dari rata-rata sekitar 221 Bq/Jam menjadi 473 Bq/Jam, kenaikan ini dimulai pada pertengahan bulan September dan berangsur-angsur turun kembali kenormal pada bulan Desember. Kenaikan tersebut cukup signifikan yaitu dalam prosentase sekitar 214 % dari semula atau lebih dari $2x$ kondisi normal, hal ini menunjukkan adanya Indikasi lepasan Iodine kelingkuangan. Berdasarkan hasil analisis radioaktivitas charcoal pada bulan Oktober 2014 (sesuai Tabel 2) dimana terindikasi adanya I-126⁵⁾.

Keberadaan I-126 dimungkinkan berasal dari kegiatan yang dilakukan di beam tube S-1 yaitu di fasilitas produksi Xe-loop. Fasilitas Xe-loop lihat Gambar 2) sebelum digunakan dilakukan pevakuman atau flashing dengan tujuan untuk menarik sisa gas yang masih berada di kamar iradiasi atau di jalur pipa-pipa dengan tujuan untuk menekan jumlah pengotor radionuklida yang akan mempengaruhi produk akhir. Pada saat dilakukan pengecekan kevakuman sistem ternyata indikator kevakuman tachometer (TC) terbaca ≥ 50 militorr seharusnya 50 militorr \leq , hal ini menunjukkan bahwa adanya kegagalan pada bagian akhir sitem Vakum yaitu pada bagian *Cold trap* (sistem filter) yang berfungsi sebagai perangkap gas Iodium selama uji kevakuman serta menangkap gas jika terjadi kegagalan proses, sehingga menyebabkan proses pemvakuman tidak berjalan dengan baik dan ada produk pengotor I-125 yang terjebak. Produk I-125 tersisa di dalam sitem vakum yang terjebak tersebut setelah teriradiasi kena neutron berubah menjadi I-126.

Alat *Continuous Monitoring Station* I-131 diatur pada rentang energi sebesar 766-3909 keV dan I-131 memiliki rentang energi sebesar 80,4 keV, 284,3 keV, 364 keV, dan 636 keV, sehingga nuklida yang memiliki energi pada

rentang tersebut dimungkinkan terdeteksi oleh alat tersebut. Dari data utilisasi reaktor diperoleh bahwa pada bulan Oktober 2014 dilakukan kegiatan iradiasi Xe-124. Dari kegiatan ini dimungkinkan akan timbul I-126 yang memiliki energi 388,63 keV dan 666,31 keV dimana energi tersebut masih berada dalam rentang pengaturan alat tersebut sehingga dapat menyebabkan kenaikan aktivitas yang cukup signifikan.

Setelah diketahui bahwa penyebab lolosnya I-126 adalah karena tidak berfungsinya *Cold trap*, maka segera dilakukan penggantian filternya dan sistem pun kembali normal dengan aktivitas rata-rata terukur 2,16 Bq/Jam. Sistem *Cold trap* berdasarkan pengamatan jarang dilakukan penggantian/perawatan dikarenakan sistemnya yang rumit, sehingga untuk melakukan penggantian sistem tersebut perlu keahlian khusus.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data dan hasil pemantauan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terjadinya peningkatan lepasan Iodine ke lingkungan pada Bulan Oktober 2014 disebabkan karena kurangnya perawatan *Cold trap* yang berfungsi sebagai filter
2. Lepasannya Iodine RSG-GAS ke lingkungan masih aman karena berada dibawah baku mutu lepasan radioaktivitas keudara yang dikeluarkan dalam perka Bapeten No 7. Tahun 2013
3. Untuk menjamin agar sistem Fasilitas Produksi Radioisotop Iodium-125 berfungsi dengan baik harus dilakukan perawatan secara intensif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Perka Bapeten No. 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan.
2. *Iodine 131 Monitoring System, System Manual for PRSG BATAN, MAN 1205 Issue 1.0, 2012.*

3. Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS revisi 10.1, Tahun 2011.
4. Table of Isotopes, 7th ed. John Wiley & Sons, Inc (1978), NCRP Report No. 58 (1978), Nuclear Data Sheets, vol .20 (1977)-vol. 29 (1980). Academic Press, New York and London.
5. **SUMARNO, Y.** 2015. Analisis Konsentrasi Iodium Lepas Udara Cerobong di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir.