

# **PENGARUH *VAC OFF GAS* TERHADAP TINGKAT KONTAMINASI UDARA PADA INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF DI PTLR BATAN SERPONG**

**Budiyono, Utara, Gatot Sumartono**  
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN

## **ABSTRAK**

PENGARUH *VAC OFF GAS* TERHADAP TINGKAT KONTAMINASI UDARA PADA INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF DI PTLR BATAN SERPONG. Telah dilakukan pengukuran tingkat kontaminasi udara untuk mengetahui distribusinya dalam gedung IPLR. Sampel diambil di zona 1, zona 2 dan zona 3 dengan variasi waktu pada kondisi *VAC-Off Gas* hidup dan mati. Hasil pencuplikan udara diukur dengan pencacah  $\square / \square$  aktivitas rendah. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa semakin lama *VAC* dalam kondisi mati, semakin tinggi konsentrasi kontaminan di dalam gedung. Untuk kondisi *VAC* mati 64 jam (libur normal), kontaminasi udara tertinggi mencapai 3,6 kali nilai batas ambang. Sedangkan untuk kasus 88 jam gedung tanpa operasi *VAC*, konsentrasi kontaminan mencapai 5 kali nilai batas yang diijinkan. Kontaminasi udara turun menjadi di bawah nilai ambang, setelah *VAC* hidup selama 0,8 jam. Sedangkan nilai konsentrasi kontaminan sama dengan udara luar dicapai setelah *VAC* dioperasikan selama 1 jam.

## **ABSTRACT**

***INFLUENCE OF VAC OFF GAS TO AIR CONTAMINATION IN RADIOACTIVE WASTE INSTALATION AT PTLR BATAN SERPONG.***  
*Measurement of air contamination has been conducted to evaluate its distribution in the building of radioactive waste treatment installation. Samples were taken in various time from zone-1, zone-2, and zone-3 of the building when VAC off gas system was on and off. The samples were taken from air in the building and measured using  $\square / \square$  activity counter. The research result show that as VAC off gas turned off then gas concentration will be increasing. When VAC was not operated in 64 hours (weekend holidays) air contamination reached 3,6 time higher than its permission limit. More over, in 88 hours without VAC operation gas concentration reached 5 times higher than permitted limit. Air contamination reduced to below permitted limit after 0,8 hour of VAC operation and it reached same level with gas concentration in external air after 1 hour of VAC operation.*

## **PENDAHULUAN**

Gedung Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR) yang diresmikan penggunaannya tahun 1988 merupakan pusat pengolahan limbah radioaktif terbesar di Indonesia. Gedung dibangun dari beton bertulang serta dilengkapi dengan penyekat panas. Bangunan dengan desain 3 lantai dan *basement* ini, di dalamnya terbagi menjadi ruang perkantoran dan ruang proses. Di ruang proses terdapat unit pengolahan limbah evaporasi, sementasi, insenerasi, kompaksi dan laundry.

Dari segi paparan kontaminan, IPLR dibagi menjadi 4 zona. Zona 1 meliputi antara daerah udara luar dan daerah zona 2. Zona 2 merupakan daerah terkontrol tanpa bahaya kontaminasi sehingga dapat secara kontinyu ditempati oleh personil. Zona 3 meliputi antara daerah 2 dan daerah 4, sedangkan zona 4 adalah daerah terlarang atau daerah dengan penggunaan terbatas dengan resiko kontaminasi. Selain itu gedung IPLR juga dibagi dalam 3 tipe, yaitu daerah tipe A, tipe B dan Tipe C. Yang termasuk dalam daerah tipe A adalah semua ruangan yang secara permanen merupakan daerah zona 2. Daerah tipe B meliputi ruang sesaat daerah zona 3 sedangkan tipe C merupakan semua ruangan di daerah zona 4.

Dalam operasinya IPLR dilengkapi dengan sistem VAC-Off gas. Sistem VAC berfungsi untuk menjaga agar ruangan IPLR berada pada keadaan hampa parsial terhadap tekanan udara luar (*negative pressure*), membatasi kemungkinan adanya kontaminasi di dalam ruang dengan cara menghembuskan udara segar, dan pengolahan serta evakuasi udara yang keluar dari IPLR. Peranan sistem gas buang adalah untuk menjamin kumpulan dan perlakuan terhadap aliran gas-gas yang aktif atau diragukan yang dihasilkan oleh perlengkapan yang menyusun penghalang penyimpan pertama untuk bahan-bahan aktif. Dengan sistem ini udara akan mengalir dari daerah yang bertekanan tinggi (zona 1) menuju ke daerah bertekanan paling rendah (zona 4). Bila terjadi kasus kontaminasi di zona 4, maka zat radioaktif tidak akan menyebar ke daerah lain yang ditempati pekerja. Yang perlu diperhatikan adalah kondisi ketika sistem VAC dan Off-gas tidak beroperasi. Kondisi ini akan menyebabkan tidak adanya tekanan hampa parsial, sehingga jika terjadi kontaminasi udara di dalam ruangan, maka udara tersebut tidak bisa diolah dan dievakuasi.

Saat VAC-Off gas tidak beroperasi dapat terjadi kontaminasi di udara dalam ruang IPLR. Salah satu kontaminan yang potensial berasal dari emanasi gas radon dari struktur bahan beton yang digunakan. Telah diketahui bahwa gas radon banyak terdapat dalam tanah dan bebatuan yang merupakan bahan pembuat beton. Gas dan partikulat aktif timbul ke permukaan dan terlepas ke dalam gedung melalui porositas dan retakan bangunan. Jumlah radon yang diemisikan tergantung pada cuaca, porositas, kelembaban dan hisapan ruangan.

Gas radon yang banyak terkandung dalam tanah dan bebatuan merupakan hasil peluruhan secara alami dari uranium dan thorium. Radon-222 dihasilkan dari peluruhan radium dengan umur paruh 3,823 hari. Radon-220, yang disebut thoron, berasal dari peluruhan thorium dengan umur paruh 55,6 detik. Sedangkan Radon-219 yang merupakan emanasi dari actinium berumur paruh 3,96 detik. Dari ketiga radionuklida tersebut yang mempunyai waktu paruh terbesar adalah Radon-222. Radionuklida ini bernomor atom 86 dengan berat atom 222. Selama proses peluruhannya radon memancarkan partikel alpha.

Radon merupakan radionuklida yang dapat menyebabkan kanker paru-paru. Apabila manusia menghirup udara yang mengandung radon maka resiko mendapat kanker paru-paru semakin bertambah. Bahkan berdasarkan penelitian di Amerika, radon merupakan penyebab kedua dari penyakit ini [1]. Karena saat terjadi peluruhan radon terpancar partikel alpha, yang bila menumbuk chromosom dalam sel paru, dapat menyebabkan perubahan reproduksi sel. Oleh karena itu untuk menghindari bahaya radon yang timbul, maka perlu diketahui distribusi emanasi radon di dalam gedung IPLR agar dapat dilakukan langkah antisipasi.

Dalam makalah ini akan dibahas hasil survei emanasi radon di IPLR dalam rangka menganalisis kinerja sistem tata udara IPLR dalam kaitannya dengan aspek kesehatan pekerja radiasi.

## METODOLOGI

Dilakukan penentuan titik pengambilan sampel ruang proses pengolahan limbah radioaktif. Penentuan berdasarkan zona dan jumlah pekerja yang berada di setiap ruang seperti terlihat dalam **Tabel 1**. Zona 1 diambil satu titik pada ruang koridor, zona 2 ditentukan 3 titik pada ruang kontrol sementasi, ruang kontrol evaporasi dan ruang laboratorium di lantai II. Sedangkan di daerah zona 3 hanya ditentukan 1 titik yaitu ruang kompaksi. Berdasarkan jumlah pekerja, titik-titik yang diambil merupakan daerah yang paling banyak ditempati. Ruang lobi merupakan pintu masuk ke setiap ruang IPLR dan ditempati satu orang satpam. Ruang kontrol evaporator ditempati 4 pekerja setiap jam kerja. Ruang laboratorium, ruang kontrol sementasi dan ruang kompaksi relatif lebih sering ditempati pekerja dibanding dengan ruang yang lain. Ruang IPLR yang dijadikan sampel dalam survei tingkat kontaminasi udara diperlihatkan pada **Gambar 4**.

Persiapan pengambilan sampel diawali dengan menempatkan pompa hisap "APA 14" di setiap titik yang telah ditentukan. Kabel sumber daya pompa dihubungkan ke sumber daya PLN 220V melalui *stecker*. Selanjutnya saluran hisap pompa diletakkan filter type GF 8 Glasfaser Rundfilter diameter 90 mm dengan cara membuka segel saluran. Setelah filter terpasang, segel ditutup kembali dengan rapat agar udara terkontaminasi yang masuk ke dalam pompa telah melewati filter. Sebelum pompa dihidupkan, pencacah volume udara dicatat untuk mengetahui posisi volume awal pencacahan. Pompa dihidupkan pada waktu yang telah ditentukan dan dicatat sebagai waktu awal pengambilan sampel.

Pengambilan sampel udara terkontaminasi dilakukan selama 1 jam. Setelah periode tersebut terlampaui, pompa dimatikan dan dilakukan pengambilan filter yang telah terkontaminasi. Pengambilan dengan cara membuka segel pengikat saluran pompa, kemudian filter dilipat sehingga bagian yang terkontaminasi berada pada posisi bagian dalam. Filter dimasukkan ke dalam plastik untuk mencegah kontaminasi. Selanjutnya pencacah volume udara pada pompa dicatat sebagai posisi volume akhir pencacahan.

Filter yang terkontaminasi gas dan partikulat aktif kemudian dipotong sesuai dengan diameter permukaan detektor sebesar 44 mm. Filter dimasukkan ke dalam rak *shielding* dan dicacah dengan sistem pencacah  $\square$  merek WM.B. Johnson & Assoc Inc.. Detektor pencacah menggunakan model GSM 105/4246 Pr. ASP2A/189 dengan Fk. 0,0044 (Bq/cm<sup>2</sup>)/cpm. Penguat pulsa keluaran detektor menggunakan surveymeter model GSM-105 serial no. 4246. Sedangkan pencacah digunakan counter model DIG-5 serial no. 317. Setiap sampel dicacah dua kali, masing-masing selama 2 menit.

Pengambilan sampel udara terkontaminasi divariasikan terhadap waktu dimana VAC & Off Gas tidak beroperasi. Variasi waktu diambil 0, 16, 64, dan 88 jam. Hal ini untuk mengetahui distribusi gas dan partikulat aktif setelah tidak adanya sirkulasi udara di dalam ruang selama waktu tertentu. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel udara terkontaminasi setelah VAC & Off Gas dihidupkan. Pengambilan dilakukan pada 1 dan 2 jam setelah operasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat penurunan kontaminasi gas dan partikulat aktif setelah ada sirkulasi udara di dalam ruang.

## ALAT DAN BAHAN

### 1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data pengukuran adalah:

- Pompa hisap "APA 14" merek Flonic Schlumberger type Gallus 6/20D m<sup>3</sup>. Qmax. : 6 m<sup>3</sup>/h, Qmin: 0,04 m<sup>3</sup>/h
- Gunting

- c. Counter : merek WM.B. Johnson & Assoc Inc. model DIG-5 serial no. 317
- d. Surveymeter: merek WM.B. Johnson & Assoc Inc. model GSM-105 serial no. 4246
- e. Detektor: merek WM.B. Johnson & Assoc Inc. model GSM 105/4246 Pr. ASP2A/ 189.  
Fk. 0,0044 (Bq/cm<sup>2</sup>)/cpm

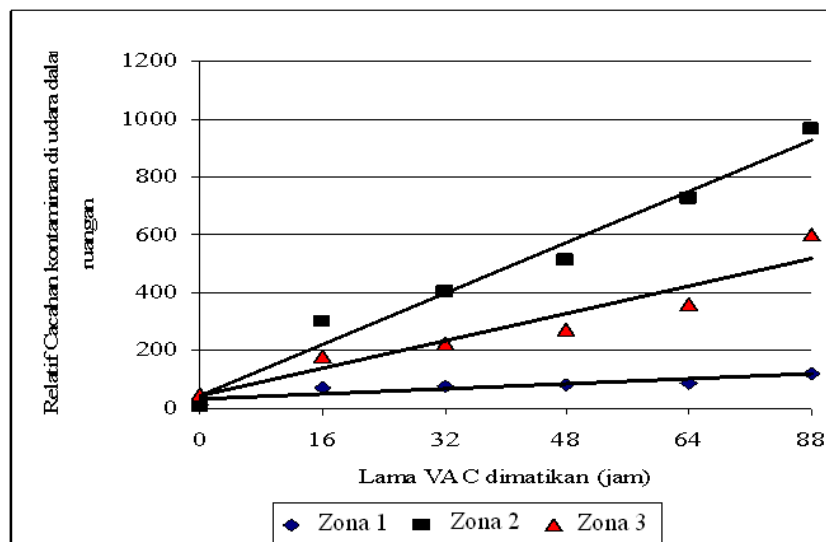
**2. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel udara adalah;

- a. Filter : merek schleicher & Schnell  
Type GF. 8 Glasfaser Rundfilter diameter 90 mm.  
Glass fibre papers
- b. Plastik

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengukuran tingkat radiasi udara telah dilakukan di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif. Pengukuran dilakukan di daerah zona 1, 2 dan 3 pada saat VAC Off-Gas dimatikan. Sampel udara terkontaminasi diambil setelah sistem ventilasi tidak beroperasi selama 0, 16, 64, dan 88 jam. Hubungan antara waktu mati VAC Off Gas dengan cacahan kontaminan diperlihatkan pada **Gambar 1**. Grafik menunjukkan bahwa semakin lama VAC-Off Gas dimatikan, tingkat radiasi udara di setiap ruang dalam gedung IPLR semakin tinggi. Ruang kontrol evaporasi merupakan ruang yang paling cepat naiknya dibanding dengan ruangan lain. Saat VAC dimatikan selama 64 jam, tingkat kontaminasi udara telah mencapai 3,6 kali nilai batas yang diijinkan. Setelah 88 jam tanpa operasi VAC konsentrasi gas dan partikulat aktif di ruang ini mencapai 1000 Bq/m<sup>3</sup> atau 5 kali nilai batas ambang. *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* merekomendasi batas maksimum konsentrasi radon dalam ruangan sebesar 5,4 pCi/l (200 Bq/m<sup>3</sup>).

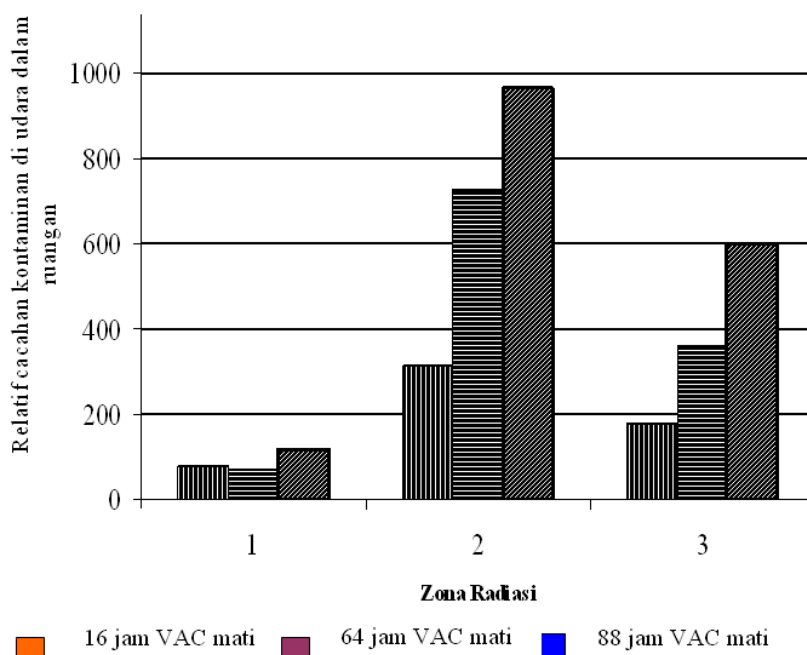


**Gambar 1.** Relatif kenaikan cacahan kontaminan diudara saat VAC dimatikan

Data di atas berkaitan dengan sistem pengoperasian VAC di IPLR. Di IPLR pengoperasian VAC dilakukan senin pagi pukul 08.00 WIB dan dimatikan pada hari jum'at pukul 16.00 WIB. Pada saat hari libur, sistem tata udara tidak dioperasikan. Oleh karena itu untuk hari libur normal (sabtu dan minggu), berarti VAC dimatikan sejak hari jum'at pukul 16.00 WIB sampai senin pukul 08.00 WIB atau total 64 jam,

kontaminasi udara dalam gedung sudah mencapai 3,6 kali nilai batas ambang. Untuk kasus tiga hari libur berturut-turut misalnya kasus tanggal merah / hari libur panjang hari jum'at atau senin (dimana total waktu tanpa operasi VAC sebanyak 88 jam), kontaminasi udara pada zona 2 mencapai 5 kali nilai batas yang diijinkan.

Tingkat radiasi udara daerah kerja IPLR ditinjau dari segi pembagian zona terlihat pada **Gambar 2**. Grafik menunjukkan bahwa radiasi tertinggi berada di zona 2 bukan zona 3 atau zona 1. Untuk kasus VAC tidak beroperasi 88 jam, konsentrasi gas dan partikulat aktif di zona 2 mencapai 8 kali lipat lebih besar dari konsentrasi kontaminan zona 1. Dibanding dengan zona 3, konsentrasi kontaminan di zona 2 mencapai 1,6 kali lebih besar. Berarti gas dan partikulat aktif di gedung IPLR tidak tergantung pada pembagian zona radiasi tetapi berdasar pada struktur bahan beton dan konstruksi ruang di dalam gedung. Jika dilihat dari unsur bahan, semua ruang IPLR menggunakan bahan yang sama yaitu beton bertulang. Sehingga kemungkinan unsur ini tidak banyak pengaruh terhadap jumlah gas dan partikulat aktif. Perbedaan ruang IPLR terletak pada bentuk dan ukuran konstruksinya. Ruang evaporasi (zona 2) berukuran lebih kecil dibanding ruang kompaksi (zona 3) dan ruang lobi (zona 1). Ruangan selalu tertutup rapat sehingga tidak ada bocoran udara dari ruangan lain. Kondisi ini menyebabkan ruangan lebih panas dan lembab sehingga jumlah gas dan partikulat aktif yang terjebak lebih banyak .



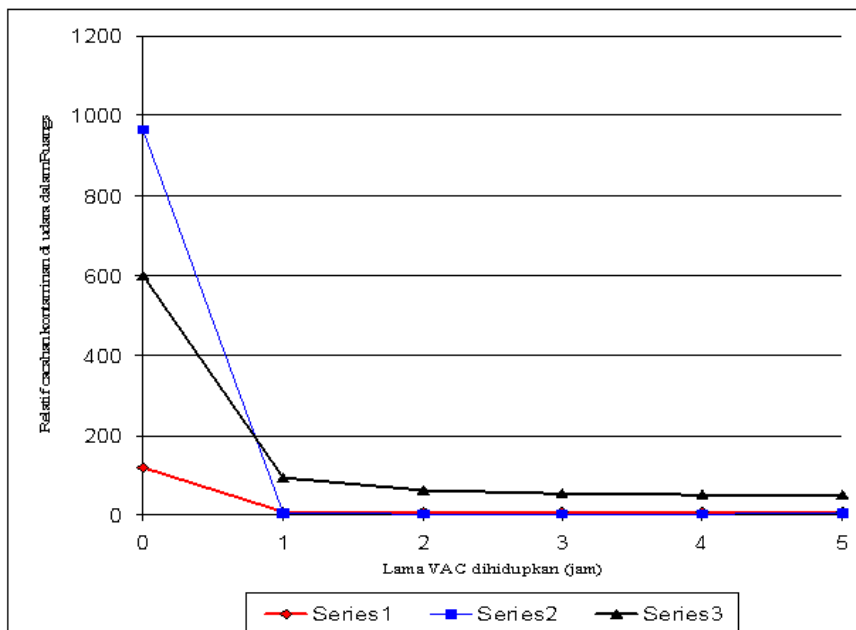
**Gambar 2.** Relatif cacahan kontaminan di udara di setiap zona radiasi terhadap operasi normal

Pengukuran tingkat kontaminasi udara daerah kerja juga dilakukan setelah 0, 1, dan 2 jam VAC dihidupkan. Hal ini untuk mengetahui distribusinya setelah adanya sirkulasi udara di setiap ruang dalam gedung. Pengaruh sirkulasi udara terhadap cacahan kontaminan diperlihatkan pada **Gambar 3**.

Konsentrasi gas dan partikulat aktif di udara sangat cepat berkurang begitu VAC dihidupkan. Hal ini disebabkan gas akan terhisap oleh *exhaust fan* dan dibuang ke cerobong setelah melalui filter. Udara dalam ruangan yang terhisap diganti dengan udara baru menggunakan sistem blower..

Pada Grafik diperlihatkan juga bahwa untuk menurunkan kontaminan di bawah nilai batas konsentrasi yang diijinkan hanya dibutuhkan waktu operasi VAC 0,8 jam. Sedangkan untuk waktu operasi VAC 1 jam, konsentrasi kontaminan di sebagian ruang IPLR telah sama dengan konsentrasi udara luar. Zona 3 merupakan ruang yang paling lama turun, dalam 1 jam masih mencapai 93,69 Bq/m<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan oleh volume ruang yang besar sedang posisi sistem VAC terlalu tinggi. Disamping faktor jumlah komponen peralatan yang mengakibatkan laju aliran udara tidak maksimal.

Prakiraan dosis interna yang diterima pekerja jika dihitung dengan asumsi konsentrasi gas dan partikulat aktif 95 Bq/m<sup>3</sup> (setelah VAC beroperasi 1 jam) pada 2000 jam/tahun adalah 6,84 mSv (0,137 kali NBD). Dengan demikian untuk menjamin keselamatan pekerja dari gas dan partikulat aktif pada saat jam kerja, sistem tata udara harus dihidupkan 1 jam sebelum karyawan memasuki gedung.



**Gambar 3.** Relatif penurunan cacahan kontaminan di udara setelah VAC dihidupkan

Ditinjau dari waktu dan penempatan pekerja, daerah yang paling perlu diwaspadai adalah ruang kontrol evaporasi. Karena daerah ini merupakan ruang yang paling besar konsentrasi aktivitas kontaminan. Pada hal pekerja yang menempati ruang tersebut paling banyak yaitu 4 orang dengan waktu kerja 8 jam sehari. Urutan ruang dengan resiko konsentrasi gas dan partikulat aktif untuk kasus VAC tidak beroperasi 64 jam terlihat pada **Tabel 3**. Dengan demikian harus dipastikan bahwa pekerja memasuki ruang tersebut setelah VAC dihidupkan minimal 1 jam. Hal ini untuk menjamin keselamatan pekerja dari bahaya penerimaan dosis yang berlebih.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Semakin lama sistem VAC-Off Gas dimatikan konsentrasi gas dan partikulat aktif di dalam gedung IPLR semakin banyak. Untuk 3 hari libur berturut-turut (88 jam) nilainya mencapai 5 kali nilai batas yang diijinkan.
2. Konsentrasi gas dan partikulat aktif tidak tergantung pada pembagian zona radiasi tetapi berdasarkan struktur bahan beton dan konstruksi gedung.

3. Konsentrasi gas dan partikulat aktif tertinggi di ruang kontrol evaporasi (zona 2) sedangkan aktivitas terendah di ruang koridor.
4. Konsentrasi gas dan partikulat aktif turun mencapai nilai batas yang diijinkan setelah sistem VAC dioperasikan selama 0,8 jam. Sedangkan untuk mencapai konsentrasi gas dan partikulat aktif yang sama dengan udara luar VAC harus dioperasikan 1 jam.

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Dr. Mulyanto atas masukan, saran dan diskusi dalam penyusunan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. PUSDIKLAT-JAERI, *“Training Course on Radiation Measurement and Nuclear Spectroscopy”*, BATAN, Jakarta, 2003
2. P2PLR, *“Sistem Ventilasi dan Penyegaran Udara (VAC) dan Gas Buang”*, P2PLR-BATAN, Serpong, 1990
3. CRC, *“Handbook of Environmental Radiation”*, CRC Press: Boca Raton, Florida (1982)
4. THOMAS MARTIN G., *“Understanding Radon”* professional home inspectionsinc, 1995

**Tabel 1.** Pembagian zona dan tipe ruang IPLR

IDENTITAS RUANG	NAMA RUANG	ZONA RADIASI	TIPE RUANG	JUMLAH PEKERJA
<b>Ruang bawah tanah (basement)</b>				
2.B.01	Penampung destilat	2	B	0
3.B.01	Penampung limbah cair	3	B	0
3.B.02	Semen settler	3	B	0
4.B.01	Menara evaporator No. 1	4	C	0
4.B.02	Menara evaporator No. 2	4	C	0
<b>Lantai dasar (Ground floor) (+ 0,000)</b>				
1.0.01	Lobi	1	A	1
1.0.13	Ruang ganti pakaian (dingin) pria	1	A	2
1.0.15	Pintu keluar-masuk kain bersih	1	B	0
1.0.17	Ruang ganti pakaian (dingin) wanita	1	A	2
2.0.01	Ruang ganti personel (panas) pria	2	A	2
2.0.02	Pintu lalu lintas personel	2	A	0
2.0.03	Ruang fisika kesehatan	2	A	2
2.0.04	Ruang simpan fisika kesehatan	2	B	0
2.0.05	Pintu keluar personil	2	A	0
2.0.06	Ruang pengendali (druming)	2	A	2
2.0.07	Pintu pemasukan pakaian kotor	2	B	0
2.0.08	Ruang penampung kain kotor	2	B	0
2.0.09	Oven	2	B	0
1.0.10	Laundry	1	A	2
2.0.11	Pemeriksaan kain	2	A	1
2.0.12	Penyetrikaan, penyimpanan kain bersih	2	A	2
2.0.13	Ruang kontrol evaporator	2	A	4
2.0.14	Ruang pemantauan fisika kesehatan	2	B	0
2.0.15	Toilet daerah proses	2	B	0
2.0.16	Lorong	2	B	0
2.0.17	Tangga ke lantai I (kiri)	2	B	0
2.0.18	tangga ke lantai I(kanan)	2	B	0
2.0.19	Ruang untuk penyimpanan drum	2	B	0
2.0.20	Pintu untuk masuk ruang kompaksi	2	B	0
2.0.21	Pintu truk limbah padat	2	B	0
2.0.22	Pintu truk limbah cair	2	B	0



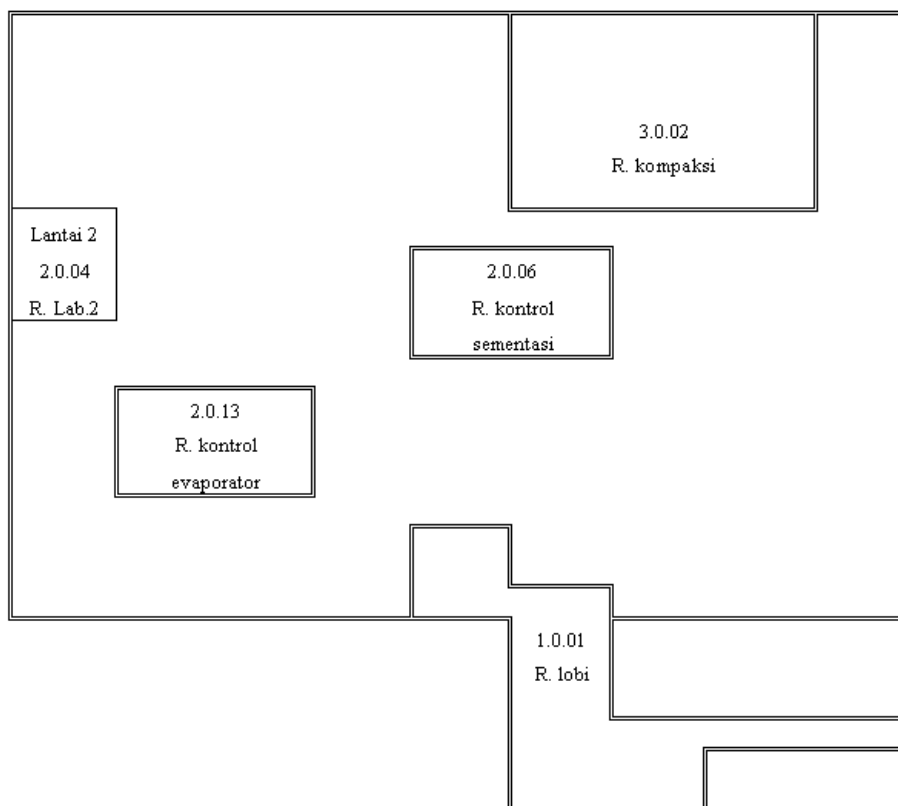
2.0.23	Lift	2	B	0
2.0.24	Ruang ganti pakaian- proses wanita	2	A	2
2.0.25	Ruang pompa distilat	2	B	0
2.0.26	Ruang penjaga pintu	2	B	0
3.0.01	Ruang pompa evaporator	3	B	0
3.0.02	Kompaksi	3	B	2
3.0.03	Pennyimpanan drum	3	B	0
3.0.04	Insenerator	3	B	2
3.0.05	Ruang pompa konsentrat	3	B	0
3.0.06	Slurry semen	3	B	1
3.0.07	Ruang box penyoran	3	B	0
4.0.01	Sel drum	4	C	0
<b>Lantai I (first floor) (+4,76)</b>				
2.1.01	Lorong	2	B	0
2.1.02	jalan ke 1 a	2	B	0
2.1.03	lab. 1	2	A	2
2.1.04	Lab. 2	2	A	2
2.1.05	Kantor lab.	2	A	1
2.1.06	Ventilasi (blower)	2	B	0
2.1.07	Ventilasi (exhaust)	2	B	0
2.1.08	Lorong	2	B	0
2.1.09	penyimpanan reagen	2	B	0
2.1.10	Pintu ke insenerator	2	B	0
2.1.11	Ruang pencampuran	2	B	0
3.1.01	Ruang evaporator	3	B	0
3.1.02	Ventilasi filter	3	B	0
3.1.03	Kolom netralisasi	3	B	0
4.1.01	Penyimpanan konsentrat	4	C	0
<b>Lantai II (second floor) (+8,67)</b>				
3.2.01	Drumming/ruang pompa	4	B	0

**Tabel 2.** Ruang IPLR yang dijadikan sampel dalam survei radiasi udara

No	Identitas ruang	Nama Ruang	Zona radiasi	Type Ruang	Jumlah pekerja
1.	1.0.01	Lobi	1	A	1
2.	2.0.06	R. kontrol sementasi	2	A	2
3.	2.0.13	R. kontrol evaporator	2	A	4
4.	2.1.04	R. laboratorium 2	2	A	2
5.	3.0.02	R. kompaksi	3	B	2

**Tabel 3** Urutan ruang dengan resiko konsentrasi kontaminan untuk kasus VAC tidak beroperasi 64 jam

No Ururan	Identitas ruang	Nama Ruang	Konsentrasi gas dan partikulat aktif (Bq/m <sup>3</sup> )
1	2.0.13	R kontrol Evaporator	724,52
2	2.1.03	R. Laboratorium 2	656,02
3	2.0.06	R. Kontrol sementasi	491,69
4	3.0.02	R. Kompaksi	360,18
5	1.0.01	Lobi	71,59



**Gambar 4.** Skema sederhana ruang IPLR dalam survei radiasi udara