



PEREKAYASAAN PERANGKAT PEMANTAU RADON DI UDARA

Istofa, Budi Santoso, Sukandar, Romadhon

PRPN BATAN, Kawasan PUSPIPEK, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

PEREKAYASAAN PERANGKAT PEMANTAU RADON DI UDARA. Gas radon merupakan gas radioaktif yang memberikan kontribusi terbesar dari radiasi alam yang diterima manusia. Bila gas radon terhirup lewat saluran pernafasan, sebagian kecil radon akan tertinggal dalam paru-paru. Kalau sudah mengendap, ia akan menimbulkan kanker paru-paru. Makin tinggi konsentrasi radon di udara, makin tinggi kemungkinan terjadinya kanker paru-paru bagi manusia. Mengingat resiko yang dapat terjadi pada manusia, sangat diperlukan adanya alat yang dapat mendeteksi tingkat radiasi radon yang terkandung dalam udara. Telah dilakukan perekayasaan perangkat pemantau radon di udara. Perancangan dan pembuatan modul dilakukan mengikuti kaidah baku rekayasa yang meliputi pembuatan desain dasar, desain rinci, konstruksi, dan pengujian. Perangkat yang dibuat sudah dapat berfungsi untuk mendeteksi adanya radiasi alfa sesuai karakteristik radon. Untuk penyempurnaan, masih dikembangkan perangkat lunak untuk memudahkan pengoperasian dan pengujian menggunakan filter dan air sampling.

Kata kunci: radon, pemantau radiasi, radiasi alfa

ABSTRACT

ENGINEERING THE RADON MONITORING IN THE AIR. Radon gas is a radioactive gas that most contributes of the natural radiation received by human nature. If radon gas inhaled through the respiratory tract, a small fraction of radon is left in the lungs. If it settles, it will cause lung cancer. More concentration of radon in the air, the more possibility of lung cancer for human. Given the risks that can occur in humans, it is necessary to have a device that can detect radiation levels of radon contained in the air. Engineering of the air radon monitoring device has been done. The design and manufacture of modules carried out following the standard rules of manufacturing engineering procedures, such as basic design, detail design, construction, and testing. The device has been able to detect alpha radiation according to the characteristics of radon. The improvements are still needed in development of software for operation and testing using filters and air sampling.

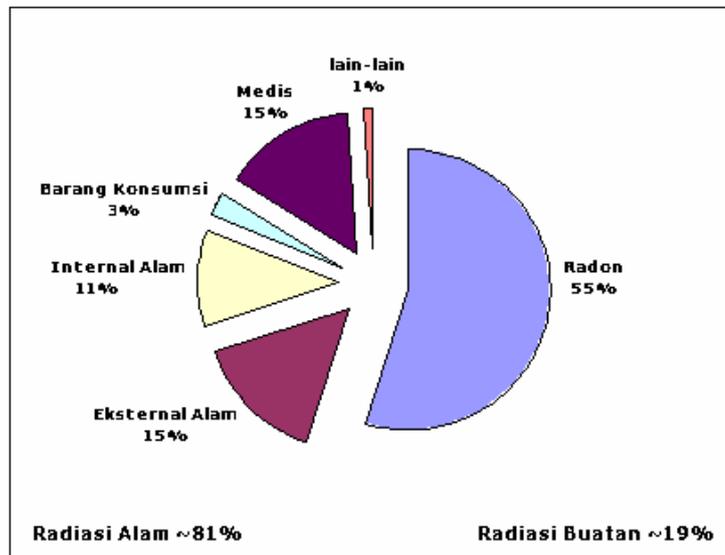
Keywords : radon, radiation monitoring, alpha radiation

1. PENDAHULUAN

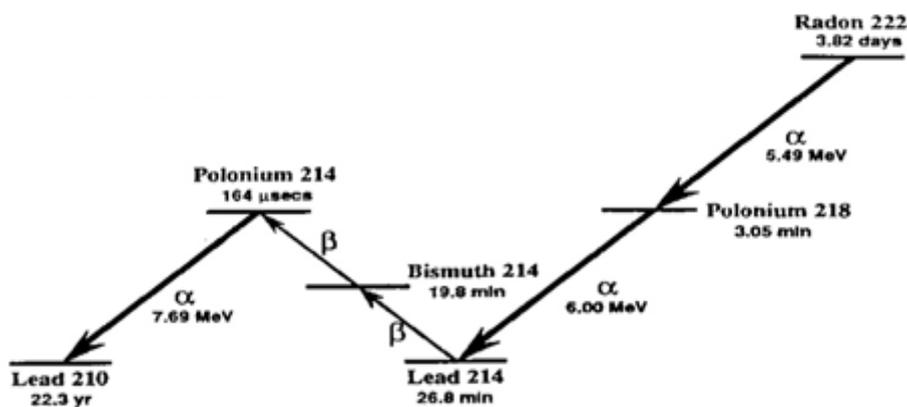
Gas radon (^{222}Rn dan ^{220}Rn) yang berada di udara, khususnya dalam ruangan tempat tinggal, perkantoran dan tambang bawah tanah, telah menjadi objek penelitian para pakar di seluruh dunia. Gas radon merupakan gas radioaktif yang memberikan



kontribusi terbesar dari radiasi alam yang diterima manusia yaitu sekitar 55 % (Gambar 1)^[1]. Gas radon memiliki beberapa radionuklida, yaitu aktinon (^{219}Rn) dengan waktu paruh 3,96 detik, thoron (^{220}Rn) dengan waktu paruh 55,6 detik, dan radon (^{222}Rn) dengan waktu paruh 3,82 hari^[2]. Karena waktu paruhnya relatif panjang, maka hanya gas radon ^{222}Rn yang perlu mendapat perhatian. Radon ^{222}Rn berasal dari perubahan atom Uranium ^{238}U di alam dan ^{220}Rn berasal dari perubahan atom Thorium ^{232}Th . Skema peluruhan ^{222}Rn dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Kontribusi radiasi alam terhadap manusia^[1]



Gambar 2. Skema peluruhan radon ^{222}Rn ^[2]

Bila gas radon terhirup lewat saluran pernafasan, sebagian kecil radon akan tertinggal dalam paru-paru. Kalau sudah mengendap, ia akan menimbulkan kanker paru-paru. Singkatnya, makin tinggi konsentrasi radon di udara, akan meningkatkan kemungkinan terjadinya kanker paru-paru bagi manusia. Mengingat resiko yang dapat



terjadi pada manusia, sangat diperlukan adanya alat yang dapat mendeteksi tingkat radiasi radon yang terkandung dalam udara.

Kegiatan perekayasa perangkat pemantau radon di udara dilakukan di Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN Serpong. Metode yang ditempuh dalam kegiatan ini meliputi perancangan, pembuatan dan pengujian prototip perangkat pemantau radon di udara. Kegiatan dibagi dalam kelompok sistem deteksi (elektronik), kelompok perangkat lunak, kelompok dosimetri, dan kelompok mekanik. Perancangan dan pembuatan modul akan dilakukan mengikuti kaidah baku kerekayasaan yang meliputi pembuatan desain dasar, desain rinci, konstruksi, dan pengujian. Seluruh kegiatan dan dokumen yang dihasilkan akan mengikuti kaidah yang ditetapkan dalam Sistem Mutu PRPN. Diharapkan hasil dari kegiatan kerekayasaan ini adalah berupa prototip perangkat pemantau radon yang dapat mendeteksi adanya kandungan radon dan besar konsentrasi radon di udara.

2. TEORI

Untuk mengukur radon di udara, banyak metoda pengukuran yang telah mapan digunakan. Ada 3 (tiga) kategori teknik pengukuran radon, yaitu ^[3]:

1. Pengukuran sesaat (*grab sampling*)
2. Pengukuran kontinyu
3. Pengukuran terintegrasi

Dari ketiga kategori tersebut, dapat dibagi lagi menjadi dua cara :

- a. Cara aktif (dengan menggunakan pompa)
- b. Cara pasif (tanpa menggunakan pompa)

Pemilihan metoda tertentu untuk mengukur radon di udara, harus berdasarkan beberapa pertimbangan, misalnya perkiraan konsentrasi radon yang akan diukur (dalam rumah, tambang, luar rumah), jumlah sampel yang akan diukur (lokal, nasional), *man power*, dan *cost benefit* (khusus untuk skala nasional)^[4].

Berdasar sistem deteksinya, ada beberapa metode pengukuran radon^[4], diantaranya :

2.1. Pengukuran radon menggunakan sel sintilasi

Metode pengukuran radon dengan sel sintilasi cukup sederhana tetapi akurasinya baik sekali. Oleh karena itu, sel sintilasi (*Lucas Cell*) dapat disejajarkan dengan kamar ionisasi sebagai alat ukur primer untuk mengukur radon.

Konsentrasi radon dalam sel sintilasi dapat ditentukan dengan persamaan 1 :



$$C_{Rn} = \frac{(N_T - N_L)}{F_k \cdot V} \cdot \frac{C}{A} \quad \text{Bq/m}^3 \quad (1)$$

$$C = \frac{\lambda t_1}{1 - e^{-\lambda t_1}} \quad (2)$$

$$A = e^{-\lambda t_2} \quad (3)$$

dengan:

- C_{Rn} : konsentrasi radon dalam sel sintilasi (Bq/m^3)
- N_T : laju cacah total per menit (cpm)
- N_L : laju cacah latar per menit (cpm)
- F_k : faktor kalibrasi sel sintilasi (cpm/Bq)
- V : volume sel sintilasi (m^3)
- C : koreksi peluruhan selama pencacahan
- A : koreksi peluruhan sebelum dicacah
- t_1 : lama pencacahan (menit)
- t_2 : waktu tunda antara pengisian gas radon sampai pencacahan (menit)
- λ : konstanta peluruhan $^{222}\text{Radon}$ (menit)

2.2 Pengukuran radon menggunakan dwi tapis

Mengingat hasil luruhan radon pertama yaitu ^{218}Po berupa partikel, maka dikembangkan alat sampling radon berdasar hasil luruhannya. Prinsip metoda dwi tapis, di udara bebas ada radon dan hasil luruhannya, maka pada waktu melewati filter bagian depan, hanya radon yang lolos ke dalam tabung difusi. Selama di dalam tabung difusi, radon sempat meluruh menghasilkan ^{218}Po . Hasil luruhan radon ini sebagian menempel pada dinding tabung dan sebagian lagi ditapis oleh filter bagian belakang. Setelah akhir pencuplikan udara, filter diambil dan dilakukan pencacahan dengan spektrometer alfa. Untuk menentukan konsentrasi radon berdasarkan hasil pencacahan filter belakang, digunakan persamaan 4 :

$$C_{Rn} = \frac{16,65(N_T - N_B)}{E \cdot Z \cdot V \cdot F} \quad \text{Bq/m}^3 \quad (4)$$

dengan :

- C_{Rn} : konsentrasi radon di udara (Bq/m^3)
- N_T : laju cacah total per menit (cpm)
- N_B : laju cacah latar per menit (cpm)
- E : Efisiensi deteksi (cpm/Bq)
- V : Volume udara yang dicuplik (m^3)



- Z : Faktor koreksi peluruhan
F : Fraksi luruhan radon yang menempel pada filter

2.3. Pengukuran radon menggunakan adsorpsi arang aktif

Ada dua model pemantau radon pasif dengan menggunakan arang aktif yaitu model permukaan terbuka (*open face*) dan permukaan yang diberi penutup (*cover face*). Ada beberapa model matematik yang digunakan untuk memperkirakan konsentrasi radon dalam arang aktif. Mengingat sifat arang aktif tidak hanya mengadsorpsi gas radon tetapi juga uap air, maka pemilihan model kolektor yang digunakan (terbuka atau diberi filter) harus berdasarkan pertimbangan tinggi rendahnya kelembaban udara. Konsentrasi radon di udara yang diukur dengan kolektor adsorpsi arang aktif dapat ditentukan dengan persamaan 5 :

$$C_{Rn} = \frac{N_T - N_B}{E_D \cdot E_A \cdot M \cdot F_p} \quad \text{Bq/m}^3 \quad (5)$$

dengan:

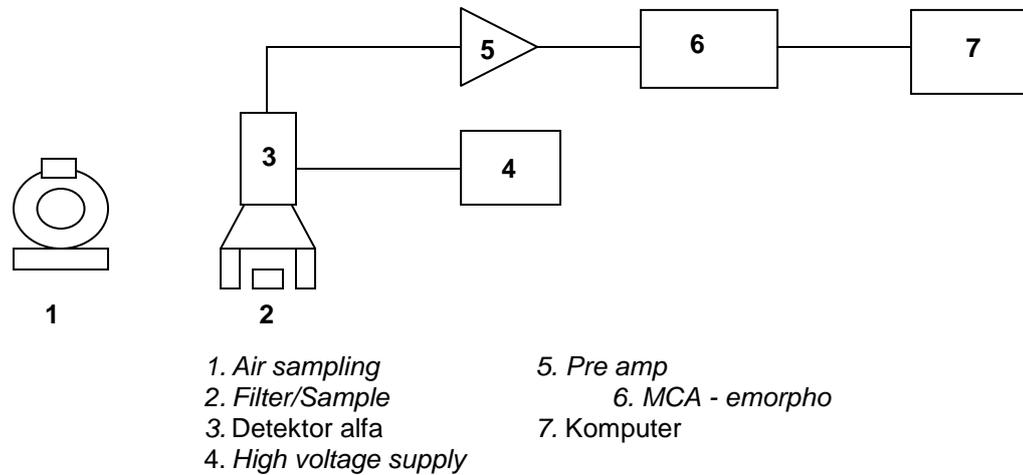
- C_{Rn} : konsentrasi radon di udara (Bq/m^3)
 N_T : laju cacah total per detik (cps)
 N_L : laju cacah latar per detik (cps)
ED : Efisiensi deteksi spektrometri ∂ (cpm/Bq)
EA : Efisiensi adsorpsi arang aktif ($\text{Bqg}^{-1}/\text{Bqm}^{-3}$)
M : Berat arang aktif (gram)
Fp : faktor koreksi peluruhan dari pertengahan pemaparan sampai saat pencacahan

3. TATA KERJA

Metode yang ditempuh dalam kegiatan ini meliputi perancangan, pembuatan dan pengujian prototip perangkat pemantau radon di udara. Perancangan dan pembuatan modul akan dilakukan mengikuti kaidah-kaidah baku rekayasa yang meliputi pembuatan desain dasar, desain rinci, konstruksi, dan pengujian.



Secara garis besar, perangkat pemantau radon ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram perangkat pemantau radon di udara

Perangkat pemantau radon di udara yang dirancang bangun terdiri dari :

A. Sistem pencuplik sample

Sistem ini berdiri sendiri, terdiri dari motor penghisap udara (*air sampling*), *flow meter*, pengatur debit udara, dan filter udara. Filter inilah yang akan dicacah dalam sistem instrumentasi pengukur radon. Untuk model pengukur radon yang lain sistem pencuplik sampel ini sudah terintegrasi dengan detektor, sehingga keluaran detektor sudah berupa data cacahan yang siap diolah oleh komputer

B. Sistem deteksi

Menggunakan detektor sintilasi *radon flash detector* Ludlum 182 dan *alpha beta sample counter* Ludlum 43-10-1

C. Sistem elektronik

1. Modul penguat sinyal *pre amplifier*
2. Modul *high voltage*
3. Modul tegangan rendah
4. Modul MCA (*Multi Channel Analyzer*)

D. Sistem pengolah data

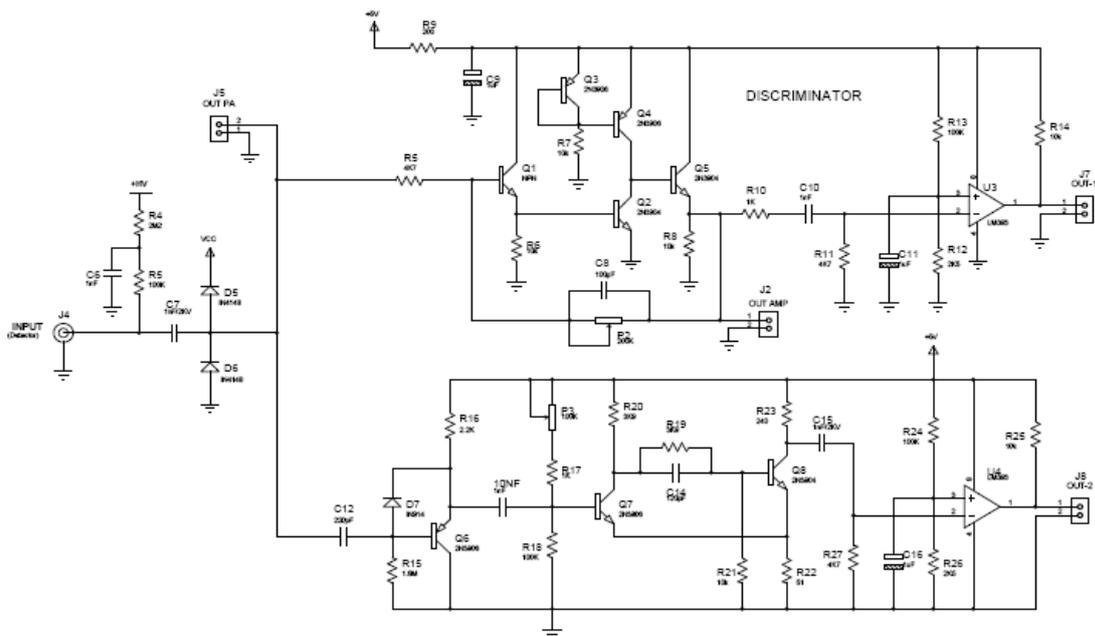
Sistem akuisisi data menggunakan program C# dengan komunikasi data antara komputer ke MCA menggunakan USB



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Modul penguat sinyal *pre amplifier*

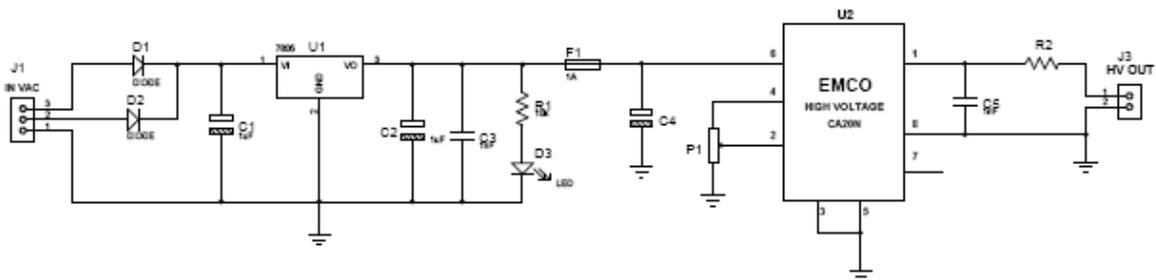
Fungsi *pre amplifier* adalah memperkuat sinyal keluaran dari PMT (*Photo Multiplier Tube*) detektor. Amplifier mempunyai fungsi sebagai penguat dan pembentuk pulsa masukan dari *pre amplifier*. Sinyal yang dihasilkan berbentuk *Gaussian Unipolar*. Agar pulsa ini dapat dianalisa berdasar tingginya dengan daya urai yang memadai maka diperkuat kembali sampai keluarannya dalam orde beberapa volt.



Gambar 4. Skematik *pre amplifier*

4.2. Modul tegangan tinggi - HV

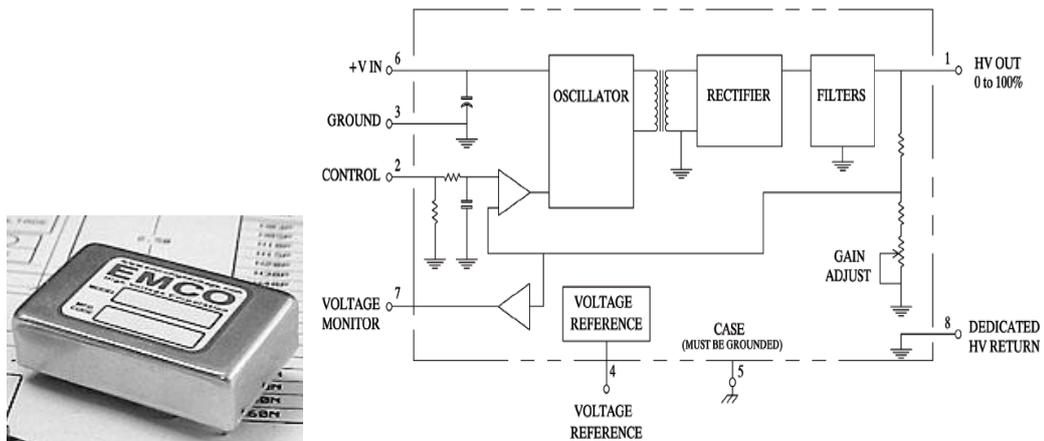
Penggunaan catu daya tegangan tinggi pada sistem pencacah sangat menentukan kualitas pulsa yang dihasilkan oleh detektor. Catu daya tegangan tinggi yang dibutuhkan detektor sebesar 800-1000 volt DC. Polaritas catu daya tegangan tinggi yang digunakan adalah positif (Gambar 5).



Gambar 5. Skema rangkaian tegangan tinggi



Modul catu daya tegangan tinggi menggunakan komponen modul tegangan tinggi dari EMCO tipe CA20P. Modul ini berupa komponen kompak yang sudah terintegrasi dalam bentuk seperti Gambar 6 yang mampu mendukung detektor pada tegangan kerjanya yaitu 1000 VDC. Modul EMCO tipe CA20P terdiri dari *oscillator*, *rectifier*, *filter* dan yang utama adalah penguat tegangan^[5].



Gambar 6. Modul dan blok diagram tegangan tinggi – EMCO type CA20P

Gambar 7 menunjukkan modul pre amp dan tegangan tinggi yang terintegrasi. Modul ini menggunakan catu daya internal (12V) untuk tegangan tinggi dan catu daya eksternal (5V) untuk *pre amp*.

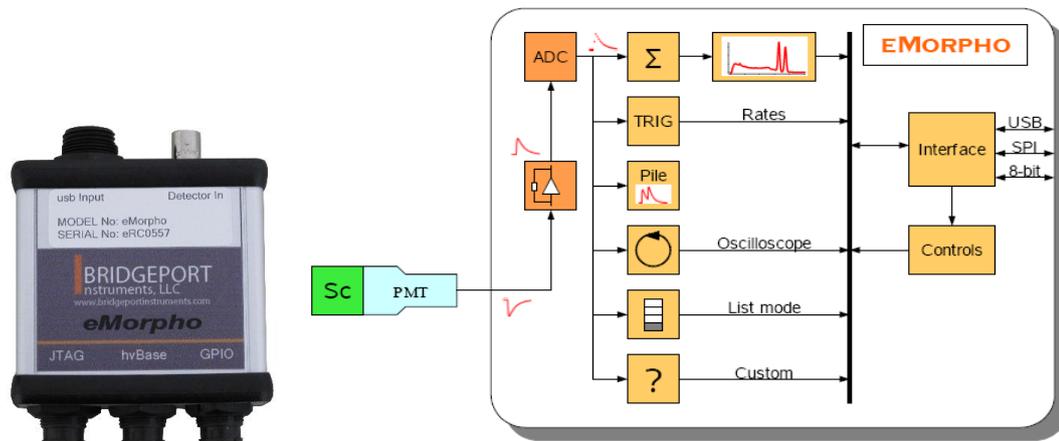


Gambar 7. Modul *pre amplifier* dan *high voltage*

4.3. Modul MCA (*Multi Channel Analyzer*)

Fungsi MCA untuk menganalisa pulsa dari amplifier. Dengan pengaturan *window* energi, hanya radiasi radon yang akan diproses. MCA yang dipakai adalah modul eMorpho MCA yang merupakan MCA yang didesain untuk dapat digunakan langsung

pada beberapa jenis detektor sintilasi dan PMT (Gambar 8). MCA ini memiliki beberapa konektor yang dapat dihubungkan langsung ke komputer, ke detektor atau koneksi yang lain.



Gambar 8. Modul dan Blok Diagram eMorpho MCA^[6]

Spesifikasi MCA :

- Dapat digunakan pada berbagai jenis detektor sintilasi
- Histogram energi : 4096 x 32
- Akurat dalam pengukuran cacahan
- Memori *non-volatile* : 256 byte – 128 kbyte
- Konsumsi daya rendah : 330 mW atau catu daya dari USB
- ADC : 12 bit, 80MSPS
- *Open source* API (API, C, C++)
- GUI (IGOR PRO)
- *hvBase plug-on power supplies*

4.4. Perangkat pemantau radon

Sistem elektronik yang terdiri dari modul penguat sinyal pre amplifier, modul *high voltage*, modul tegangan rendah dan modul MCA, diintegrasikan menjadi sistem perangkat pemantau radon. Sistem dapat menggunakan detektor sintilasi jenis *flash radon detector* (Gambar 9), atau menggunakan detektor sintilasi jenis *alpha beta sample counter detector* (Gambar 10).

Hasil uji lab menunjukkan sistem dapat mendeteksi adanya radiasi alfa dan beta. Tahap selanjutnya adalah menguji sistem dengan radiasi radon sesungguhnya yang ada di udara. Metode pengukuran radon di udara adalah dengan melakukan

pencuplikan sampel dengan menggunakan pompa udara (*air sampling*). Filter dari *air sampling* dicacah menggunakan perangkat ini. Dengan jangka waktu pencuplikan tertentu, debit udara diatur, laju cacah per menit diukur, dapat diketahui besarnya konsentrasi radon di udara dengan menggunakan persamaan 1.



Gambar 9. Perangkat pemantau radon dengan *radon flash detector*



Gambar 10. Perangkat pemantau radon dengan *alpha beta sample counter*

5. KESIMPULAN.

Telah dibuat sistem perangkat pemantau radon di udara dengan menggunakan detektor sintilasi *radon flash detector* dan *alpha beta sample counter detector*. Perangkat dapat berfungsi mendeteksi adanya sumber radiasi alfa dan beta. Untuk pengujian pengukuran radon belum dilakukan. Pengujian akan dilakukan menggunakan *filter* dan *air sampling*. Dengan data hasil cacahan dari filter dan waktu pencuplikan serta debit udara diketahui, konsentrasi radon di udara dapat diketahui.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan untuk seluruh tim perekayasa perangkat pemantau radon di udara, tetap kompak dan penuh inovasi.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. ARIYANTO S, Radiasi Alam,
http://www.batan.go.id/artikel/view_artikel.php?id_artikel=34, diakses tanggal 14 Februari 2011



2. P.A. COLGAN and A.T. MCGARRY, Radon Monitoring and Control of Radon Exposure, Radiological Protection Institute of Ireland, Dublin, Ireland, 2000
3. ANONYMOUS, The Measurement of Radon,
Available : <http://enhs.umn.edu/hazards/hazardssite/radon/radonmeasure.html>
diakses tanggal 1 Februari 2012
4. BUNAWAS, Kelakuan Radon di Udara dan Metode Pengukurannya, PTKMR-BATAN 2006
5. EMCO, High Voltage Corporation, CA Series,
<http://www.emcohighvoltage.com/pdfs/caseries.pdf>
diakses tanggal 5 Maret 2012
6. EMORPHO, User's Manual Datasheet, Data Acquisition System for use with Scintillator Detectors
http://www.bridgeportinstruments.com/products/emorpho/emorpho_manual_d.pdf
diakses tanggal 5 Maret 2012

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Digunaan MCA dalam desain ini, mengapa tidak menggunakan SCA sehingga dapat menekan harag peralatan? (JOKO TRIYANTO)
2. Mana lebih praktis dalam pengukuran cacah radias radon menggunakan filter dan tidak menggunakan fliter? (GUNARWAN PRAYITNO)
3. Berapa batas ambang aman radon bagi manusia? (GUNARWAN PRAYITNO)

Jawaban

1. Bisa menggunakan SCA dengan setting pada energi radon. Harga MCA yang dipakai tidak terlalu mahal sekitar \$1750 . MCA bisa digunakan untuk kegiatan sistem instrumentasi nuklir lain
2. Pengukuran radon sangat sulit dilakukan secara langsung tanpa filter atau arang aktif. Metode yang umum dipakai menggunakan pompa udara atau arang aktive tanpa pompa. Karena yang diukur konsentrasi radon, maka harus diukur pula volume udara yang dicuplik, jadi harus menggunakan pompa udara dan filter.
3. Radon dalam ruangan 10 Bq/m³
Radon diluar ruangan 40 Bq/m³