

---

## OPTIMASI SISTEM PENGUKUR KONTAMINASI UDARA

**Nugraha luhur, Tri Anggono, M. Taufiq**  
**Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset - BATAN**

### ABSTRAK

**OPTIMASI SISTEM PENGUKUR KONTAMINASI UDARA.** Telah dilakukan Optimasi Sistem Pengukur Kontaminasi Udara. Pengukuran radiasi dalam udara tidak sesederhana seperti misalnya pengukuran paparan gamma (dalam satuan mSv/jam) atau tingkat kontaminasi permukaan benda (dalam satuan Bq/Cm<sup>2</sup>). Dalam pengukuran tingkat konsentrasi radioaktivitas udara diperlukan beberapa langkah mulai dari data dalam satuan Cps sampai menghasilkan nilai dalam satuan aktivitas per satuan volume (Ci/m<sup>3</sup>). Beberapa langkah ini menjadi tidak praktis bagi Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Untuk mempermudah PPR dalam pengukuran tingkat radioaktivitas udara, alat ukur dioptimalkan dengan menambahkan pompa udara untuk sirkulasi, memasang flow meter dan menambahkan Konverter sehingga tampilan hasil pembacaan sudah langsung dalam satuan yang dikehendaki Ci/m<sup>3</sup>. Dari hasil uji fungsi diketahui unjuk kerja sistem pengukur kontaminasi udara dapat berfungsi dengan baik. Laju aliran udara rata-rata sebesar 44 liter per menit dan hasil pencacahan filter rata-rata sebesar 0,051 KCpm dan konsentrasi radioaktivitas terbaca rata-rata sebesar 1,5E-10 Ci/m<sup>3</sup>

### ABSTRACT

**OPTIMIZATION SYSTEM OF MEASUREMENT INSTRUMENT AIR CONTAMINATION.** Have been done Optimization System of Measurement instrument Air Contamination Measurement of radiation in air do not as simple as like for example measurement of gamma exposure (in mSv / hour) or level contamination surface of object (in Bq /cm<sup>2</sup>). In measurement of level of concentration air radioactivity needed by some step, is star of data in set of Cps until result of access in set of Ci/m<sup>3</sup>. Some this practical step becoming not to Worker of Radiation Protection (PPR). To water down PPR in measurement of air radioactivity level, measuring instrument of optimize by enhancing air-pump for circulation , to installing meter flow and enhance Converter so that appearance result of read have direct in set of desired Ci/m<sup>3</sup>. From result of function test known characteristic work system of measurement instrument air contamination can function better. Accelerate mean air stream equal to 44 liter per minute of filter mean equal to 0,051 KCPM. Read activity indicator after converter read mean equal to 1,5E-10 Ci/m<sup>3</sup>

### PENDAHULUAN

Radioaktivitas yang terkandung di udara dapat diketahui tingkat konsentrasi radioaktivitasnya dengan cara pencuplikan dan pencacahan. Pencuplikan udara dilakukan dengan menggunakan pompa hisap udara yang diketahui laju aliran volumenya dan filter yang diketahui efisiensi pengendapannya. Karena efisiensi filter dan laju aliran volume dari pompa hisap udara telah diketahui sebelumnya dari spesifikasi teknik yang diberikan oleh pabrik pembuatnya serta waktu penghisapan dapat ditentukan, maka konsentrasi radioaktivitas di udara dapat dilakukan pengukuran. Yang melatar belakangi dari kegiatan ini adalah bahwa dalam pengukuran tingkat konsentrasi radioaktivitas udara diperlukan beberapa langkah mulai dari data dalam satuan Cps sampai menghasilkan nilai dalam

satuan Ci/m<sup>3</sup>. Beberapa langkah ini menjadi tidak praktis bagi Petugas Proteksi Radiasi (PPR) karena PPR harus mencatat laju aliran udara, menentukan lamanya pengukuran, melakukan pencacahan sampling dan sumber standar serta memasukkan dalam beberapa persamaan sampai didapatkan nilai pengukuran yang dikendaki. Untuk mempermudah PPR dalam pengukuran tingkat konsentrasi radioaktivitas udara, alat ukur dioptimalkan dengan menambahkan pompa udara untuk sirkulasi, memasang flow meter dan menambahkan Konverter sehingga tampilan hasil pembacaan sudah langsung dalam satuan yang dikehendaki Ci/m<sup>3</sup>. Tujuan dari kegiatan ini dilakukan adalah agar dengan adanya sistem pengukur konsentrasi radioaktivitas udara ini maka PPR akan dapat langsung melakukan pembacaan besarnya konsentrasi radioaktivitas udara di mana sistem tersebut diletakkan dan dioperasikan dan membandingkannya dengan batas keselamatan.

## DASAR TEORI

Konsentrasi Radioaktivitas udara dinyatakan dalam satuan aktivitas per satuan volume (Bq/m<sup>3</sup> atau Ci/m<sup>3</sup>). Untuk melakukan pengukuran konsentrasi radioaktivitas udara diperlukan beberapa langkah dan peralatan sehingga satuan konsentrasi radioaktivitas tersebut dapat dipenuhi. Peralatan yang dipergunakan dalam kegiatan ini menggunakan sistem pencacahan survei meter Ludlum model 2241 yang mempunyai satuan pengukuran Cpm dan pensirkulasi udara menggunakan pompa yang dipasang flow meter analog dengan satuan liter/menit. Untuk menjembatani satuan pengukuran Cpm ke satuan pengukuran konsentrasi radioaktivitas dalam udara (Ci/m<sup>3</sup>) dipergunakan sebuah konverter. Konverter dipergunakan untuk mengubah output (Cpm) dalam satuan tegangan (Volt) ke meter pengukur konsentrasi radioaktivitas udara (Ci/m<sup>3</sup>) dalam satuan arus (mA). Satuan pencacahan (Cpm) dikonversi ke satuan Ci dengan jalan melakukan pengkalibrasian dengan sumber standar dengan aktivitas yang bervariasi dan besarnya aktivitas dihitung pada saat sumber standar dilakukan pencacahan dengan menggunakan persamaan:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}} t}$$

$A_t$  = Aktivitas awal dalam Bq atau Ci

$A_0$  = Aktivitas sekarang dalam Bq atau Ci

$t$  = selang waktu dalam tahun

$T_{1/2}$  = waktu paro dalam tahun

Sedangkan satuan volume ( $m^3$ ) diambil dari data pengukuran laju alir udara dalam satuan liter/menit dan dihitung menggunakan persamaan :

$$V = F \times t \times 1.10^{-3} \quad (m^3)$$

$V$  = Volume dalam  $m^3$   
 $F$  = laju alir udara dalam liter/menit  
 $t$  = lama operasi pompa dalam menit

Meter pengukur konsentrasi radioaktivitas udara  $Ci/m^3$  yang dipergunakan mempunyai range 0 -20 mA, sehingga untuk menyesuaikan antara cacahan yang dihasilkan oleh sistem pencacah dengan meter pengukur dilakukan kalibrasi. Kalibrasi dipergunakan untuk pengaturan skala pada meter pengukur konsentrasi radioaktivitas udara. Dengan skala yang dibuat maka meter pengukur dapat dipergunakan sebagai pembacaan meter pengukur konsentrasi radioaktivitas udara  $Ci/m^3$

## **LANGKAH KEGIATAN**

### **A. Alat dan Bahan**

1. Satu set alat sistem penghisap udara
2. Filter
3. Sistem pencacah filter Ludlum Model 2241
4. Satu konverter dan meter pengukur konsentrasi radionuklida

### **B. Pengujian Pompa Penghisap Udara**

1. Memasang filter
2. Memasang detektor tidak dihidupkan
3. Menghidupkan pompa penghisap udara
4. Mengamati laju alir udara pada flow meter

### **C. Pengujian dengan sumber Standar**

1. Merakit sitem pengukuran
2. Mengidupkan sistem pencacah
3. Melakukan pencacahan sumber standar
4. Mengukur arus dan tegangan

### **D. Pengujian Sistem Pengukur Kontaminasi Udara**

1. Memasang filter
2. Mengidupkan sistem pencacah
3. Melakukan pencacahan filter

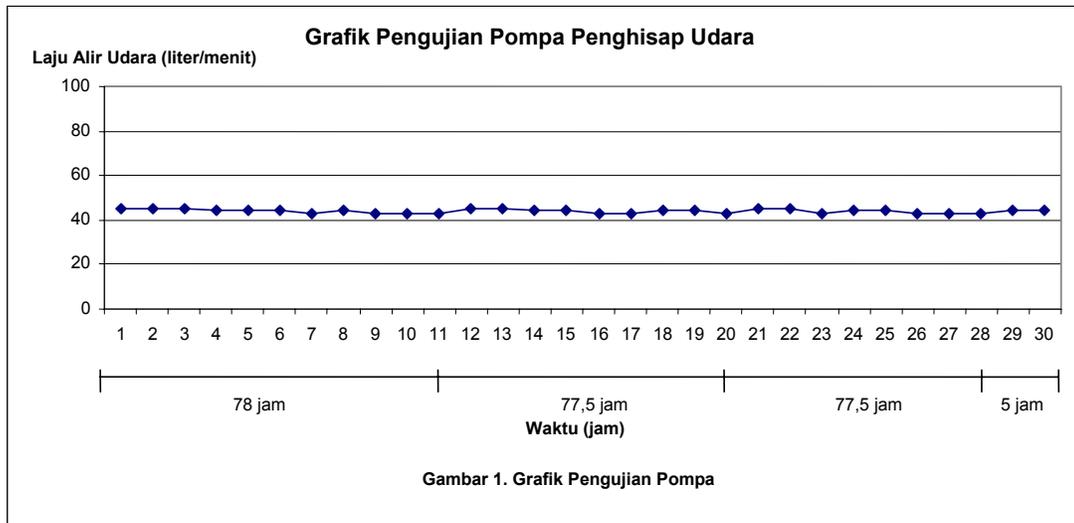
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Laju Alir Pompa Hisap Udara

Pengujian pompa penghisap udara hasilnya ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 1. Pada pengujian pompa dapat diketahui bahwa pompa dengan waktu operasi selama 3 hari penuh atau sekitar 72 jam laju alir udara mengalami penurunan sedikit yaitu pada awal operasi pompa laju alir sebesar 45 liter/menit dan setelah pompa bekerja selama 72 jam laju alir sebesar 43 liter/menit. Dari data pengukuran laju alir udara dapat ditunjukkan bahwa laju alir udara cukup stabil dengan rata-rata laju alir sebesar 44 liter/menit. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa pompa tersebut mempunyai unjuk kerja yang baik.

**Tabel 1. DATA PENGUKURAN PENGUJIAN LAJU ALIR POMPA**

No.	Tanggal	Jam	Jam Operasi	Flow (liter/menit)
1.	21 – 11 – 2005	09.00	0 jam	45
2.		11.30	2,5 jam	45
3.		16.00	7 jam	45
4.	22 – 11 – 2005	09.30	24,5 jam	44
5.		13.00	28 Jam	44
6.		16.00	30 jam	44
7.	23 – 11 – 2005	09.00	48 jam	43
8.		11.00	50 jam	44
9.		15.30	54,5 jam	43
10.	24 – 11 – 2005	10.00	73 Jam	43
11.		15.00	78 jam	43
12.	28 – 11 – 2005	09.30	0 jam	45
13.		12.00	2,5	45
14.		16.00	6,5 jam	44
15.	29 – 11 – 2005	10.00	24,5	44
16.		16.00	30 jam	43
17.	30 – 11 – 2005	10.00	48,5 jam	43
18.		15.30	53 jam	44
19.	1 – 12 – 2005	10.00	72,5 jam	44
20.		17.00	77,5 jam	43
21.	05 – 12 – 2005	11.00	0 jam	45
22.		17.00	6 jam	45
23.	06 – 12 – 2005	09.30	22,5 jam	43
24.		15.00	28 jam	44
25.	07 – 12 – 2005	10.00	47 jam	44
26.		15.30	52,5 jam	43
27.	08 – 12 – 2005	09.30	71,5 jam	43
28.		17.00	77,5 jam	43
29.	12 – 12 – 2005	10.00	0 jam	44
30.		16.00	5 jam	44
				$\Sigma = 1316$
				Rata <sup>2</sup> = 43,9 $\approx$ 44

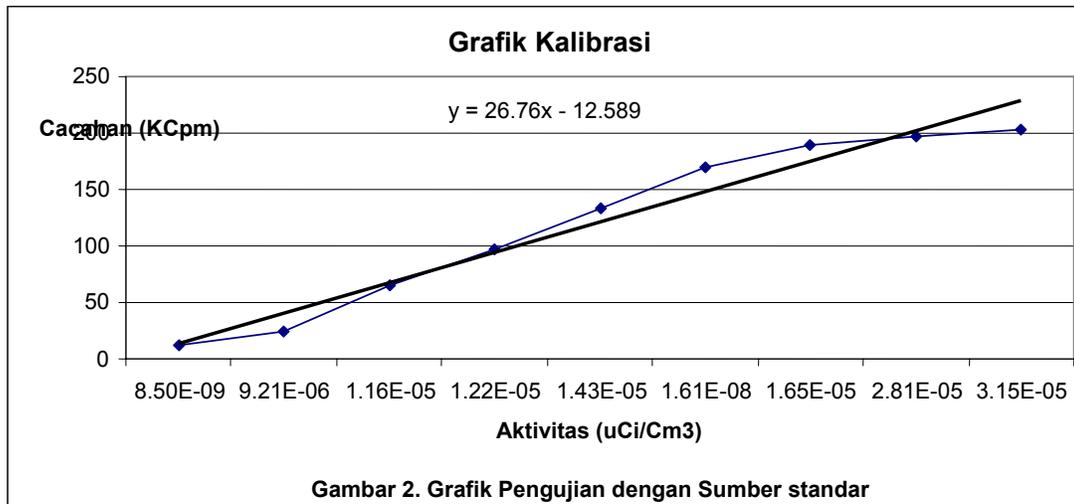


### Pengukuran Dengan Sumber Standar

Pada pengujian dengan sumber standar dimaksudkan untuk mengetahui lineritas sistem konverter yaitu, hubungan antara output sistem pencacahan satuan KCpm dengan meter pengukur konsentrasi radioaktivitas udara dalam satuan  $\mu\text{Ci}/\text{m}^3$ . Sumber standar yang digunakan menggunakan Cs-137 berbentuk *stick*. Dari data yang diperoleh dapat ditunjukkan bahwa hasil kalibrasi belum menunjukkan hasil yang optimal, hal ini dikarenakan variasi aktivitas sumber yang dipergunakan merupakan penjumlahan dari beberapa sumber yang digabungkan, bukan merupakan sumber standar dalam bentuk tunggal. Dan demensi sumber tidak identik dengan demensi filter. Dari grafik yang diperoleh koefisien garis  $Y = 26,76X - 12,589$ .

**Tabel 2. DATA PENGUKURAN DENGAN SUMBER STANDAR**

No.	Aktivitas ( $\mu\text{Ci}$ )	Cacahan (KCpm)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Flow (liter/menit)	Aktivitas ( $\mu\text{Ci} / \text{m}^3$ )
1.	3,224	12,6	2,0	5,43	43,7	8,5E-09
2.	6,447	23,6	2,7	5,88	43,6	9,2E-09
3.	9,671	34,5	3,8	7,38	43,7	1,2E-08
4.	12,89	47,2	4,0	7,81	43,7	1,2E-08
5.	64,47	153	4,8	9,10	43,6	1,4E-08
6.	67,69	170	5,7	10,31	43,6	1,6E-08
7.	70,92	190	6,3	10,55	43,5	1,7E-08
8.	74,14	197	8,8	17,92	43,5	2,8E-08
9.	77,37	203	10,1	20,10	43,7	3,2E-08
					$\Sigma = 392,6$	
					Rata <sup>2</sup> = 43,6	

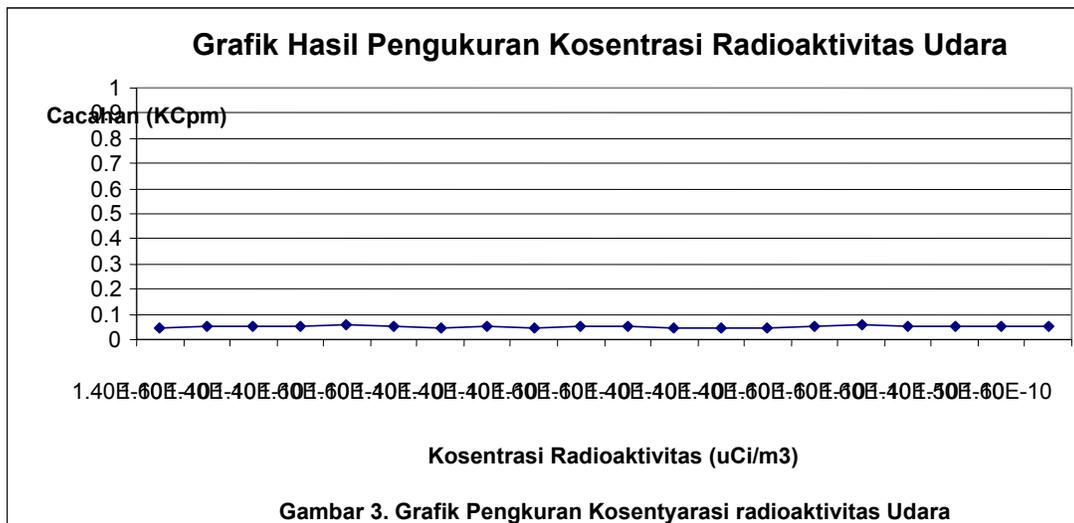


### Pengukuran Dengan Sumber Standar

Dari data yang didapatkan dan dirata-rata didapat besarnya konsentrasi radioaktivitas udara sebesar  $1,5E-10 \text{ Ci/m}^3$ . Nilai tersebut sama besarnya dengan nilai pengukuran konsentrasi radioaktivitas yang dilakukan secara manual yang memerlukan beberapa tahapan dan perhitungan. Dari hasil tersebut dapat dikatakan sistem yang digunakan dalam kegiatan ini dapat dipergunakan untuk melakukan pengukuran konsentrasi radioaktivitas udara dan hasilnya pembacaan sudah dalam satuan  $\text{Ci/m}^3$ . Jika dibandingkan dengan batas konsentrasi radioaktivitas udara untuk nuklida yang tidak diketahui pada SK Kepala Bapeten No.02/Ka.BAPETEN/V-99 yang selama ini di acu sebesar  $5,4E-14 \text{ Ci/m}^3$ , hasil yang didapat masih jauh lebih tinggi (1000 kali). Setelah di periksa lebih lanjut ternyata nilai sebesar  $5,4E-14 \text{ Ci/m}^3$ , adalah batas konsentrasi radioaktivitas udara untuk lingkungan. Batas konsentrasi radioaktivitas udara untuk reaktor nuklir Bapeten belum mengeluarkan surat keputusan.

**Tabel 3. DATA PENGUKURAN PENCACAHAN FILTER**

No.	Cacahan (KCpm)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Aktivitas ( $\mu\text{Ci} / \text{m}^3$ )
1.	0,048	0,044	0,09	1,4E-10
2.	0,054	0,051	0,10	1,6E-10
3.	0,049	0,046	0,09	1,4E-10
4.	0,049	0,046	0,09	1,4E-10
5.	0,056	0,052	0,11	1,6E-10
6.	0,052	0,050	0,10	1,6E-10
7.	0,048	0,044	0,09	1,4E-10
8.	0,049	0,046	0,09	1,4E-10
9.	0,048	0,044	0,09	1,4E-10
10.	0,054	0,051	0,10	1,6E-10
11.	0,051	0,050	0,10	1,6E-10
12.	0,046	0,043	0,09	1,4E-10
13.	0,048	0,044	0,09	1,4E-10
14.	0,048	0,044	0,09	1,4E-10
15.	0,054	0,051	0,10	1,6E-10
16.	0,056	0,052	0,11	1,6E-10
17.	0,054	0,051	0,11	1,6E-10
18.	0,049	0,046	0,09	1,4E-10
19.	0,049	0,046	0,09	1,5E-10
20.	0,051	0,050	0,10	1,6E-10
	$\Sigma = 1,013$			$\Sigma = 2,99\text{E-}9$
	Rata <sup>2</sup> = 0,051			Rata <sup>2</sup> = 1,5E-10



## **KESIMPULAN**

Dari kegiatan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan:

1. Pompa yang dipergunakan dalam pengukuran konsentrasi radioaktivitas udara cukup handal dengan laju aliran udara rata-rata sebesar 44 liter/menit
2. Pengukuran konsentrasi radioaktivitas udara dapat langsung dibaca hasilnya dengan nilai rata-rata sebesar  $1,5E-10$  Ci/m<sup>3</sup>.

## **SARAN**

1. Agar diperoleh hasil kalibrasi yang lebih baik diperlukan variasi aktivitas sumber standar yang lebih bervariasi dan dimensi sumber setipe dengan dimensi filter.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut dan agar hasil lebih optimal sistem pengukuran konsentrasi radioaktivitas udara pembacaan hasilnya akan dikembangkan menggunakan komputer

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Instruction Manual Ludlum Model 2241 Digital Ratemeter, December 1996
2. Pudjijanto MS, Ir. Petunjuk Penentuan Tingkat Radioaktivitas Udara menggunakan pompa pencuplik udara dan unit pencacah, th 1997
3. Keputusan Kepala Bapeten No: 02/Ka.-BAPETEN/V-99 tentang Baku Tingkat Radioaktivitas di Lingkungan.