

## **CEK STABILITAS DAN PENGUKURAN LAJU KERMA UDARA.**

**Nurul Muthmainnah<sup>1</sup>, Jasdar Agus<sup>2</sup>, Nurul Fuadi<sup>3</sup>, Sitti Nurahmi<sup>4</sup> dan jumriah<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> *Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*

<sup>5</sup>*Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Makassar*

<sup>a</sup>*Email: nurulmuthmainnah26@gmail.com*

**ABSTRACT:** *Calibration is research conducted to determine the correctness of the commendation of measuring instrument and measuring materials by comparison with traceable measuring standards to national and international standards for units of measurement or international standards and certified reference materials. In this activity, stability checks and air kerma were carried out using an 800cc detector using a Cs-137 radioactive source. A personal dosimeter is a device used to measure radiation dose cumulatively. The tools and materials used include detector 800cc, termaharobarometers, irradiators, cesium-137 radiation sources, lasers, steel rulers and compressors. CCTV monitor, Zero dosimeter, plaster and phantom. From the measurement activities that have been carried out, it is obtained that the value analyzed from the stability check carried out reads stable because it meets the set standard, namely % Deviation of 1%. So that when measuring air kerma a stable value is obtained, the farther the distance between the detector and the radiation source is, the lower the output value is read, the same goes for when using the Absorbed variation, the thicker the absorber used, the smaller the output value.*

**Keywords:** *Callibration, Cestum-137 and Personal Dosimeters*

**ABSTRAK :** Kalibrasi adalah penelitian yang dilakukan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu tertelusur (traceable) ke standar nasional maupun internasional untuk satuan ukuran atau internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi. Pada penelitian ini dilakukan cek stabilitas dan kerma udara menggunakan detektor 800cc dengan menggunakan sumber radioaktif Cs-137. Personal dosimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi secara akumulatif. Alat dan bahan yang digunakan antara lain, Detector 800cc, Termohygrobarometer, Irradiator, Sumber radiasi cesium-137, Laser, Mistar baja, Kompresor, CCTV monitor, Zero dosimeter, plaster dan phantom. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai yang dianalisis dari cek stabilitas yang dilakuakn terbaca stabil karena memenuhi standar yang ditetapkan yaitu % Deviasi  $\leq 1\%$ . Sehingga pada saat pengukuran kerma udara diperoleh nilai yang stabil, semakin jauh jarak antara detektor dari sumber radiasi, maka nilai keluaran yang terbacapun semakin kecil, begitupun ketika menggunakan variasi absorbed, semakin tebal absorbed yang digunakan maka nilai keluarannya pun semakin kecil.

**Kata kunci:** *Cesium-137, Kalibrasi, dan Personal Dosimeter.*

\*corresponding author

email: [nurulmuthmainnah26@gmail.com](mailto:nurulmuthmainnah26@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Alat ukur radiasi pada umumnya dibedakan menjadi tiga yaitu kelompok dosimeter personal, surveimeter dan monitor kontaminasi. Dosimeter personal biasanya digunakan untuk mengukur dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi. Dosimeter personal yang banyak digunakan pada fasilitas kesehatan terdiri dari dosimeter saku (pen dosimeter), film badge, dan dosimeter luminesen (*Thermoluminescence Dosimeter*, TLD). Surveimeter digunakan untuk mengukur besarnya radiasi di lingkungan atau suatu lokasi secara langsung sedang monitor kontaminasi digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi pada pekerja, alat maupun lingkungan. AUR yang digunakan untuk memonitor radiasi gamma yang diterima pekerja radiasi adalah dosimeter saku gamma atau TLD/Film Badge. Perlengkapan AUR ini merupakan salah satu persyaratan proteksi yang harus dipenuhi Pemegang izin dalam memperoleh perizinan dari BAPETEN untuk pemanfaatan sumber radiasi (Alatas, 2009). Dengan melihat fenomena di atas maka tujuan dari pengukuran ini adalah memahami definisi dari Stabilitas dan Kerma Udara, untuk mengetahui proses pengecekan Stabilitas dan untuk memahami perhitungan dari nilai Laju Kerma Udara.

Kalibrasi merupakan kegiatan membandingkan nilai pembacaan alat yang dibandingkan dengan alat ukur standar dengan kegiatannya mencakup uji fungsi, uji keselamatan, dan uji kinerja. Kalibrasi juga dilakukan sesuai prosedur yang telah ditetapkan (Kusumadewi, 2020).

Personal dosimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi secara akumulatif. Jadi, dosis radiasi yang mengenai dosimeter personal akan dijumlahkan dengan dosis yang mengenai sebelumnya. Dosimeter personal harus ringan dan berukuran kecil karena alat ini harus selalu dikenakan oleh setiap pekerja radiasi yang bekerja di medan radiasi dosimeter saku gamma yang merupakan alat ukur proteksi radiasi personal yang dipakai oleh pekerja radiasi pada instalasi radiologi di rumah sakit. Dosimeter saku gamma (pen dosimeter) merupakan alat pemantau dosis perorangan terbaru saat ini yang mempunyai kelebihan dapat dibaca secara langsung dan tidak membutuhkan peralatan tambahan untuk membacanya (Sita, dkk, 2018).

Sumber radiasi Cs-137 adalah sumber yang lazim digunakan sebagai kalibrator untuk kalibrasi AUR gamma, karena memiliki waktu paruh yang cukup panjang (30~07 tahun) dan energi cukup tinggi (662 keV), sehingga cukup ekonomis untuk penggunaan waktu yang panjang dan memiliki daya tembus yang cukup kuat untuk berbagai keperluan kalibrasi AUR:

Surveimeter, pocket dosimeter, pendose dan penyinaran TLD (Febrianto Hermawan dan Nazaroh,2017).

Dosis ekivalen personal, HP (d), adalah dosis ekivalen pada jaringan di bawah titik tertentu tubuh pada kedalaman d. Besaran ini digunakan pada pemantauan radiasi perorangan, dan berlaku baik untuk radiasi tembus kuat maupun lemah. Untuk radiasi tembus kuat kedalaman yang direkomendasikan adalah 10 mm, sehingga HP (d) ditulis sebagai HP (10), sedang untuk radiasi tembus lemah kedalamannya 0,07 mm dan 3 mm sehingga HP (d) ditulis sebagai HP (0,07) dan HP (3) (IAEA, 2000).

Faktor kalibrasi adalah faktor koreksi AUR yang menunjukkan perbandingan antara nilai kerma udara (Ku) atau dosis ekivalen ambient Hp\*(10) atau paparan (X) yang sebenarnya (dari penunjukan AUR standar) dan nilai bacaanyang ditunjukkan oleh suatu AUR (Sita, dkk, 2018).

Kalibrasi alat ukur radiasi di instalasi KAUR dilakukan untuk menguji ketepatan nilai yang ditampilkan alat terhadap nilai sebenarnya dengan cara menyinari alat tersebut dengan sumber radiasi standar. Perbedaan nilai yang ditampilkan pada alat dengan nilai sebenarnya dinyatakan dengan faktor kalibrasi (Fk). Faktor kalibrasi (Fk) pada AUR didapatkan dari perbedaan antara laju dosis/dosis pada titik pengukuran dan laju dosis/dosis yang terbaca pada AUR sebagai berikut:

$$Fk = \frac{Ds}{Du}$$

Keterangan:

Ds = nilai laju dosis / dosis acuan (mSv)

Du = nilai laju dosis/dosis yang terbaca oleh alat ukur yang akan dikalibrasi (mSv)

Idealnya faktor kalibrasi ini bernilai satu namun pada kenyataannya tidak banyak alat ukur yang mempunyai faktor kalibrasi sama dengan satu. Nilai faktor kalibrasi yang masih dapat diterima berkisar  $1 \pm 20\%$  dengan nilai antara 0,8 - 1,2 (Lewis, dkk, 2005).

Kerma adalah besar energi kinetik awal yang dapat menyebabkan ionisasi yang diberikan pada suatu materi dengan massa tertentu. Satuannya seperti satuan dosis serap yaitu Joule/kg

atau Gy/kg. Kerma menurun secara kontinyu bersama dengan bertambahnya kedalaman dalam medium penyerap. Dosis maksimum yang terjadi pada kedalaman hampir sama dengan jangkauan maksimum partikel penyebab ionisasi utama (Knoll, K, 1989).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2023. Pada di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Makassar. Adapun alat dan bahan yang digunakan alat yang digunakan dalam pengecekan stabilitas alat, Elektrometer Farmer Dosimeter, Detektor Bilik Pengion 800 cc, Peralatan infra merah (Laser), Sumber radiasi (Cs-137), Kamera dan CCTV, Thermohyrometer, Kompresor dan Meteran. Alat yang digunakan dalam pengukuran kerma udara adalah Kalibrator IBT 121 dengan sumber radiasi Cs-137, Elektrometer Farmer Dosimeter, Detektor Bilik Pengion 800 cc, Peralatan infra merah (Laser), Sumber radiasi (Cs-137), Kamera dan CCTV, Kompresor Dan Meteran. Bahan yang digunakan dalam pengecekan stabilitas dan pengukuran kerma udara adalah sebagai berikut: Lembar riwayat pemakaian alat, Plaster dan Lakban, Lembar kerja, Alat tulis.

Metode kerja pada pengecekan stabilitas, menghubungkan detektor dengan Elektrometer Farmer Dosimeter, mengecek Tekanan (P), Temperatur (T), Kelembaban Udara (K), Correction Faktor (CF) dan set time, memilih pada layar "Measurement Set Up", memilih Dose, masukkan nilai input dose rate range : 1, masukkan auto set time : 250 detik, masukkan dose rayte time constant : 5, masukkan trip level, kembali ke menu "Correction Factor, masukkan suhu ruangan Irradiator, masukkan tekanan ruangan irradiator, masukkan energy CF : 1,000, masukkan user CF: 1,000, Memilih menu "measurement" untuk melakukan pengukuran, melakukan pengukuran dengan cara tekan reset, melakukan pengukuran sebanyak 5 kali, catat nilai yang terbaca pada lembar kerja, menghitung rerata bacaan alat, menghitung % deviasi pembacaan alat dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Deviasi} = (\text{BC} - \text{BA}) / \text{BA} \times 100 \%$$

Dimana :

BC = Rerata Bacaan x e

BA = Bacaan Acuan

e = Peluruhan e  $(0,693/T^{1/2}) t$

Melihat alat dinyatakan stabil jika penyimpangan  $\leq 1\%$

Metode kerja pengukuran kerma udara, menghubungkan detektor dengan Elektrometer Farmer Dosimeter, menempatkan detektor tegak dengan sumber radiasi Check Source (Cs-137) pada jarak 200 cm, mengecek Tekanan (P), Temperatur (T), Kelembaban Udara (K), Correction Faktor (CF) dan Set

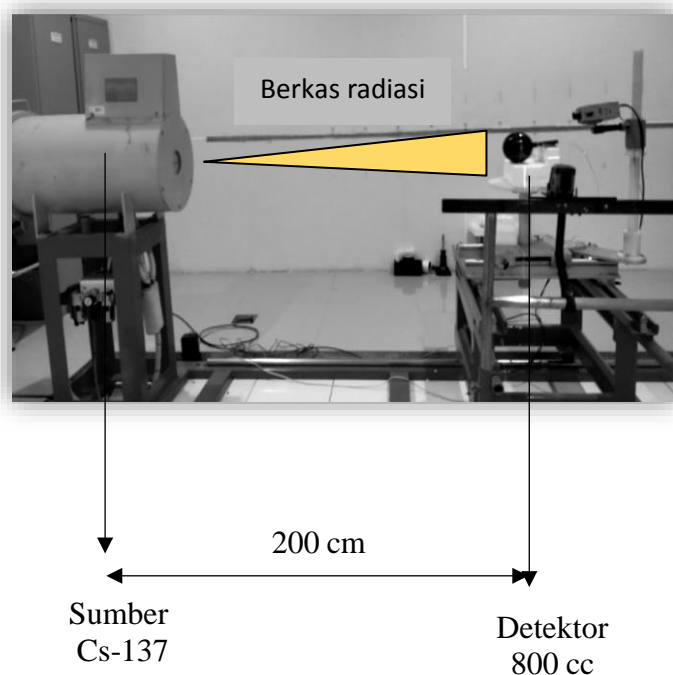
Time, memilih menu “Measurement Set Up” untuk melakukan pengukuran, Pilih Dose, masukkan nilai input dose rate range :1 , Masukkan auto set time : 60 detik, Masukkan dose rayte time constant : 5, masukkan trip level, memilih menu “measurement” untuk melakukan pengukuran, mengatur time kalibrator IBT 121 dengan sumber radiasi Cs-137 dan pada electrometer farmer selama 250 detik, menekan tombol “Start” bersamaan pada electrometer farmer dan pada kalibrator IBT 121 dengan sumber radiasi Cs-137 untuk memulai pengukuran, (jika waktu yang disetting pada auto set time selesai, maka pengukuran secara otomatis berhenti). Catat nilai yang terbaca pada lembar kerja, Melakukan pengukuran dengan cara tekan reset/Star. Melakukan pengukuran sebanyak 3 kali pada tiap absorbed (Abs 1) dan tanpa absorbed, catat nilai yang terbaca pada lembar kerja, Menghitung rerata bacaan alat, Menghitung laju kerma udara pada tiap absorbed (Abs 1 ) dan tanpa absorbed dengan menggunakan rumus:

$$KU = \text{Bacaan Rerata} \times NK$$

Dimana:

NK= Faktor Kalibrasi kerma udara Farmer Dosimeter

Lihat gambar



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Pengecekan Stabilitas

#### I. IDENTITAS ALAT UKUR RADIASI

- a. Nama elektrometer : Farmer Dosimeter
- b. Merk : Supermax
- c. Model/Type : Supermax Ref 90018/ P142931
- d. Jenis Detektor : Bilik Pengion
- e. Volume Detektor : 800 cc
- f. Model/SN Deektor : A6 / XQ202020
- g. Tanggal Pengukuran : 2 Februari 2023

#### II. DATA SUMBER PENGECEK

- a. Sumber Pengecek : Irradiator
- b. Model/ SN Sumber Pengecek : IBT 121
- c. Waktu Paro (T<sub>1/2</sub>) : 30,23 tahun (11033,95 hari)
- d. Umur (t) : 125 hari
- e. Bacaan Acuan (Ba) : 42.69 nC

Pada tanggal 01 Oktober 2022

untuk waktu 250 second

#### III DATA KONDISI RUANGAN

- a. P (Tekanan) : 1005.5 mbar
- b. T (Suhu) : 21.3 °c
- c. K (Kelembaban Udara) : 72.9 %

#### IV. PENGUKURAN ZERO DRIFT (detektor dihubungkan dengan Farmer Dosimeter)

No	Waktu ( s )	Bacaan (nC )
1	250	0.008
2	250	0.022
3	250	0.030
4	250	0.020
5	250	0.030
Rata-Rata (X)		0.022

V. PENGECEKAN STABILITAS ALAT UKUR RADIASI

( Detektor dihubungkan dengan Check Source )


Waktu ( s ) = 250

No	Bacaan (B) (nC)	$B_c = B \times e^{(0.693/T_{1/2}) \cdot t}$	% Deviasi
1	42.22	42.36	0.42
2	42.22		
3	42.17		
4	42.19		
5	42.21		
x	42.18		

t adalah waktu dari saat bacaan acuan dibuat sampai dengan saat Cek stabilitas (dalam hari)

$$\% \text{ Deviasi} = \left| \frac{B_c - B}{B} \right| \times 100 \% = \boxed{0.42}$$

%Deviasi ≤ 1% berarti alat stabil

KESIMPULAN :	STABIL	TIDAK STABIL
		

## Data Pengukuran Kerma Udara

### I. IDENTITAS PESAWAT

- a. Nama Pesawat : Irradiator
- b. Model/ type : IBT 121
- c. Buatan Pabrik : Indonesia/ BATAN
- d. Sumbe Radiasi : Cs- 137
- e. tanggal Pengukuran : tanggal 2,3 dan 6 Februari

### II. DATA ALAT UKUR RADIASI

- a. Jenis Detector : Bilik Pengion
- b. Volume Detector : 800 cc
- c. Model/SN Detector : A6/XQ202020
- d. Merk Elektrometer : Supermax
- e. Model/SN Elektrometer : Supermax Ref 90018/P142931

### III. PENGUKURAN RADIASI BACKGROUND

- Jarak Detector dengan sumber (SSD) = 100 cm - 350cm
- Waktu 60

No	Jarak (cm)	Background (pC)			Rerata (pC)	Rerata (nC)	Laju Kerma Udara	
		1	2	3			( $\mu$ Gy/h)	(mGy/h)
1	100	0.005	0.002	0.003	0.003	0.000003	0.008	0.000
2	125	0.011	0.005	0.006	0.007	0.000007	0.017	0.000
3	150	0.005	0.004	0.004	0.004	0.000004	0.010	0.000
4	175	0.005	0.006	0.006	0.006	0.000006	0.013	0.000
5	200	0.004	0.011	0.015	0.010	0.000010	0.023	0.000
6	225	0.009	0.014	0.01	0.011	0.000011	0.025	0.000



7	250	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000001	0.003	0.000
8	275	0.006	0.002	0.001	0.003	0.000003	0.007	0.000
9	300	0.008	0.008	0.003	0.006	0.000006	0.015	0.000
10	325	0.002	0.008	0.014	0.008	0.000008	0.018	0.000
11	350	0.001	0.001	0.004	0.002	0.000002	0.005	0.000

**IV. PENGUKURAN LAJU KERMA UDARA**

- Detector disinari di udara
- Waktu ( Pesawat ) : 60s
- Kondisi Ruang Irradiator  
 $P = 1005,5 \text{ mBar} - 1010,1 \text{ mBar}$   
 $T = 19,7 \text{ }^\circ\text{C} - 21,3 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $K = 59,8\% - 72,9\%$

$N_k = 38.30 \text{ (mGy/nC)}$       Massa Berlaku Kalibrasi Mulai 27 Juli 2022

No	SSD (cm)	Bacaan x $K_{PT}$			Satuan	Bacaan Rerata (M) (nC)	M - BG (nC)	Laju Kerma Udara ( $\mu\text{Gy/h}$ )	Laju Kerma Udara (mGy/h)	Ket
1	100	<b>10.120</b>	<b>10.120</b>	<b>10.120</b>	nC	10.120	10.120	23255.75	23.256	Tanpa Abs
2	125	<b>6.498</b>	<b>6.497</b>	<b>6.500</b>	nC	6.498	6.498	14933.15	14.933	Tanpa Abs
3	150	<b>4.509</b>	<b>4.508</b>	<b>4.511</b>	nC	4.509	4.509	10362.44	10.362	Tanpa Abs
4	175	<b>3.309</b>	<b>3.308</b>	<b>3.307</b>	nC	3.308	3.308	7601.77	7.602	Tanpa Abs
5	200	<b>2.534</b>	<b>2.537</b>	<b>2.539</b>	nC	2.537	2.537	5829.24	5.829	Tanpa Abs
6	225	<b>1.996</b>	<b>1.998</b>	<b>2.000</b>	nC	1.998	1.998	4591.38	4.591	Tanpa Abs
7	250	<b>1.622</b>	<b>1.629</b>	<b>1.623</b>	nC	1.625	1.625	3733.48	3.733	Tanpa Abs
8	275	<b>1.343</b>	<b>1.346</b>	<b>1.350</b>	nC	1.346	1.346	3093.87	3.094	Tanpa Abs
9	300	<b>1.125</b>	<b>1.124</b>	<b>1.123</b>	nC	0.001	0.001	2.57	0.003	Tanpa Abs

10	325	<b>0.941</b>	<b>0.938</b>	<b>0.944</b>	nC	0.001	0.001	2.14	0.002	Tanpa Abs
11	350	<b>0.817</b>	<b>0.820</b>	<b>0.820</b>	nC	0.001	0.001	1.88	0.002	Tanpa Abs

No	SSD (cm)	Bacaan x K <sub>PT</sub>			Satuan	Bacaan Rerata (M) (nC)	M-BG (nC)	Laju Kerma Udara (μGy/h)	Laju Kerma Udara (mGy/h)	Ket
1	100	<b>0.929</b>	<b>0.922</b>	<b>0.921</b>	Nc	0.924	0.924	2123.34	2.1233	Abs-1
2	125	<b>0.579</b>	<b>0.579</b>	<b>0.575</b>	nC	0.578	0.578	1327.46	1.3275	Abs-1
3	150	<b>0.406</b>	<b>0.405</b>	<b>0.399</b>	Nc	0.403	0.403	926.85	0.9269	Abs-1
4	175	<b>0.297</b>	<b>0.298</b>	<b>0.299</b>	Nc	0.298	0.298	684.79	0.6848	Abs-1
5	200	<b>0.215</b>	<b>0.214</b>	<b>0.213</b>	nC	0.214	0.214	491.75	0.4917	Abs-1
6	225	<b>0.173</b>	<b>0.170</b>	<b>0.174</b>	Nc	0.172	0.172	396.00	0.3960	Abs-1
7	250	<b>0.151</b>	<b>0.154</b>	<b>0.155</b>	Nc	0.153	0.153	352.36	0.3524	Abs-1
8	275	<b>0.125</b>	<b>0.124</b>	<b>0.127</b>	nC	0.125	0.125	288.01	0.2880	Abs-1
9	300	<b>0.097</b>	<b>0.098</b>	<b>0.100</b>	nC	0.098	0.098	225.96	0.2260	Abs-1
10	325	<b>0.078</b>	<b>0.072</b>	<b>0.069</b>	Nc	0.073	0.073	167.74	0.1677	Abs-1
11	350	<b>0.071</b>	<b>0.071</b>	<b>0.069</b>	Nc	0.070	0.070	161.62	0.1616	Abs-1

**Analisis Data**

(Menggunakan absorbed 1 pada jarak 200 cm)

Diketahui: M =

$$0,214t = 1$$

$$Nk = 38,3$$

Ditanyakan laju kerma udara= ....?

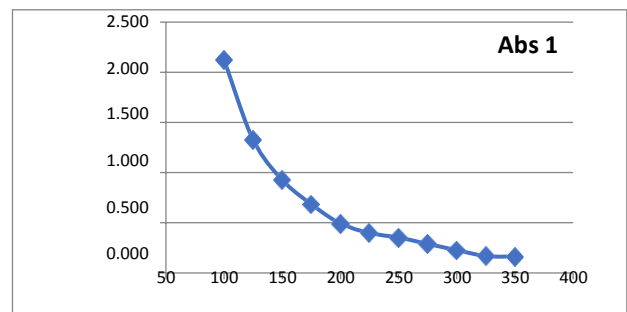
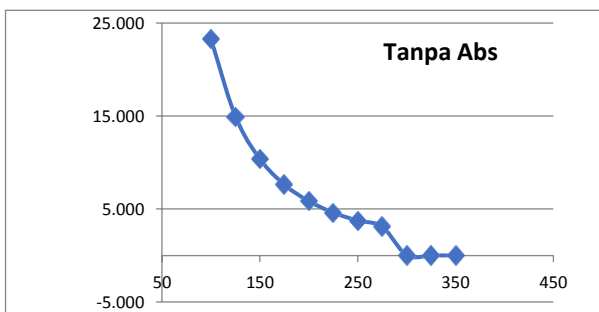
Penyelesaian:

$$(M/t) \times Nk \times 60$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,214 /_1) 38,3 \times 60 \\
 &= (0,214)2.298 \\
 &= 491,75 \mu\text{Gy/h} \rightarrow \mathbf{0,491 \text{ mGy/h}}
 \end{aligned}$$

**I. Grafik**

**Grafik Laju Kerma Udara terhadap Variasi Jarak**



**Pembahasan**

Pengamatan kali ini dilakukan 2 penelitian yang berbeda, diantaranya pengecekan stabilitas dan pengukuran kerma udara. Penelitian ini memerlukan alat Farmer dosimeter dan detektor jenis bilik pengion dengan volume 800 cc sebagai alat bantu nya,

Pada penelitian cek stabilitas kami mengambil lima data secara berurutan dalam jangka waktu 250 second setiap datanya, diperoleh nilai rata-rata dari hasil bacaan tersebut 42,18 nC, nilai BC yang dihitung adalah 42,36 nC. Sehingga diperoleh nilai % deviasinya sebesar 0,42 %.

Penelitian selanjutnya adalah pengukuran kerma udara, kami melakukan pengukuran kerma udara ini dari 11 titik dengan jarak yang berbeda-beda dari sumber radiasi. Jarak yang kami gunakan bervariasi diantaranya 100 cm, 125 cm, 150 cm, 175 cm, 200 cm, 225 cm, 250 cm, 275 cm, 300 cm, 325 cm dan jarak 350 cm. data kami pun ada yang menggunakan absorbed dan tanpa menggunakan absorbed, absorbed nya pun beragam diantaranya absorbed 1. Sebagai contoh analisis datanya kami mengambil data pengukuran yang menggunakan jarak 200 cm dengan menggunakan absorbed 1, nilai laju kerma yang diperoleh yaitu 0,491 mGy/h.

Berdasarkan hasil data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa nilai yang dianalisis dari cek stabilitas yang dilakukan terbaca stabil karena memenuhi standar yang ditetapkan yaitu % Deviasi ≤ 1%. Sehingga pada saat pengukuran kerma udara diperoleh nilai yang stabil, semakin jauh jarak antara detektor dari sumber radiasi, maka nilai keluaran

yang terbacapun semakin kecil, begitupun ketika menggunakan variasi absorbed, semakin tebal absorbed yang digunakan maka nilai keluarannya pun semakin kecil.

## SIMPULAN

Berdasarkan beberapa kali uji diatas maka dapat disimpulkan bahwa kestabilan adalah perihal yang bersifat stabil. Uji stabilitas merupakan kegiatan melihat, memantau, menguji parameter kualitas dan dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu produk untuk bertahan dalam batas spesifikasi yang ditetapkan sepanjang periode penyimpanan dan penggunaan.

Uji stabilitas dilakukan untuk menjamin identitas, kekuatan dan kualitas produk yang telah diluluskan, sehingga aman untuk digunakan. Berdasarkan hasil uji stabilitas dapat diketahui pengaruh faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban dan tekanan terhadap parameter-parameter stabilitas seperti sumber radiasi Cesium-137. Uji stabilitas juga bertujuan agar pada saat pengukuran laju KERMA udara didapatkan hasil yang maksimal dan sesuai dengan standar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiantari, C. T., & Firmansyah, A. F. (2015). In Prosiding Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir (pp. 102–106). Jakarta.
- IAEA. (2000). IAEA SRS-16: *Safety Report Series Calibration of Radiation Protection Monitoring Instrument*.
- Knoll, K., 1989, Fisika Modern Erlangga, Jakarta.
- Kusumadewi, K. D., Syaifudin, & Indrato. 2020. *DPM Dua Mode Dilengkapi Thermohygrometer dan Pemilihan Tekanan (Positive Pressure)* | Jurnal Teknokes.
- Sita, Purjawati. 2018. *Analisis Hasil Kalibrasi Surveymeter Menggunakan Sumber<sup>137</sup>cs Terkolimasi Dan Panoramik*. Batan.
- V. Lewis, M.J. Woods, P. Burges, S. Green, J. Simpson and J.Wardle. 2005. *Measurement Good Practice Guide No. 49, The Assessment of Uncertainty in Radiological Calibration and Testing*, National Physical Laboratory, UK.
- Vienna. 2000. *International Atomic Energy Agency, Calibration Of Radiation Protection Monitoring Instruments*, Safety Series No. 16, IAEA.
- Z. Alatas, "Buku Pintar Nuklir", BATAN, Jakarta, 2009.