

KOMPARASI PENGUKURAN LAJU KERMA UDARA PESAWAT OB-85 MENGUNAKAN ALAT UKUR RADIASI STANDAR SEKUNDER DAN STANDAR TURUNANNYA

Nazaroh¹ dan Fendinugroho²

^{1,2} PTKMR - BATAN

e-mail: nazaroh_s@batan.go.id, fendinug@batan.go.id

Diajukan: 18 Februari 2010; Dinilai: 18 Februari 2010; Diterima: 27 April 2010

Abstrak

Pengukuran Laju kerma udara pesawat OB-85 telah dilakukan dengan menggunakan alat ukur radiasi standar sekunder dan standar turunannya pada berbagai kondisi pengukuran. Tujuan pengukuran ini adalah untuk memperoleh data pengukuran laju kerma udara dari 3 alat standar yang berbeda dan untuk mengetahui konsistensi dan kinerja alat standar apakah standar turunannya layak /dapat digunakan sebagai standar baru. Standar sekunder yang digunakan untuk pengukuran kerma udara adalah *calibrated ionization chamber* 600 cc/NE 2575/#135 yang dirangkai dengan dosimeter Farmer NE 2570/1B#1319 yang tertelusur ke BIPM via IAEA dan alat standar turunannya adalah *calibrated ionization chamber* 600 cc, NE 2575/135, yang dirangkai dengan elektrometer Keithley 6487/#1123640 dan *calibrated ionization chamber* RIC DRM 201-1 volume 400 cc yang dirangkai dengan elektrometer Aloka. Adapun faktor kalibrasi kerma udara, N_k untuk ketiga alat standar tersebut adalah $(51,3 \pm 0,2) \mu\text{Gy/nC}$ (Farmer), $(51,1 \pm 0,3) \mu\text{Gy/nC}$ (Keithley) dan $(7,68 \pm 0,2) \mu\text{Gy/mR}$ (Aloka). Pengukuran kerma udara dilakukan terhadap pesawat OB-85 (^{137}Cs) buatan Buchler GmbH dengan aktivitas 740 GBq (20 Ci) pada tanggal acuan: Mei 1985. Alat ukur radiasi standar tersebut diuji stabilitasnya menggunakan *check source*, Sr/Y-90 setiap bulan. Hasil regresi laju kerma udara ketiga alat standar tersebut cukup baik dengan koefisien korelasi mendekati 1. Perbedaan hasil pengukuran kerma udara dan regresinya untuk Farmer berkisar antara (0 - 2,2)% untuk kondisi pengukuran tanpa absorber (TA), (-2,1 - 2,2)% untuk absorber (A1), (-5,3 - 2,9) % untuk absorber (A2) dan (-19,5 - 9,8)% untuk absorber (A1+A2), sedangkan untuk Keithley berkisar antara (-1,3 - 1,5) % untuk (TA), (-4,4 - 2,8) % untuk (A1), (-3,7 - 1,3)% untuk (A2) dan (-16,8 - 6,3) % untuk (A1+A2), dan untuk Aloka berkisar antara (-2,4 - 3,6)% untuk tanpa absorber (TA), (-0,5 - 0,3)% untuk absorber (A1), (-0,1 - 1,0) % untuk absorber (A2) dan (-6,6 - 9,2)% untuk absorber (A1+A2). Perbandingan hasil pengukuran kerma udara menggunakan Aloka (A) dan Keithley (K) dengan dosimeter Farmer (F) pada umumnya cukup baik, dengan perbedaan di bawah 5%, namun pada kondisi pengukuran menggunakan Absorber A1+A2, sangat bervariasi.

Kata kunci: komparasi, laju kerma udara, standar sekunder.

Abstract

Comparison of Air Kerma Rate Measurement of OB-85 Machine Using Secondary Standard Instrument and its Derivation

The measurement of air kerma rate of OB-85 machine using secondary standard instrument and its derivation were done at variation of distances. The aim of this measurement is to obtain data of air kerma rate measurement from 3 different standard instruments and to know the consistency of the measurement of standard instruments, as well as to see the performance of the 3 kinds of the standards so that the derivation of the standards can be used as a new standard. The secondary standard used to measure air kerma rate was calibrated ionization chamber of 600 cc, NE 2575 /#135 connected with Farmer dosimeter NE 2570/1B#1319 which was directly traceable to BIPM via IAEA, and derivation of the standard was ionization chamber of 600 cc, NE 2575/#135 which was connected with electrometer Keithley 6487/# 1123640 and calibrated ionization chamber RIC DRM 201-1 of 400 cc which was connected with Aloka electrometer. The calibration factor of air kerma rate, N_k for the 3 standards were $(51.3 \pm 0.2) \mu\text{Gy/nC}$ (Farmer), $(51.1 \pm 0.3) \mu\text{Gy/nC}$ (Keithley), and $(7.68 \pm 0.2) \mu\text{Gy/mR}$. The measurement of air kerma rate was done for OB-85 machine (^{137}Cs) made in Buchler GmbH, with the activity of 740 GBq (20 Ci) at reference time May, 1985. The standards were checked by using Sr/Y-90 every month. The regression result of air kerma rate measured by the standards were good, with correlation coefficient close to 1. The difference between the result of air kerma rate and the regression for Farmer was (0 - 2.2)% without absorber (TA); (-2.1 - 2.2)%, with absorber (A1); (-5.3 - 2.9)%, with absorber (A2); and (-19.5 - 9.8)%, with absorber (A1+A2) and for Keithley was (-1.3 - 1.5)%, without absorber (TA); (-4.4 - 2.8)%, with (A1); (-3.7 - 1.3)%, with (A2); and (-16.8 - 6.3)%, with (A1+A2); and for Aloka was : (-2.4 - 3.6)%, without absorber (TA); (-0.5 - 0.3)%, with absorber (A1); (-0.1 - 1.0)%, with absorber (A2); and (-6.6 - 9.2)%, with absorber (A1+A2). The ratio of air kerma rate measurement using Aloka (A) and Keithley (K) compared with Farmer Dosimeter in general was reasonably with the difference was below 5% but it was vary for K/F and for A/K at the condition of measurement using the absorber A1+A2.

Keywords: comparison, air kerma rate, secondary standard.

1. PENDAHULUAN

Seperti telah kita ketahui bersama bahwa pemanfaatan tenaga nuklir telah meluas ke berbagai bidang, misalnya di bidang kesehatan (untuk diagnosis, terapi, brakhiterapi dan kedokteran nuklir), di bidang riset (untuk pertanian, peternakan), di bidang industri (untuk *logging*, kontrol mutu produk) dan lain-lain. Dengan semakin meluasnya pemanfaatan tenaga nuklir, semakin banyak diperlukan alat ukur radiasi (AUR) untuk memenuhi kebutuhan bidang tersebut dan untuk tujuan proteksi, memonitor *area* di tempat kerja. AUR yang diperlukan untuk keperluan proteksi ada yang *portable* maupun yang terpasang tetap. Perlengkapan AUR merupakan salah satu persyaratan proteksi yang harus dipenuhi dalam memperoleh perizinan dalam pemanfaatan sumber radiasi dari BAPETEN [1,2].

Yang dimaksud dengan Alat Ukur Radiasi (AUR) menurut Peraturan Kepala (PERKA) BAPETEN No.1/2006 adalah alat yang menunjukkan nilai paparan, laju paparan, aktivitas, laju cacah, dosis atau laju dosis dalam medan radiasi [1]. Untuk memperoleh harmonisasi dalam pengukuran radiasi, AUR harus dikalibrasi setiap tahun berdasarkan PERKA BAPETEN tersebut.

Dengan semakin banyaknya AUR yang harus dikalibrasi, kini beberapa institusi pemerintah (di BATAN dan di luar BATAN) tertarik ingin mendirikan fasilitas kalibrasi. Dengan pertimbangan tersebut, dipandang perlu oleh BAPETEN untuk membuka kesempatan bagi institusi yang berminat memberikan pelayanan kalibrasi AUR.

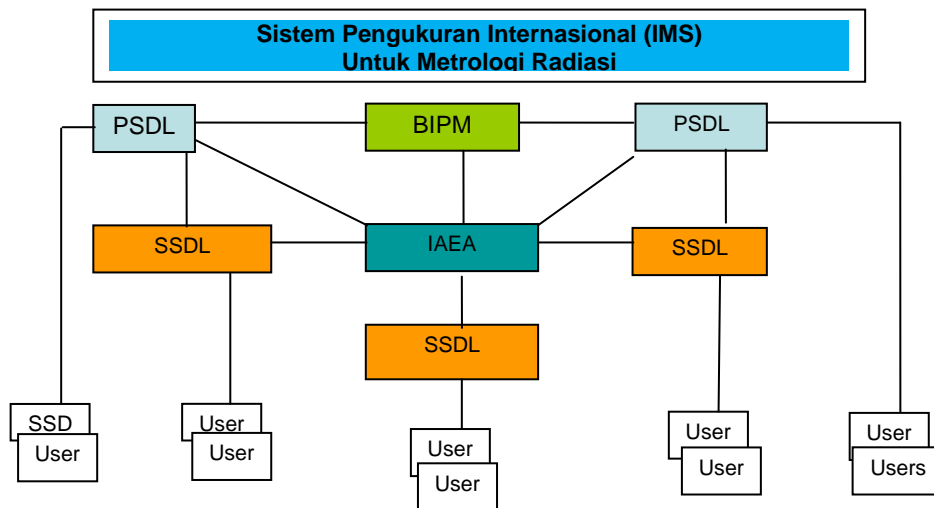
Hal yang perlu diperhatikan dalam pendirian fasilitas kalibrasi antara lain pemenuhan persyaratan teknis, persyaratan manajemen dan persyaratan proteksi. Salah satu persyaratan teknis yang harus dipenuhi yaitu diperlukannya alat ukur radiasi standar yang tepat untuk kegiatan kalibrasi. Alat standar bermacam-macam tingkatannya, ada alat ukur radiasi standar primer, standar sekunder, standar tersier, standar nasional dan standar kerja. Definisi alat standar dan laboratorium standar disajikan pada Tabel 1 [3.4].

PTKMR sebagai *Secondary Standard Dosimetry Laboratory* (SSDL- Jakarta), memiliki peran dan tugas yang penting dan strategis, antara lain menjaga ketertelusuran AUR standar ke satuan SI, memberikan layanan kalibrasi AUR standar tingkat proteksi, diagnostik (baru direncanakan) dan terapi, berpartisipasi dalam interkomparasi dan audit mutu internasional secara berkala yang diselenggarakan oleh IAEA dan APMP, memberikan laporan tahunan ke IAEA, sebagai koordinator interkomparasi tingkat nasional untuk tingkat proteksi dan terapi, memberikan pelatihan pada pelanggan dan menerbitkan metode dosimetri .

Mulanya SSDL-IAEA ditetapkan hanya untuk menyediakan kalibrasi tingkat radioterapi, namun sekarang lingkup kerjanya diperluas. Kini SSDL-IAEA menyediakan ketertelusuran untuk pengukuran dosimetri proteksi radiasi, radiologi diagnostik, radioterapi, dan industri. Beberapa SSDL dengan tenaga ahli dan fasilitas yang memadai telah melaksanakan audit mutu yaitu dengan menyediakan dosimeter postal untuk komparasi dosis bagi institusi medik atau audit dosimetri *on-site* dengan *ionization chamber* dan peralatan lain yang sesuai [3].

Seperti telah kita ketahui bersama bahwa tujuan dibentuknya jejaring kerja IAEA/WHO – SSDL yang dirancang oleh negara-negara anggotanya adalah agar tersedia suatu *link* langsung (standar dosimetri nasional) ke sistem pengukuran internasional (SI). Jejaring tersebut telah membuktikan suatu perbaikan nilai kapabilitas nasional untuk kalibrasi alat dan meningkatkan kesadaran akan perlunya keakuratan dan ketertelusuran yang lebih baik [3].

Untuk menjamin bahwa layanan yang disediakan oleh anggota SSDL ke *end-user* mengikuti standar yang diterima secara internasional, IAEA dan APMP telah merancang program komparasi menggunakan *ionization chamber*. Dengan cara ini, laboratorium tersebut memeriksa integritas standar internasional mereka dan prosedur yang digunakan untuk transfer standar ke *end-user* [3,4]. Pada Gambar 1 disajikan hierarki sistem pengukuran internasional untuk metrologi.



Gambar 1 Hierarki Sistem Pengukuran Internasional untuk Metrologi Radiasi [3,4]

Pada makalah ini disajikan komparasi kinerja alat standar sekunder dan turunannya untuk pengukuran laju kerma udara pesawat OB-85. Tujuan dari komparasi ini adalah untuk memperoleh data pengukuran kerma udara dari 3 alat standar yang berbeda dan untuk

mengetahui akurasi alat standar tersebut. Disamping itu untuk melihat konsistensi /kinerja alat tersebut, sehingga alat standar turunan layak/ dapat digunakan sebagai standar baru.

Tabel 1 Klasifikasi AUR Standar dan Laboratorium Standar [3,4]

Klasifikasi AUR Standar	Laboratorium Standar
<p>Standar Primer: Alat ukur radiasi absolut yang memiliki kualitas metrologi tertinggi dapat menentukan besaran dari definisinya. Keakuratannya telah dibuktikan dengan uji banding dengan standar yang sejenis dari institusi lain yang berpartisipasi dalam sistem pengukuran internasional.</p>	<p>Primary Standard Dosimetry Laboratory (PSDL)/ Laboratorium Dosimetri Standar Primer (LDSP) adalah laboratorium yang mengembangkan, memelihara, dan meningkatkan standar primer dalam bidang dosimetri yang sesuai. Biasanya PSDL merupakan laboratorium nasional di suatu negara. PSDL berpartisipasi dalam uji banding sistem pengukuran internasional yang dikoordinir oleh BIPM (Perancis) dan memberikan pelayanan kalibrasi Alat Ukur Radiasi (AUR) standar sekunder.</p>
<p>AUR Standar Sekunder: Alat Ukur Radiasi (AUR) yang dikalibrasi dengan AUR standar primer memiliki presisi dan stabilitas jangka panjang.</p>	<p>Secondary Standard Dosimetry Laboratory (SSDL)/ Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS) adalah laboratorium yang memiliki sekurang-kurangnya satu standar sekunder yang telah dikalibrasi terhadap standar primer. SSDL mampu mengoperasikan dan memelihara AUR standar dan/atau sumber standar sekunder dan memberikan layanan kalibrasi.</p>
<p>AUR Standard Nasional: AUR yang dianggap memiliki kualitas metrologi tertinggi di suatu negara dikalibrasi di laboratorium standar primer (PSDL/SSDL).</p>	<p>Tertiary Standard Dosimetry Laboratory (TSDL)/ Laboratorium Dosimetri Standar Tersier (LDST) adalah laboratorium dosimetri yang mampu mengoperasikan dan memelihara AUR dan/atau sumber standar tersier.</p>
<p>AUR Standar Tersier: AUR yang dikalibrasi dengan standar sekunder.</p>	
<p>Standar Kerja : AUR standar yang digunakan untuk pengukuran/kalibrasi rutin di tempat kerja.</p>	

2. TEORI

Kerma udara, K [5, 6, 7] menurut definisi adalah jumlah energi kinetik awal semua partikel pengion bermuatan yang dibebaskan oleh partikel tak bermuatan pada suatu bahan dengan masa dm . Satuannya Gy atau $\square Gy$.

$$K = dE_{tr}/dm \dots\dots\dots 1)$$

Untuk pengukuran Kerma udara, K pada suatu titik acuan di udara untuk kualitas berkas acuan, Q_o adalah:

$$K = (M_{Qo} - M_o) \cdot N_{k,Qo} \dots\dots\dots 2)$$

M_{Qo} : Bacaan dosimeter di bawah kondisi acuan yang digunakan pada laboratorium Standar.

M_o : Bacaan dosimeter dalam keadaan tidak ada berkas radiasi.

$N_{k,Q}$: Koefisien kalibrasi dosimeter kerma udara yang diperoleh di laboratorium Standar.

Koefisien kalibrasi mengacu ke kondisi acuan yang digunakan pada laboratorium tersebut dan ini merupakan perbandingan dari nilai benar konvensional dari besaran yang diukur terhadap nilai yang ditunjukkan. Kondisi acuan adalah kondisi pada satu set nilai acuan dari besaran yang mempengaruhi, dimana koefisien kalibrasi tersebut berlaku atau sah tanpa koreksi lagi. Besaran yang mempengaruhi pengukuran kerma udara adalah:

- yang timbul dari alam yang berbeda: tekanan dan temperatur
- yang timbul dari dosimeter: kebocoran, *warm-up*
- yang timbul dari medan radiasi: kualitas berkas, laju dosis, ukuran lapangan, keberadaan radiasi hamburan.

Besaran yang mempengaruhi didefinisikan sebagai besaran yang bukan pokok pengukuran tetapi mempengaruhi hasil pengukuran. Besaran yang mempengaruhi mungkin mempunyai efek yang berbeda pada tipe dosimeter yang berbeda. Contoh respon dosimeter dengan detektor semikonduktor biasanya tidak dipengaruhi oleh perubahan tekanan sedangkan kamar ionisasi dipengaruhi tekanan. Selama pengukuran usahakan besaran yang mempengaruhi dijaga/dikontrol. Jika kondisi pengukuran tidak sesuai dengan kondisi acuan yang digunakan di laboratorium standar maka perlu dilakukan koreksi.

2.1 Koreksi untuk densitas udara, k_{PT}

Koreksi yang sering dipakai dalam pengukuran kerma udara adalah perubahan densitas udara akibat perubahan tekanan, P dan temperatur, T.

$$K_{PT} = \frac{(273,2+T)}{(273,2+T_0)} \left(\frac{P_0}{P}\right) \dots\dots\dots 3)$$

P_o dan T_o adalah tekanan dan temperatur acuan, $P_o = 101,3$ kPa, $T_o = 20$ °C. Untuk rentang kelembaban antara 30-80 % koreksi diabaikan.

2.2 Koreksi untuk kualitas berkas

$$K_Q = M_Q \cdot N_{k,Qo} \cdot K_{Q,Qo} \dots\dots\dots 4)$$

$K_{Q,Qo}$: faktor koreksi untuk efek perbedaan antara kualitas berkas acuan Q_o dan kualitas aktual Q selama pengukuran.

Faktor koreksi $k_{Q,Qo}$ disediakan oleh laboratorium Kalibrasi, tetapi beberapa SSDL lebih memilih mengacu ke koefisien kalibrasi $N_{k,Q}$ untuk semua kualitas berkas Q yang diukur. Untuk hal ini, $k_{Q,Qo}$ dapat dihitung:

$$k_{Q,Qo} = N_{k,Q}/N_{k,Qo} \dots\dots\dots 5)$$

3. TATA KERJA

Pengukuran kerma udara dilakukan terhadap pesawat OB-85 (^{137}Cs) 740 GBq (20 Ci) buatan Buchler GmbH pada tanggal acuan aktivitas, Mei 1985. Pengukuran dilakukan menggunakan 3 alat ukur radiasi standar yang disajikan pada Tabel 2. SDD (*Source to Detector Distance*) bervariasi pada jarak 2 m hingga 4,5 m dengan pertambahan jarak 0,25 m.

Pengukuran laju kerma udara pesawat OB-85 dilakukan pada beberapa kondisi pengukuran, yaitu tanpa absorber (TA), dengan absorber A1, A2 dan A1+A2. Absorber terbuat dari bahan Pb dengan kerapatan jenis $11,34$ g/cm³, diameter 12 cm, tebal A1=20 mm, A2=16 mm. Hasil pengukuran laju kerma udara pesawat OB-85 disajikan pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5, dan Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Untuk melihat kinerja alat standar tersebut juga dilakukan uji stabilitas menggunakan *check source*, Sr/Y-90. Uji stabilitas disajikan pada Tabel 6. Kinerja ketiga alat standar saling diperbandingkan. Dari hasil evaluasi tersebut diperoleh hasil seperti yang tersaji pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9 dan Tabel 10.

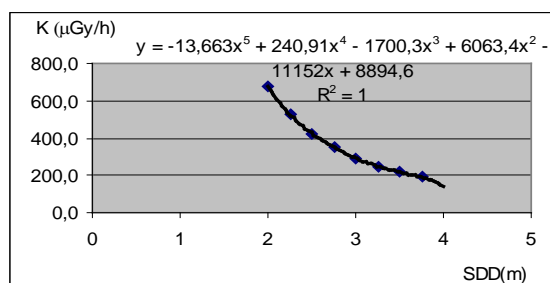
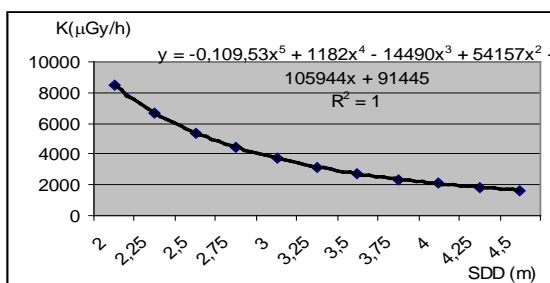
Tabel 2. Alat Ukur Radiasi standar PTKMR-BATAN yang Digunakan untuk Pengukuran Kerma Udara

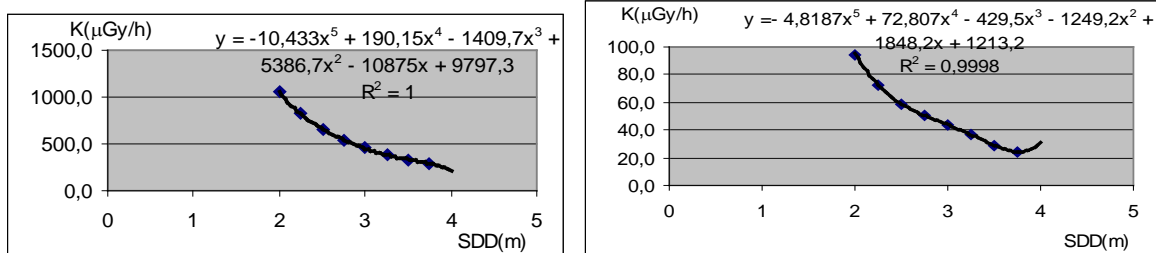
AUR Standar	Nk	Dikalibrasi
Dosimeter Farmer 2570/1319 + detektor IC 600 cc/NE 2575/135	$(51, \pm 0,2) \square \text{Gy/nC}$	IAEA Tgl. Sertifikat: Des 2007) Dinormalisir ke P & T acuan (1013 mbar/20°C)
Keithley 6487/1123640 + Detektor IC 600 cc/ NE 2575/135	$(51,1 \pm 0,3) \square \text{Gy/nC}$	LMR-N Tgl. Sertifikat 17 Apr. 2008 Kondisi kalibrasi: 1003 mbar/19°C/ 61% ($k_{PT} = 1,0065$)
ALOKA + detektor IC 400cc	$(7,68 \pm 0,2) \square \text{Gy/mR}$	LMR-N (Tgl. Sertifikat: 30 Sept. 2009 Kondisi kalibrasi: 1005 mbar /21°C/ 53% ($k_{PT} = 1,012$)

Tabel 3 Hasil Pengukuran Kerma Udara Pesawat OB-85 Menggunakan *Calibrated IC 600 cc* yang Dirangkai dengan Dosimeter Farmer 2570/1319 dan Hasil Analisa Regressinya. (Tanggal acuan: 4 April 2009)

SDD	TA	TA	Delta	A1	A1	Delta	A2	A2	Delta	A1+A2	A1+A2	Delta
m	Penguk.	Regr	%	Penguk.	Regr	%	Penguk.	Regr	%	Penguk.	Regr	%
2,00	8475	8472,0	0,0	673,7	659,1	2,2	1055,8	1025,0	2,9	94,8	88,3	6,8
2,25	6673	6671,1	0,0	527,9	517,5	2,0	819,5	813,1	0,8	72,9	74,6	-2,4
2,50	5395	5385,6	0,2	422,9	419,9	0,7	659,1	659,0	0,0	58,3	62,7	-7,5
2,75	4442	4441,5	0,0	350,0	349,3	0,2	542,5	544,7	-0,4	51,0	51,5	-1,0
3,00	3739	3722,2	0,4	291,7	294,7	-1,0	452,1	457,6	-1,2	43,7	41,3	5,5
3,25	3167	3155,8	0,4	247,9	250,5	-1,1	379,1	389,7	-2,8	36,5	32,9	9,8
3,50	2712	2702,2	0,4	218,7	214,4	2,0	335,4	335,8	-0,1	29,2	27,1	7,0
3,75	2362	2340,0	0,9	189,6	185,6	2,1	291,7	292,9	-0,4	24,3	24,3	-0,1
4,00	2082	2054,3	1,3	160,4	163,8	-2,1	262,5	258,7	1,4	22,7	23,8	-5,1
4,25	1849	1823,1	1,4	145,8	147,2	-0,9	218,7	230,3	-5,3	19,5	23,2	-19,5
4,50	1642	1605,2	2,2	131,2	130,7	0,4	204,2	203,1	0,5	19,3	18,0	6,8

Delta = [(pengukuran – regressi) / pengukuran] x 100 %

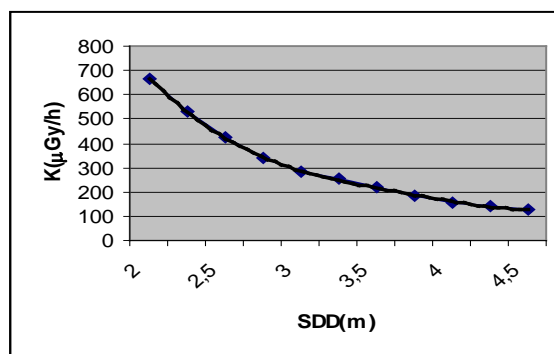
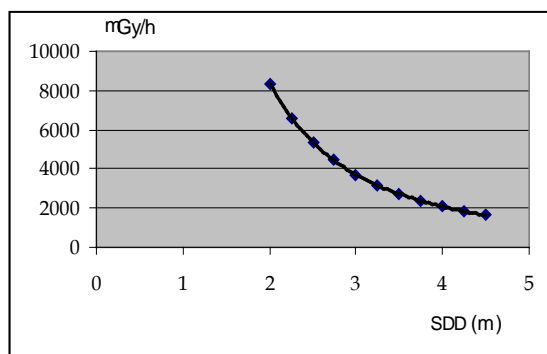


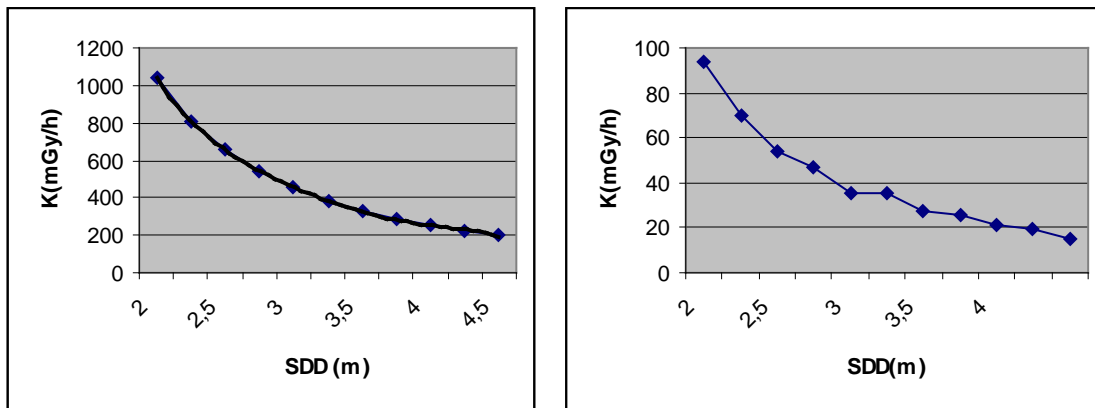


Gambar 2. Hasil Pengukuran Kerma Udara pesawat OB-85 (pada kondisi TA, A1, A2, dan A1+A2), menggunakan Alat standar *calibrated ionization chamber* 600 cc yang dirangkai dengan dosimeter Farmer 2570/1319, dievaluasi pada SDD 200-450 cm.

Tabel 4 Hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85 menggunakan calibrated IC 600 cc yang dirangkai dengan Elektrometer Keithley 6487 dan hasil analisa regressinya (Tanggal Pengukuran: 4 April 2009)

SDD	TA	TA	Delta	A1	A1	Delta	A2	A2	Delta	A1+A2	A1+A2	Delta
m	Penguk.	Regr.	%	Penguk.	Regr.	%	Penguk.	Regr.	%	Penguk.	Regr.	%
2,00	8359,7	8472,0	-1,3	668,4	659,1	1,4	1038,2	1025,0	1,3	93,7	88,3	5,7
2,25	6616,7	6671,1	-0,8	532,6	517,5	2,8	803,5	813,1	-1,2	69,5	74,6	-7,4
2,50	5349,6	5385,6	-0,7	425,8	419,9	1,4	662,3	659,0	0,5	54,1	62,7	-15,9
2,75	4434,3	4441,5	-0,2	340,2	349,3	-2,7	540,3	544,7	-0,8	46,5	51,5	-10,8
3,00	3704,9	3722,2	-0,5	284,4	294,7	-3,6	457,9	457,6	0,1	35,4	41,3	-16,7
3,25	3166,4	3155,8	0,3	252,9	250,5	0,9	381,5	389,7	-2,1	35,1	32,9	6,3
3,50	2712,1	2702,2	0,4	217,8	214,4	1,6	323,9	335,8	-3,7	27,8	27,1	2,5
3,75	2367,4	2340,0	1,2	184,8	185,6	-0,4	282,9	292,9	-3,5	25,4	24,3	4,2
4,00	2069,4	2054,3	0,7	159,2	163,8	-2,9	255,4	258,7	-1,3	21,5	23,8	-10,9
4,25	1833	1823,1	0,5	141	147,2	-4,4	225,9	230,3	-2,0	19,9	23,2	-16,8
4,50	1630,1	1605,2	1,5	128,4	130,7	-1,8	197,4	203,1	-2,9	15,4	18,0	-16,7

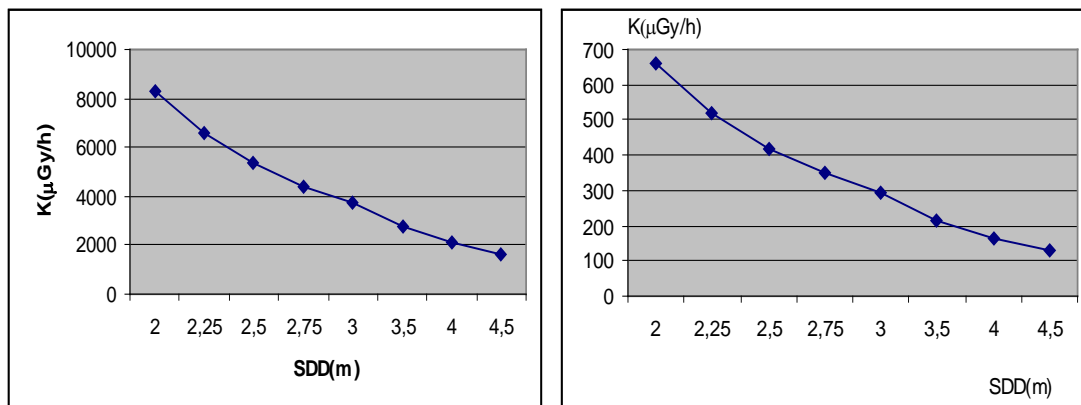


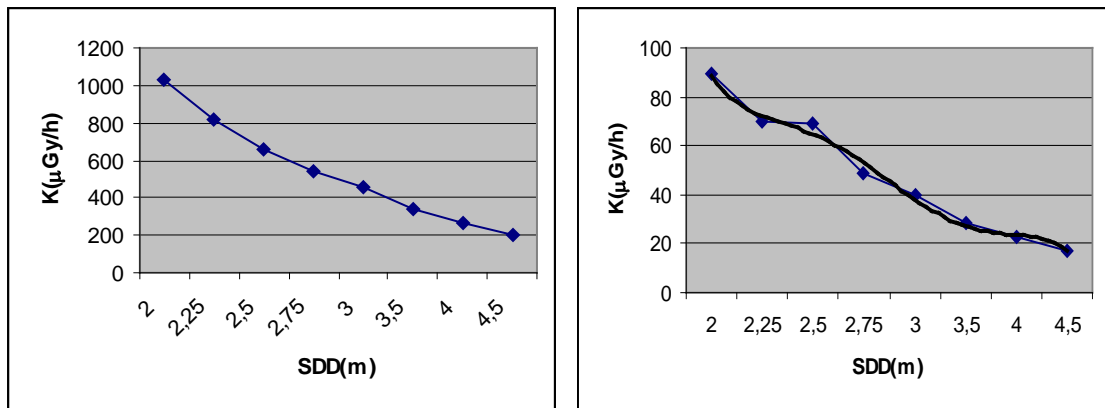


Gambar 3 Hasil Pengukuran Kerma Udara pesawat OB-85 (pada kondisi TA, A1, A2, dan A1+A2), menggunakan Alat standar *calibrated ionization chamber* 600 cc yang dirangkai dengan *electrometer Keithley*. Dievaluasi pada SDD 200-450 cm

Tabel 5. Hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85 menggunakan *calibrated IC* 400 cc yang dirangkai dengan Elektrometer Aloka dan hasil analisa regressinya
Tanggal Pengukuran: 4 April 2009

SDD	TA	TA	Delta	A1	A1	Delta	A2	A2	Delta	A1+A2	A1+A2	Delta
m	Penguk.	Regr	%	Penguk	Regr	%	Penguk	Regr	%	Penguk	Regr	%
2,00	8271,56	8472,0	-2,4	658,49	659,1	-0,1	1025,51	1025,0	0,0	89,17	88,3	1,0
2,25	6579,9	6671,1	-1,4	517,26	517,5	0,0	814,76	813,1	0,2	70,02	74,6	-6,6
2,50	5328,1	5385,6	-1,1	419,46	419,9	-0,1	658,49	659,0	-0,1	69,03	62,7	9,2
2,75	4420,29	4441,5	-0,5	347,5	349,3	-0,5	546,23	544,7	0,3	48,51	51,5	-6,2
3,00	3720,71	3722,2	0,0	295,48	294,7	0,3	458,98	457,6	0,3	39,58	41,3	-4,4
3,50	2738,67	2702,2	1,3	213,48	214,4	-0,4	336,78	335,8	0,3	28,07	27,1	3,4
4,00	2097,63	2054,3	2,1	163,77	163,8	0,0	260,45	258,7	0,7	22,66	23,8	-5,2
4,50	1664,83	1605,2	3,6	130,64	130,7	0,0	205,16	203,1	1,0	17,26	18,0	-4,1

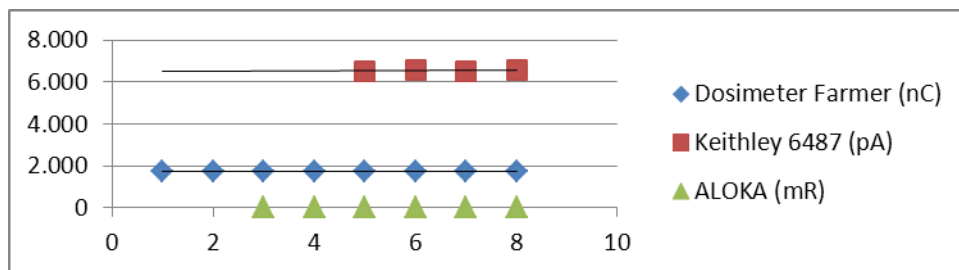




Gambar 4 Hasil Pengukuran Kerma Udara pesawat OB-85 (pada kondisi TA, A1, A2, dan A1+A2), menggunakan alat standar *calibrated ionization chamber* 400 cc yang dirangkai dengan *electrometer Aloka*. Dievaluasi pada SDD 200-450 cm

Tabel 6 Hasil Uji Stabilitas Ketiga Alat Standar

No	ALAT STANDAR	Maret	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept.	Nov.	Des.
1	Dosimeter Farmer (nC)	1,728	1,722	1,718	1,715	1,711	1,712	1,701	1,705
2	Keithley 6487 (pA)					6,531	6,562	6,506	6,586
3	ALOKA (mR)			280,2	279,3	278,8	278,4	278,2	277,3



Gambar 5 Stabilitas alat standar: detektor *Ionization Chamber* 600 cc + *electrometer Farmer* (nC), detektor *Ionization Chamber* 600 cc+ *electrometer Keithley* (pA) dan detektor *Ionization Chamber* 400 cc + *electrometer Aloka* (mR)

Tabel 7 Perbandingan hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85 (tanpa absorber) menggunakan ketiga alat standar

SDD	FARMER	KEITHLEY	ALOKA	K/F	A/F	F/K	A/K
m	F	K	A				
	□Gy/jam	□Gy/jam	□Gy/jam				
2,00	8475,30	8359,7	8271,56	0,99	0,98	1,01	0,99
2,25	6672,90	6616,7	6579,90	0,99	0,99	1,01	0,99
2,50	5395,49	5349,6	5328,10	0,99	0,99	1,01	1,00
2,75	4441,80	4434,3	4420,29	1,00	1,00	1,00	1,00
3,00	3738,93	3704,9	3720,71	0,99	1,00	1,01	1,00
3,25	3167,30	3166,4		1,00		1,00	

SDD	FARMER	KEITHLEY	ALOKA	K/F	A/F	F/K	A/K
m	F	K	A				
	□Gy/jam	□Gy/jam	□Gy/jam				
3,50	2712,33	2712,1	2738,67	1,00	1,01	1,00	1,01
3,75	2362,35	2367,4		1,00		1,00	
4,00	2082,37	2069,4	2097,63	0,99	1,01	1,01	1,01
4,25	1848,97	1833		0,99		1,01	
4,50	1641,98	1630,1	1664,83	0,99	1,01	1,01	1,02

Tabel 8 Perbandingan hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85 (absorber A1) menggunakan ketiga alat standar

SDD	FARMER	KEITHLEY	ALOKA	K/F	A/F	A/K
m	(F)	(K)	(A)			
2,00	673,71	668,4	658,49	0,99	0,98	0,99
2,25	527,88	532,6	517,26	1,01	0,98	0,97
2,50	422,89	425,8	419,46	1,01	0,99	0,99
2,75	349,98	340,2	347,50	0,97	0,99	1,02
3,00	291,65	284,4	295,48	0,98	1,01	1,04
3,25	247,90	252,9		1,02		
3,50	218,74	217,8	213,48	1,00	0,98	0,98
3,75	189,57	184,8		0,97		
4,00	160,41	159,2	163,77	0,99	1,02	1,03
4,25	145,83	141		0,97		
4,50	131,24	128,4	130,64	0,98	1,00	1,02

Tabel 9. Perbandingan Hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85(Absorber A2) menggunakan ketiga alat standar

SDD	FARMER	KEITHLEY	ALOKA	K/F	A/F	A/K
m	(F)	(K)	(A)			
2,00	1055,76	1038,2	1025,51	0,98	0,97	0,99
2,25	819,53	803,5	814,76	0,98	0,99	1,01
2,50	659,12	662,3	658,49	1,00	1,00	0,99
2,75	542,47	540,3	546,23	1,00	1,01	1,01
3,00	452,05	457,9	458,98	1,01	1,02	1,00
3,25	379,14	381,5		1,01		
3,50	335,39	323,9	336,78	0,97	1,00	1,04
3,75	291,65	282,9		0,97		
4,00	262,48	255,4	260,45	0,97	0,99	1,02
4,25	218,74	225,9		1,03		
4,50	204,15	197,4	205,16	0,97	1,00	1,04

Tabel 10. Perbandingan hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85(Absorber A1+A2) menggunakan ketiga alat standar

SDD	FARMER	KEITHLEY	ALOKA	K/F	A/F	A/K
m	(F)	(K)	(A)			
2,00	94,79	93,7	89,17	0,99	0,94	0,95
2,25	72,91	69,5	70,02	0,95	0,96	1,01
2,50	58,33	54,1	59,03	0,93	1,01	1,09
2,75	51,04	46,5	48,51	0,91	0,95	1,04
3,00	43,74	40,4	39,58	0,92	0,90	0,98
3,25	36,45	35,1		0,96		
3,50	29,17	27,8	28,07	0,95	0,96	1,01
3,75	24,31	25,4		1,04		
4,00	22,68	21,5	22,66	0,95	1,00	1,05
4,25	19,45	19,9		1,02		
4,50	17,28	16,4	17,26	0,95	1,00	1,12

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 3, 4 dan 5 disajikan hasil pengukuran kerma udara pesawat OB-85 menggunakan alat standar *Farmer*, *Keithley* dan *Aloka*. Hasil regresi pada kondisi pengukuran tanpa absorber (TA), menggunakan absorber A1, A2 dan A1+A2 pada jarak pengukuran 2,00 m hingga 4,50 m dengan setiap penambahan jarak 0,25 m. Umumnya perbedaan hasil pengukuran kerma dan regresinya cukup dekat, lebih kecil dari 5 %, lihat Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5. Perbedaan maksimum terjadi pada hasil pengukuran kerma menggunakan absorber A1+A2 dan hasil regresinya untuk dosimeter farmer adalah -19,1 %. Sedangkan untuk Keithley -16,8% dan untuk Aloka 9,2%.

Data pada Tabel 3 diplotkan pada Gambar 2, data pada Tabel 4 diplotkan pada Gambar 3 dan data pada Tabel 5 diplotkan pada Gambar 4. Dari masing-masing gambar tersaji persamaan regresinya sehingga dengan menggunakan persamaan tersebut kita dapat menghitung kerma udara pada jarak dan absorber yang diinginkan.

Pada Tabel 6 disajikan hasil pengecekan stabilitas ketiga alat standar. Hasil evaluasi pengecekan stabilitas ke 3 alat standar memiliki perbedaan dengan bacaan awal di bawah 1%. Ini dapat dijadikan sebagai rujukan bahwa kinerja ketiga alat itu baik dan stabil dan dapat digunakan untuk pengukuran atau alat ukur radiasi standar.

Pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9 dan Tabel 10 disajikan hasil perbandingan pengukuran kerma udara untuk ketiga alat standar. Hasil perbandingan pengukuran kerma udara untuk

ketiga alat standar tersebut pada umumnya cukup baik, dengan perbedaan di bawah 5 % pada kondisi pengukuran tanpa absorber (TA), dengan absorber A1 dan absorber A2, namun pengukuran dengan absorber A1+A2, memiliki perbedaan maksimum 9 % pada (Aloka/Keithley). Untuk memastikan besarnya perbedaan ini, perlu dilakukan pengukuran ulang pada kondisi tersebut pada waktu yang lain apakah memang hasilnya seperti itu atau memang alat tersebut kurang mampu untuk pengukuran kerma udara rendah.

5. KESIMPULAN

Dari hasil komparasi pengukuran laju kerma udara menggunakan ketiga alat standar diperoleh hasil:

1. Konsistensi atau stabilitas *Farmer*, *Keithley* dan *Aloka* cukup baik terbukti dari hasil uji stabilitas setiap bulan.
2. Perbedaan hasil pengukuran kerma udara menggunakan ketiga alat standar dan regresinya kurang dari 5% untuk kondisi pengukuran tanpa absorber (TA), menggunakan absorber A1, dan A2, kecuali untuk absorber A1+A2 lebih besar dari 5 %.
3. Koefisien korelasi hasil pengukuran dan regresi dari *Farmer*, *Keithley*, dan *Aloka* mendekati 1.
4. Aloka dapat digunakan sebagai standar baru untuk pengukuran laju kerma udara meskipun bukan alat standar sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Bapeten, Peraturan Kepala Bapeten No. 1/2006
Tentang Laboratorium Dosimetri, Kalibrasi
Alat Ukur Radiasi Dan Keluaran Sumber
Radiasi Terapi, dan Standardisasi.
- Lewis, V., Woods, M., Burgess, P., Green S.,
Simpson J., And Wardle, J, (2003),
Measurement Good Practice Guide No 49,
The Assessment of Uncertainty in
Radiological Calibration and Testing, ISSN
: 1368-6550, NPL-UK.
- International atomic energy agency, (1996),
International Basic Safety Standards for
Protection against Ionizing Radiation and
for the Safety of Radiation Sources, Safety
Series No. 115, Vienna
- International atomic energy agency, (2000),
Calibration of Radiation Protection
Monitoring Instruments, Safety Series No.
16, IAEA, Vienna
- International atomic energy agency, (1997),
Technical Report Series No. 277,
Absorbed Dose Determination Photon and
Electron Beam, An International Code of
Practice II edition, Vienna
- International atomic energy agency, (2007),
Technical Report Series No. 457,
Dosimetry in Diagnostic Radiology: An
International Code of Practice, IAEA,
Vienna
- International atomic energy agency,
(1994). *Calibration of Dosimeters used in
Radiotherapy*, Technical Report Series No.
374, Vienna