

PENGARUH VARIASI JARAK DETEKTOR, LUAS LAPANGAN RADIASI DAN POSISI DETEKTOR DARI PUSAT BERKAS RADIASI MENGGUNAKAN *MULTI PURPOSE DETECTOR (MPD)* PADA PENGUKURAN TEGANGAN SINAR-X

Evi Handriani Bertua Simamora, Choirul Anam, Evi Setiawati

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: Evihandriani_simamora@yahoo.com

ABSTRACT

An evaluation of the distance effect of Multi-Purpose Detector (MPD)-X ray source, variations of field size of radiation and position of the MPD on the X-ray voltage measured, have been done. There are necessary because they have not been recommended from the MPD procedure manual yet.

The detector operated at voltage of 70 kV and current-time of 12.5 mAs. The measurement of voltage using MPD from RTI Electronics product. It is multifunction detector that can measure dose and voltage invasively. The previous step is measurement of dose for ensure correct equipment setting. These measurements is done for several variations such as MPD-X ray distance of 60 - 160 cm, field sizes Of 4x4 cm - 40x40 cm², detector's position of 0 (at center of beam) and 1-11 cm from centre of beam.

The results are obtained that the voltage that measured is not affected by all of variation values such as distance difference of MPD-X ray source, field sizes and detector's position. Furthermore, for measurement of outside of radiation beam, MPD can still measur voltage with good validation. Therefore, the measurement of voltage using MPD has high flexibility because it is not influenced by set up measurement.

Keywords: The X ray voltage measurement, Multi-Purpose Detector (MPD), Barracuda.

ABSTRAK

Riset ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh nilai jarak detektor dan sumber sinar-X, variasi luas lapangan radiasi dan posisi detektor MPD terhadap nilai tegangan Sinar-X terukur. Hal ini perlu dilakukan karena belum ada rekomendasi dari *manual procedure* sistem MPD ini.

Pada penelitian ini tegangan tabung diset pada nilai 70 kV, arus-waktu 12,5 mAs. Tegangan diukur dengan MPD keluaran RTI electronics, yaitu merupakan detektor yang multifungsi yang dapat mengukur dosis dan tegangan secara *invasive*. Sebelum pengukuran tegangan, dilakukan pengukuran dosis dahulu untuk memastikan set-up peralatan sudah benar. Untuk variasi jarak, MPD-sumber sinar-X divariaisi dari jarak 60 cm hingga 160 cm. Untuk luas lapangan, divariaisi dari 4x4 cm² hingga 40x40 cm². Selanjutnya, variasi posisi detektor dari pusat berkas sinar-X yaitu: 0 cm (posisi pusat), kemudian 1 cm hingga 11 cm.

Diperoleh bahwa tegangan terukur tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai jarak MPD dan sumber sinar-X. Tegangan terukur juga tidak dipengaruhi oleh variasi luas lapangan radiasi dan posisi MPD dari pusat berkas sinar-X. Bahkan di luar lapangan radiasi, MPD masih dapat mengukur tegangan dengan validitas yang baik. Dengan demikian, pengukuran tegangan dengan MPD memberikan fleksibilitas yang tinggi, karena tidak terpengaruh oleh *set-up* pengukuran.

Kata-kata kunci: Pengukuran tegangan sinar-X, *Multi-Purpose Detektor (MPD)*, Barracuda.

I. PENDAHULUAN

Sinar-X memiliki potensi bahaya radiasi, maka pemanfaatannya harus memperhatikan aspek proteksi radiasi [1]. Selain itu, pesawat Sinar-X juga harus dalam kondisi yang baik, oleh karena itu harus dilakukan program *Quality Control* (QC) secara reguler. Di Indonesia, standar program QC mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1250 tahun 2009 tentang Pedoman Kendali Mutu [2]. Dalam pelaksanaan program QC diperlukan pengukuran-pengukuran besaran fisis. Pengukuran besaran fisis diperlukan detektor. Diantara jenis detektor yang digunakan adalah *Multi Purpose Detector* (MPD) yang dikeluarkan oleh RTI Electronics. Detektor MPD dapat mengukur beberapa besaran fisis, diantaranya adalah nilai tegangan dan dosis radiasi.

Nilai tegangan sangat berpengaruh terhadap dosis pasien dan kualitas citra, sehingga harus dilakukan pengukuran secara akurat. Di Indonesia, kementerian kesehatan telah memberikan regulasi bahwa tegangan harus diukur minimal setiap 2 tahun sekali atau ketika pesawat Sinar-X mengalami pemindahan. Nilai tegangan terukur tidak boleh berbeda lebih dari $\pm 6\%$ dari tegangan tabung yang diset [2]. Bahkan menurut AAPM, tegangan terukur harus lebih kecil lagi, yaitu kurang dari $\pm 5\%$ [3].

Di dalam manual prosedur sistem MPD untuk pengukuran nilai tegangan Sinar-X tidak ada rekomendasi tentang jarak dari sumber Sinar-X, luas lapangan radiasi dan posisi detektor dari pusat berkas radiasi [4]. Sampai saat ini, juga belum ada standarisasi jarak MPD dari sumber sinar-X, luas lapangan yang digunakan dan posisinya dari suatu berkas radiasi. Oleh karena itu, riset ini berusaha meneliti pengaruh nilai jarak detector dan sumber sinar-X, luas lapangan radiasi dan posisi detektor MPD terhadap nilai tegangan Sinar-X.

II. DASAR TEORI

Sinar-X dibangkitkan oleh elektron yang dipercepat dengan tegangan tertentu, kemudian elektron tersebut ditumbukkan ke target dengan kecepatan yang sangat tinggi. Karena itu tegangan yang digunakan sangat menentukan energi sinar-X yang terbentuk [5,6]. Tegangan yang digunakan bukan hanya menentukan besarnya energi sinar-X, tetapi juga menentukan intensitas sinar-X. Besarnya intensitas ini sangat berhubungan dengan besarnya dosis yang ditimbulkan radiasi tersebut [7].

Apabila tegangan tabung naik maka dosis radiasi juga naik. Hubungan dosis sinar-X dengan tegangan diformulasikan:

$$D = k \frac{V^2 it}{FFD^2} \quad (1)$$

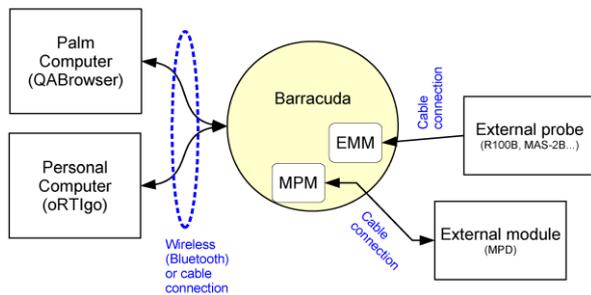
Dengan D adalah dosis sinar-X, i adalah arus tabung (mA), FFD adalah jarak fokus sinar-X ke film (cm), t adalah waktu penyinaran (detik), V adalah tegangan tabung sinar-X, dan k adalah faktor kesebandingan.

Karena tegangan sinar-X menentukan besarnya energi, sehingga perubahan tegangan akan sangat berpengaruh pada daya tembus sinar-X tersebut. Hal ini akan sangat berpengaruh pada kualitas citra yang dihasilkan.

Karena itu untuk memastikan bahwa citra yang diperoleh optimal dan dosis yang diterima pasien pada batas yang rendah, mutlak diperlukan kontrol terhadap nilai tegangan. Ada banyak metode untuk mengukur tegangan sinar-X, yang paling banyak digunakan sekarang ini adalah metode *invasive*, yaitu dengan menganalisis dosis radiasi yang diterima detektor selama waktu penyinaran. Biasanya pada peralatan terdapat beberapa detektor yang dilengkapi dengan filter dengan ketebalan yang berbeda,

dari pola dosis radiasi yang ditangkap, kemudian dibandingkan dengan data base yang sudah tersedia dalam sistem detektor tersebut.

Sistem ini yang digunakan pada *Multi Purpose Detektor (MPD)* yang dikeluarkan oleh RTI Electronics. Data yang tertangkap oleh MPD ini kemudian ditransfer ke elektrometer model Barracuda. Dari electrometer ini, data diolah dan hasilnya dapat dikirim ke komputer atau ke handheld yang sudah dilengkapi program untuk menampilkan atau mengolah data lebih lanjut [4]. Sistem komunikasi ini dapat menggunakan kabel atau menggunakan Bluetooth, seperti terlihat pada Gambar 1.

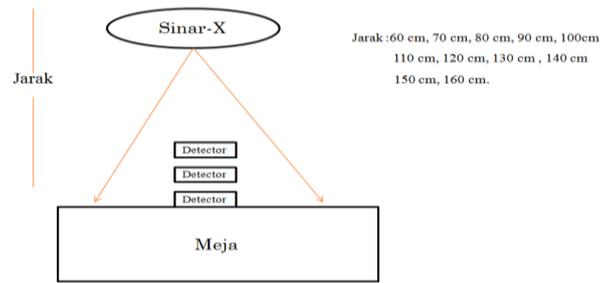


Gambar 1. Diagram blok untuk sistem barracuda.

III. METODE PENELITIAN

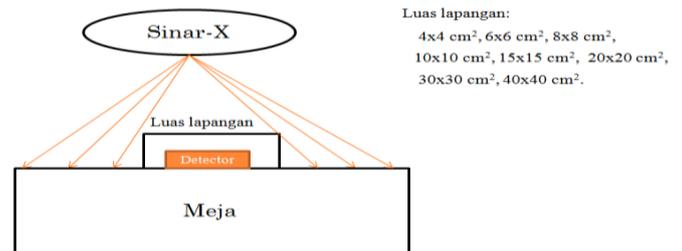
Pada penelitian ini tegangan tabung diset pada nilai 70 kV, arus-waktu 12,5 mAs. Sebelum pengukuran tegangan, dilakukan pengukuran dosis dahulu untuk memastikan set-up peralatan sudah benar.

Pertama dilakukan variasi jarak MPD ke sumber sinar-X, mulai jarak 50 cm hingga 160 cm. Skema ditunjukkan oleh Gambar 2.



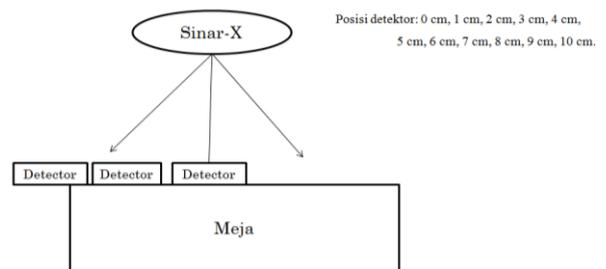
Gambar 2. Diagram blok untuk variasi jarak MPD ke sumber sumber sinar-X

Berikutnya dilakukan variasi luas lapangan radiasi yaitu 4x4 cm, 6x6 cm, 8x8 cm, 10x10 cm, 15x15 cm, 20x20 cm, 30x30 cm dan 40x40 cm, pada jarak sumber sinar-X dan MPD tetap, yaitu sebesar 1 m. Skemanya ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok untuk variasi luas lapangan sinar-X

Lalu dilakukan, pengukuran tegangan untuk variasi posisi MPD dari pusat berkas sinar-X, pada jarak sumber sinar-X dan MPD tetap dan luas lapangan tetap. Skemanya ditunjukkan oleh Gambar 4.

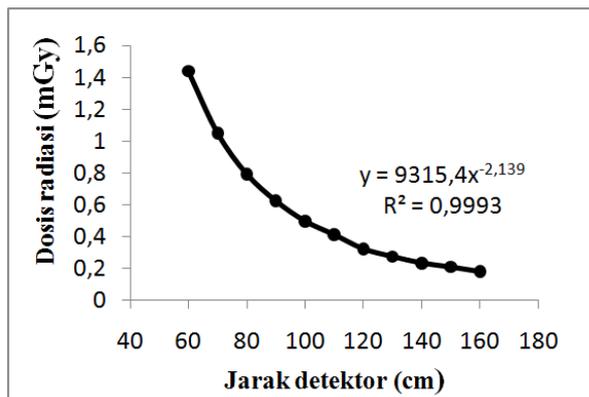


Gambar 4. Diagram blok untuk perubahan posisi MPD terhadap pusat berkas sinar-X

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variasi Jarak MPD-Sumber sinar-X

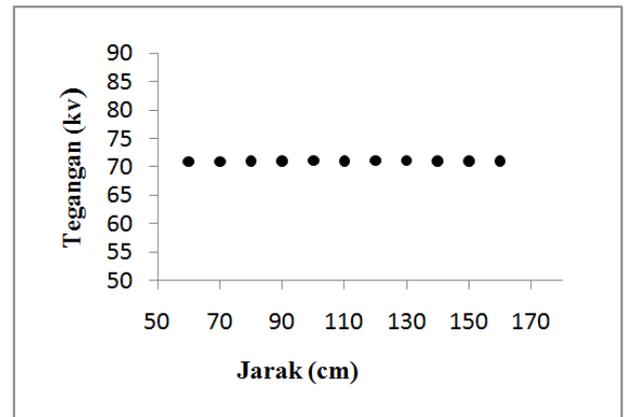
Sebelum melakukan pengukuran nilai tegangan, terlebih dahulu diukur dosis untuk melihat efek dari perubahan jarak MPD terhadap sumber Sinar-X. Efek jarak MPD terhadap dosis radiasi ditunjukkan dari Gambar 5.



Gambar 5. Grafik dosis radiasi terhadap perubahan jarak MPD-sumber-sinar-X.

Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa semakin besar jarak MPD ke sumber sinar-X, dosis radiasi yang kedeteksi menurun secara signifikan. Tampak bahwa penurunan dosis radiasi berbanding terbalik dengan jarak kuadrat, sesuai dengan *Inverse Square Law* (ISL). Hasil pengukuran pada jarak 60 cm, dosis radiasi yang diukur 1,439 mGy. Sesuai dengan ISL, bila jarak dari sumber radiasi meningkat dua kali lipat, maka dosis akan menurun menjadi 1/4 dari semula, yaitu sekitar 0,35 mGy. Dalam pengukuran ini, pada jarak 120 cm dosis sebesar 0,324 mGy.

Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan, untuk variasi jarak MPD-sumber sinar-X. Hasil pengukuran tegangan untuk variasi jarak ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6 Grafik tegangan terukur terhadap perubahan jarak MPD-sumber sinar-X.

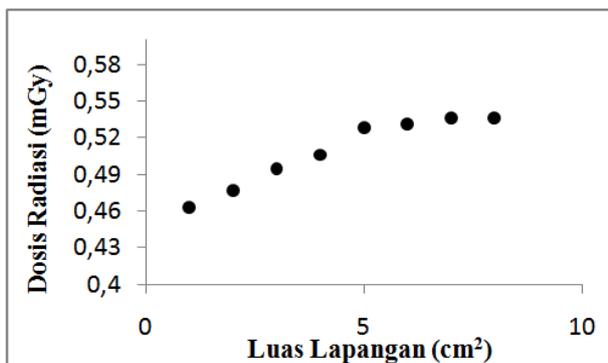
Dari Gambar 6. dapat dilihat bahwa perubahan nilai jarak MPD terhadap sumber sinar-X tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan terukur. Perbedaan penyimpangan nilai tegangan yang terukur dengan tegangan yang diset ditunjukkan dan tegangan terukur rata-rata oleh Tabel 1. Tampak bahwa penyimpangan dari tegangan yang diset di bawah 2%. Juga tampak bahwa penyimpangan dari tegangan rerata paling tinggi hanya 0,141% yaitu pada jarak MPD-sumber sinar-X 70 cm. Ini menunjukkan jarak MPD dan sumber-sinar-X tidak berpengaruh terhadap pengukuran tegangan.

Tabel 1. Perbedaan penyimpangan nilai tegangan yang terukur dengan tegangan yang diset dan tegangan terukur rata-rata

No	Jarak (cm)	Tegangan terukur (kV)	Persentase Penyimpangan dari Tegangan yang diset (%)	Persentase Penyimpangan Tegangan dari rata-rata (%)
1	60	70,95	1,34	0,123
2	70	70,94	1,32	0,141
3	80	70,99	1,39	0,070
4	90	71,00	1,41	0,056
5	100	71,11	1,56	0,098
6	110	71,03	1,45	0,014
7	120	71,11	1,56	0,098
8	130	71,13	1,59	0,126
9	140	71,07	1,51	0,042
10	150	71,07	1,51	0,042
11	160	71,04	1,46	0

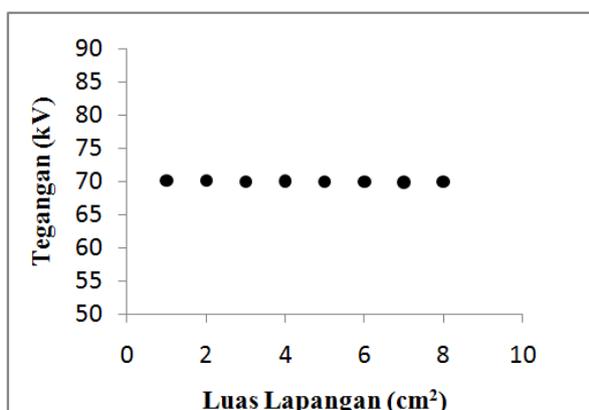
4.2 Variasi Luas Lapangan Sinar-X.

Sebelum dilakukan pengukuran nilai tegangan untuk variasi luas lapangan sinar-X, terlebih dahulu juga dilakukan pengukuran dosis. Efek luas lapangan sinar-X terhadap dosis dapat ditunjukkan oleh Gambar 7. Dapat dilihat bahwa luas lapangan sangat berpengaruh terhadap dosis sinar-X yang terukur. Semakin besar lapangan sinar-X yang digunakan, dosis juga mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan, luas lapangan radiasi semakin besar akan menghasilkan hamburan radiasi yang semakin besar, sehingga dosis yang terukur meningkat.



Gambar 7. Grafik dosis radiasi terhadap perubahan luas lapangan Sinar-X.

Sementara hasil nilai tegangan terukur, untuk variasi luas lapangan sinar-X dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik nilai tegangan terukur untuk variasi luas lapangan Sinar-X

Dari Gambar 8. dapat dilihat perubahan luas lapangan sinar-X tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan terukur. Hal ini dikarenakan energi radiasi yang memasuki detektor relatif tidak berubah, meskipun dari sisi dosis radiasi yang mengenai detektor meningkat. Sementara perbedaan penyimpangan nilai tegangan yang terukur dengan tegangan yang diset dan tegangan terukur rata-rata ditunjukkan oleh Tabel 2.

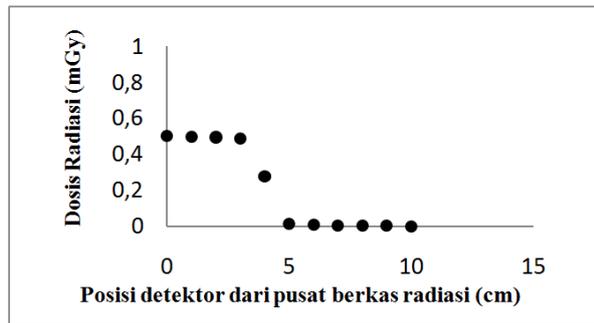
Tabel 2. Perbedaan penyimpangan nilai tegangan yang terukur dengan tegangan yang diset dan tegangan terukur rata-rata untuk variasi luas lapangan sinar-X

No	Luas lapangan radiasi (cm ²)	Tegangan terukur (kV)	Persentase Penyimpangan dari Tegangan yang diset (%)	Persentase Penyimpangan Tegangan dari rata-rata (%)
1	4x4	70,08	0,114	0,171
2	6x6	70,06	0,086	0,143
3	8x8	69,91	0,123	0,071
4	10x10	69,99	0,0143	0,042
5	15x15	69,96	0,0572	0
6	20x20	69,91	0,129	0,071
7	30x30	69,87	0,186	0,128
8	40x40	69,89	0,157	0,1

Tampak dari Tabel 2. bahwa penyimpangan dari tegangan yang diset di bawah 2%. Juga tampak bahwa penyimpangan dari tegangan rerata paling tinggi hanya 0,143% yaitu untuk luas lapangan sinar-X 6x6 cm². Ini menunjukkan jarak MPD dan sumber-sinar-X tidak berpengaruh terhadap pengukuran tegangan. Dalam buku manual MPD, tidak ditemukan luas lapangan yang direkomendasikan, kecuali batas minimal lapangan yaitu tidak boleh lebih kecil dari 3x12 cm², karena luas detektor aktif memiliki ukuran tersebut [4].

4.3 Variasi Posisi Detektor

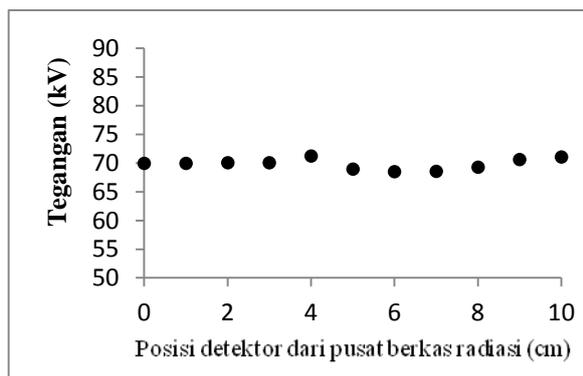
Hasil pengukuran dosis radiasi untuk perubahan posisi MPD dari pusat berkas radiasi dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik dosis radiasi terhadap perubahan posisi MPD dari pusat berkas radiasi

Dari Gambar 9. tampak profil dosis radiasi. Pada posisi MPD di tengah berkas radiasi (atau jarak 0 cm dari pusat berkas radiasi) hingga jarak 3 cm dari pusat berkas radiasi, MPD memberikan bacaan dosis radiasi yang relatif stabil. Namun pada pinggir lapangan radiasi dari 3 cm – 5 cm, dosis menurun secara cepat. Kemudian di luar lapangan sinar-X yaitu pada jarak lebih dari 5 cm, dosis radiasi mendekati 0 mGy. Hal tersebut dikarenakan dosis yang terdeteksi oleh radiasi hanya sedikit atau hanya dosis hamburan yang berada disekitar lapangan radiasi.

Sedangkan pengukuran nilai tegangan untuk perubahan posisi MPD terhadap pusat berkas radiasi dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Nilai tegangan terukur pada perubahan posisi detektor dari pusat berkas radiasi.

Dari gambar 10. tampak bahwa dosis di dalam dan di luar lapangan radiasi (masih

cukup dekat dengan lapangan radiasi) memberikan bacaan nilai tegangan yang relatif sama. Sementara perbedaan penyimpangan nilai tegangan yang terukur dengan tegangan yang diset dan tegangan terukur rata-rata ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tampak dari Tabel 3. bahwa penyimpangan dari tegangan yang diset paling besar hanya 2,17%. Juga tampak bahwa penyimpangan dari tegangan rerata paling tinggi hanya 1,99% yaitu pada posisi MPD 4 cm dari berkas radiasi. Ini menunjukkan posisi MPD dari pusat berkas radiasi tidak berpengaruh terhadap pengukuran tegangan.

Yang menarik adalah bahwa di luar lapangan radiasi, yaitu pada posisi detektor 5 hingga 10 cm dari pusat berkas radiasi, MPD masih memberikan bacaan tegangan yang valid. Hal ini karena disekitar lapangan radiasi masih terdapat hamburan sinar-X yang memiliki energi relatif sama dengan radiasi yang digunakan dan MPD masih cukup sensitive untuk menangkap radiasi tersebut.

Tabel 3. Perbedaan penyimpangan nilai tegangan yang terukur dengan tegangan yang diset dan tegangan terukur rata-rata untuk perubahan posisi MPD dari pusat berkas radiasi

No	Posisi Detektor (cm)	Tegangan terukur (kV)	Persentase Penyimpangan dari Tegangan yang diset (%)	Persentase Penyimpangan Tegangan dari rata-rata (%)
1	0	69,95	0,071	0,186
2	1	69,91	0,128	0,128
3	2	70,05	0,071	0,329
4	3	70,02	0,028	0,286
5	4	71,21	1,69	1,99
6	5	68,95	1,52	1,24
7	6	68,51	2,17	1,87
8	7	68,55	2,11	1,82
9	8	69,26	1,07	0,802
10	9	70,61	0,864	1,13
11	10	71,06	1,49	1,77

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi jarak MPD terhadap sumber sinar-X tidak berpengaruh terhadap tegangan terukur. Penyimpangan tegangan dari rata-rata yang paling besar hanya 0,141 % dan, dari tegangan yang diset 1,59 %.
2. Variasi Luas lapangan sinar-X tidak berpengaruh terhadap nilai tegangan radiasi yang terukur oleh MPD. Penyimpangan tegangan dari rata-rata yang paling besar hanya 0,171 % dan dari tegangan yang diset 0,186%.
3. Variasi posisi detektor radiasi dari pusat berkas radiasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai tegangan yang terukur oleh MPD. Pada variasi posisi detektor, penyimpangan tegangan dari rata-rata yang paling besar hanya 1,99 % dan dari tegangan yang diset 2,11 %.

- [6] Robin, J. W., 1978, Principles of Radiological Physics, 2nd edition, Mosby, New York.
- [7] Bushberg, J.T., Siebert, J.A., Leidholdt, E.M. dan Boone, J.M., 2002, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Baltimore: Williams and Wilkins

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bushong S. C., 2001, *Radiologic Science for Technologist: Physic, Biology and Protection*, Seventh Edition. Toronto : Mosby Co.
- [2] Kementerian Kesehatan RI, 2009, *Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Diagnostik*, NOMOR 1250/MENKES/SK/XII/2009.
- [3] AAPM, 2002, *AAPM Report No.74 Quality Control in Diagnostic Radiology*, Medical Physics Publishing.
- [4] RTI Electronics, 2010, *Barracuda and QABrowser: Reference Manual*, RTI article number: 9620501-00
- [5] Meredith W. J., 1987, *Fundamental Physics of Radiology*, John Wriyth and Son Ltd, Bristol.

