

Analisis Tegangan Tabung Tinggi Terhadap Kualitas Citra Pada Pemeriksaan Thorax

Natalia Riahta Br. Purba¹, Manumpan Sihombing^{2*}
¹⁻²Program Studi D-III Radiodiagnostik dan Radioterapi
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Senior Medan
Email: *manumpansihombing866@gmail.com*

ABSTRAK

Analisis dosis radiasi dengan menggunakan pesawat radiografi umum merk Allengers telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa penggunaan teknik tegangan tabung tinggi dapat menurunkan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Metode yang digunakan adalah Entrance surface dose dan Incident air kerma dengan menggunakan pantom dan tiang untuk mengukur dosis dengan Termoluminisensi dosimeter (TLD). Dari hasil penelitian didapatkan penggunaan teknik tegangan tabung tinggi dapat menurunkan dosis nilai incident air kerma (IAK) dengan rentang dari 32%-58%, sedangkan nilai entrance surface dose (ESD) dengan rentang dari 21%-38%, dibandingkan menggunakan tegangan tabung standar. Sementara densitas yang dihasilkan pada film radiografi relative sama antara penggunaan tegangan tabung standar dan tegangan tabung tinggi.

Kata Kunci: *Densitas, Dosis, Incident air kerma, entrance surface dose*

ABSTRACT

Radiation dose analysis using the Allengers brand general radiography has been carried out. The purpose of this study was to prove that the use of the high tube voltage technique can reduce the radiation dose received by the patient. The method used is Entrance surface dose and Incident air kerma using pantom and pole to measure the dose with a Thermoluminescence dosimeter (TLD). From the results of the study, it was found that the use of the high tube tension technique can reduce the dose of incident air kerma (IAK) with a range of 32%-58%, while the value of entrance surface dose (ESD) with a range of 21%-38%, compared to using standard tube tension. Meanwhile, the density produced on the radiographic film is relatively the same between the use of standard tube tension and high tube tension.

Keywords: *Density, Dose, Incident air kerma, entrance surface dose*

LATAR BELAKANG

Pemeriksaan radiografi thorax merupakan pemeriksaan paling sering dan paling rutin dilakukan di setiap instalasi radiologi khususnya radiodiagnostik (WHO, 2016). Pemeriksaan radiografi thorax merupakan metode diagnostik yang cukup penting untuk mengevaluasi saluran pernafasan, parenkim dan pembuluh darah paru, mediastinum,

jantung, pleura dan dinding thorax (Bequet, 2020).

Wilhelm Conrad Roentgen seorang ahli fisika di Universitas Wurzburg, Jerman pertama kali menemukan sinar-X pada tahun 1895 sewaktu melakukan eksperimen dengan sinar katoda. Saat itu ia melihat timbulnya sinar fluoresensi yang berasal dari kristal barium platinosianida dalam tabung *Crookes-Hittorf* yang dialiri listrik. Penemuan ini merupakan suatu revolusi dalam dunia kedokteran karena dengan penemuan itu dapat mendiagnosa bagian-bagian tubuh manusia yang sebelumnya tidak pernah dicapai dengan cara pemeriksaan konvensional (Ekayuda, 2005).

Tegangan tabung (kV) pada dikaitkan dengan daya tembus sinar-X yang menunjukkan kualitas sinar-X, jika tegangan tabung dinaikkan maka densitas foto meningkat, kontras rendah dan sinar hambur meningkat. Tegangan tabung standar atau teknik tegangan rutin pada pemeriksaan thorax pada umumnya 60-68 kV untuk tegangan standar di rumah sakit, perbedaan dengan penggunaan *high kV technique* atau tegangan tabung tinggi merupakan teknik pemeriksaan menggunakan variasi nilai penyinaran berupa nilai tegangan tabung (kilovolt) yang lebih tinggi dengan kompensasi menurunkan kuat arus dan waktu mAs (miliampere second) (Dorothe, 2017).

K.Clark, 2005 Tegangan tabung standar untuk pembuatan radiografi thorax digunakan tegangan tabung yaitu 60-70 kV untuk menilai bentuk organ dan struktur tulang pada thorax. Standar pemeriksaan radiografi Allengers-525. pada ruang Laboratorium STIKes Senior Medan pada pemeriksaan radiografi thorax menggunakan tegangan tabung 60-70 kV. Tegangan tabung tinggi atau *high kV* teknik merupakan teknik radiografi yang sering digunakan pada pemeriksaan thorax rutin menggunakan faktor eksposi dengan tegangan tabung tinggi yaitu 120 kV, sehingga perbedaan densitas antar tulang, jaringan, dan udara menjadi relative homogen. Teknik tegangan tabung tinggi ini biasanya digunakan pada pemeriksaan thorax secara rutin, karena dapat memperlihatkan lapangan paru dan mediastinum lebih detail. Dengan teknik tegangan tinggi dosis radiasi yang diterima pasien kecil karena dengan bertambahnya tegangan tabung maka daya tembus sinar-X semakin kuat, sehingga semakin sedikit sinar-X yang diserap oleh kulit (Bushong, 2015).

Teknik tegangan tabung tinggi merupakan suatu pengembangan teknik radiografi dengan menaikkan nilai tegangan tabung (kV) dari tegangan tabung standar yang secara umum digunakan untuk membentuk suatu radiograf dan mampu menghasilkan informasi diagnostik, tegangan tabung yang digunakan berkisar antar 100 kV sampai 150 kV. 15% nilai tegangan tabung (kV) naik, maka arus tabung (mAs) turun setengah dan 15% nilai tegangan tabung (kV) turun, maka arus tabung (mAs) naik dua kali lipat (Anugrah, 2018).

Dalam bidang radiodiagnostik, kualitas radiografi sangat berpengaruh dalam penentuan ketepatan diagnosa suatu penyakit. Namun demikian, sesuai dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), setiap pemanfaatan sumber radiasi selalu menghendaki adanya penerimaan dosis yang optimal terhadap pasien, pekerja radiasi maupun masyarakat. Menurut *Conference Radiation Control Program Director, Incorporation USA*, kontribusi terbesar dari total paparan radiasi terhadap manusia diperoleh dari pemeriksaan radiodiagnostik.

Pada prakteknya penggunaan tegangan tabung tinggi lebih banyak digunakan untuk pemeriksaan thorax orang dewasa, keuntungan penggunaan tegangan tabung tinggi yaitu waktu pemeriksaan yang lebih singkat, dosis dan paparan radiasi yang diterima lebih kecil dibandingkan tegangan standar. Salah satu kuantitas radiasi yang sering digunakan dalam acuan batasan dosis adalah pengukuran dosis masuk permukaan atau yang lebih dikenal dengan *entrance surface dose* (ESD) adalah paparan dosis yang diukur pada pusat sumbu

sinar-X dimana titik tersebut merupakan daerah yang akan diradiasi. Selanjutnya untuk Pengukuran Laju Paparan Radiasi, digunakan dengan jarak yang ditentukan menggunakan tegangan tabung standar dan tegangan tabung tinggi atau *high kV* teknik (Dorothe, 2017).

Incident air kerma adalah kerma di udara yang berasal dari penyinaran sinar- X yang diukur dipusat sinar pada pertengahan posisi pasien ataupun phantom, Hanya memperhitungkan radiasi yang terjadi pada pasien, tanpa memperhitungkan faktor hambur (*back scatter factor*). *Entrance surface dose* (ESD) adalah kerma di udara yang berasal dari penyinaran sinar-X yang diukur dipusat sinar pada pertengahan posisi pasien ataupun *phantom*. Dengan memperhitungkan radiasi yang terjadi pada pasien dengan memperhitungkan faktor hambur (*back scatter factor*).

Nilai *entrance surface dose* (ESD) berbanding terbalik dengan tegangan tabung yang digunakan, dimana semakin tinggi tegangan tabung maka semakin rendah nilai *entrance surface dose* (ESD), begitu juga dengan sebaliknya semakin rendah tegangan tabung maka semakin tinggi nilai *entrance surface dose* (ESD) yang dihasilkan. Penggunaan tegangan tabung tinggi pada pemeriksaan thorax akan menurunkan nilai *entrance surface dose* (ESD), yang akan berdampak semakin rendah dosis yang diterima pada thorax (Euparat, 2011).

METODE PENELITIAN

Pesawat Radiografi

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pesawat radiografi umum bermerk Allengers, model tabung: E7239X, nomor seri : 13L1269.



Gambar 1. Pesawat Sinar-X di Laboratorium STIKes Senior Medan.

Spesifikasi Pesawat sinar-X:

Merk	: Allengers
Model Tabung	: E7239X
Nomor Seri	: 13L1269
Tahun	: 2013
Filter	: 0.9 Al/75
Ukuran fokal spot	: 2.0/1.0
Tegangan Tabung	: 125 kV
Arus Tabung	: 100-500 mA
Waktu Eksposi	: 5 second

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi dosis pada pemeriksaan thorax, baik pada penggunaan tegangan tabung tinggi maupun pada tegangan tabung standar yang biasa digunakan untuk pemeriksaan thorax, dosis yang di evaluasi adalah *incident air kerma* (IAK) dan *entrance surface dose* (ESD). Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kualitas gambar radiografi thorax dengan penggunaan tegangan tabung tinggi dan tegangan tabung standar, berupa nilai densitas dan kontras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kesesuaian Pesawat Rontgen

Sebelum dilakukan pengukuran nilai *incident air kerma* (IAK), pengukuran nilai *entrance surface dose* (ESD), dan pengukuran perbandingan kontras pada pesawat radiografi umum bermerk Allengers, model tabung: E7239X, nomor seri : 13L1269 dilakukan uji kesesuaian yang terkait dengan dosimetri yaitu akurasi tegangan tabung, akurasi waktu penyinaran, linieritas dosis radiasi dan reproduksibilitas. Yang bertujuan untuk memastikan kondisi pesawat radiografi yang akan digunakan dalam keadaan handal, hasilnya akan dibandingkan dengan nilai panduan dari literatur yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Adapun uji kesesuaian yang dilakukan meliputi:

A. Akurasi Tegangan Tabung (kV)

Tujuan dari pengukuran ini untuk mengukur keakuratan tegangan yang dimiliki tabung pesawat rontgen. Dari pengukuran uji kesesuaian yang dilakukan pada pesawat radiografi umum bermerk Allengers, model tabung: E7239X, nomor seri: 13L1269 didapatkan data yang kemudian diolah untuk uji akurasi tegangan tabung.

Tabel 1. Pengukuran Tegangan Tabung Pada Pesawat Allengers

Tegangan Tabung (kV)	Parameter Penyinaran		Beban Tabung (mAs)	Hasil Pengukuran		Selisih Tegangan Tabung(%)
	Arus Tabung (mA)	Waktu (ms)		Tegangan Tabung (kV)	Waktu(ms)	
50	200	100	20	50.19	99.85	0.38
60	200	100	20	59.58	99.85	0.7
70	200	100	20	69.56	99.85	0.63
80	200	100	20	79.34	99.83	0.83
90	200	100	20	89.19	100.36	0.91
100	200	100	20	98.91	99.83	1.09
110	200	100	20	110.19	100.33	0.17
120	200	100	20	119.78	100.33	0.18

Data yang diambil adalah parameter penyinaran dengan rentang tegangan 10 kilo Volt bervariasi mulai tegangan 50 kilo Volt sampai dengan 120 kilo Volt, menggunakan nilai mili Ampere second yang sama yaitu 20 mAs. Dihasilkan selisih variasi tegangan tabung dari 0,00 % sampai dengan 1,05 % dan dihasilkan rata-ratanya 0,5%, berdasar pada panduan yang diambil dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) nilai masing- masing tidak boleh melebihi 10 %. maka akurasi tegangan pesawat merk Allengers masih dalam batas toleransi.

B. Akurasi Waktu Penyinaran

Tujuan dari pengukuran ini untuk mengukur keakuratan waktu penyinaran yang dimiliki pesawat rontgen. Data yang diambil adalah parameter penyinaran dengan

tegangan 70 kilo Volt, 200 mili Ampere, dengan rentang waktu penyinaran bervariasi mulai dari 50 mili second sampai 800 mili second. Dihasilkan selisih variasi waktu penyinaran dari 0,09% sampai dengan 7,36% dan dihasilkan rata-ratanya 3,02%.

Tabel 2. Pengukuran Waktu Penyinaran Pada Pesawat Allengers

Waktu (ms)	Parameter Penyinaran			Hasil Pengukuran		Selisih Waktu(%)
	Arus Tabung (mA)	Tegangan Tabung (kV)	Beban Tabung (mAs)	Waktu(ms)	Tegangan Tabung (kV)	
50	200	70	10	53.67	68.86	7.34
100	200	70	20	92.82	68.85	7.18
200	200	70	40	200.21	68.98	0.10
400	200	70	80	398.96	68.72	0.26
800	200	70	160	797.43	68.82	0.32

C. Linieritas Dosis Radiasi

Uji linieritas radiasi bertujuan untuk mendapatkan rentang keluaran radiasi pada parameter penyinaran tertentu yang dapat digunakan untuk mendapatkan koefisien keluaran linier. Data yang diambil adalah nilai penyinaran dengan tegangan 70 kilo Volt, dengan variasi 8 mili amperesecond dan 16 mili Ampere second.

Tabel 3. Linieritas Dosis Radiasi Pada Pesawat Allengers

Tegangan Tabung (kV)	Beban Tabung (mAs)	Tegangan Tabung (kV) Terbaca	Waktu (ms) terbaca	Dosis (mGy)	HVL	Output (mGy)/mAs)
70	8	68.20	98.66	0.3055	2.30	0.036
70	16	68.14	98.64	0.6157	2.31	0.036
Linieritas Output						0.04

Nilai Koefisien linieritas radiasi yang dihasilkan 0.004, berdasar pada panduan yang diambil dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) nilai masing-masing tidak boleh melebihi 0.1, maka linieritas dosis pada pesawat Allengers masih dalam batas toleransi.

D. Reprodusibilitas

Reprodusibilitas bertujuan untuk memperlihatkan kestabilan pesawat radiografi untuk kembali memproduksi tegangan tabung, waktu dan keluaran radiasi dengan rentang yang hampir sama. Dari uji kesesuaian yang dilakukan pada pesawat radiografi umum bermerk Allengers, model tabung: E7239X, nomor seri: 13L1269 didapatkan data yang kemudian diolah untuk uji reprodusibilitas. Data diambil adalah parameter penyinaran tegangan 70 kilo Volt, 20 mili Ampere second dengan waktu 100 mili second, diambil sebanyak 5 kali pengulangan dengan parameter penyinaran yang sama.

Tabel 4. Uji Reprodusibilitas Pesawat Allengers

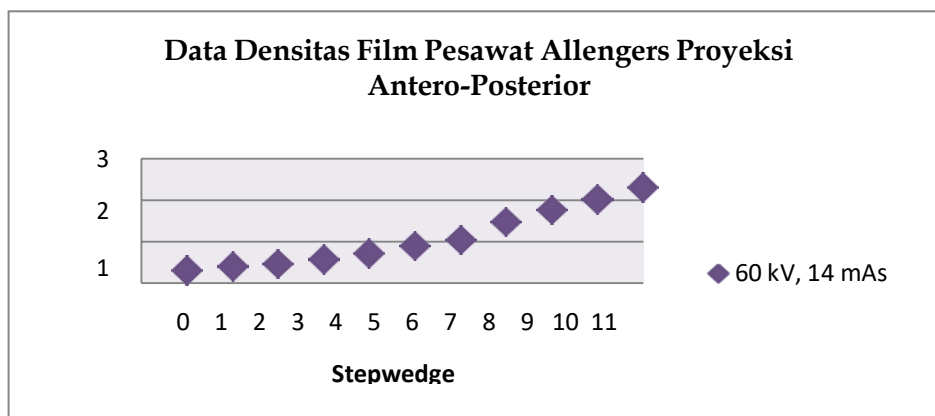
Pengulangan	Tegangan Tabung (kV)	Hasil Pengukuran Waktu (ms)	Output (mGy)
1	68.14	0.024	0.079
2	68.26	0.024	0.081

3	68.22	0.024	0.081
4	68.24	0.025	0.081
5	68.29	0.024	0.081
Rata-rata	68.233	0.025	0.080
Standar Deviasi	0.0565685	0.000	0.001
Koefisien Variasi	0.0008288481	0.0184799006	0.01096611175
Nilai Lolos Uji	≤ 0.050	≤ 0.050	≤ 0.050

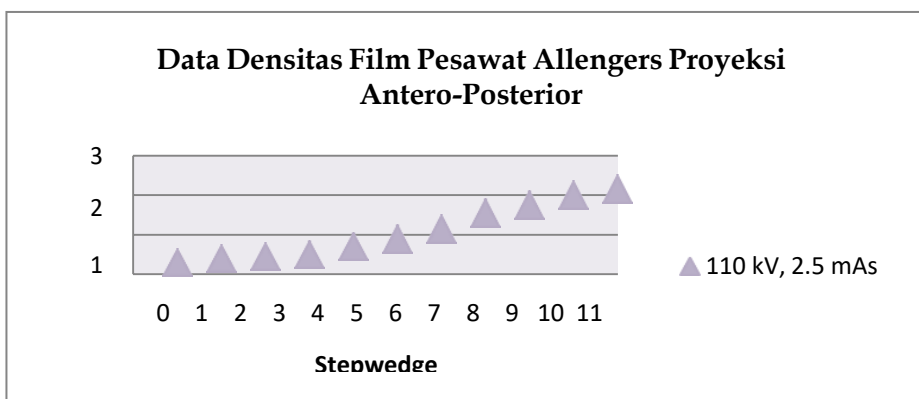
Nilai Koefisien variasi yang dihasilkan dari tegangan tabung 0.008288481 %, Koefisien variasi dari waktu 0.0184799006 % dan Koefisien variasi keluaran radiasi pesawat Philips 0.0109611175 %, berdasar pada panduan literatur yang diambil dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) masing-masing koefisien variasi tidak boleh melebihi 0.050 maka reproduksibilitas pesawat Allengers masih dalam batas toleransi.

Perbandingan Kontras dengan Menggunakan Stepwedge

A. Data Densitas Film 1 Thorax Proyeksi Antero-Posterior



Gambar 1. Grafik Perbedaan densitas film 1 radiografi menggunakan stepwagedengan faktor eksposi pemeriksaan thorax proyeksi Antero-Posterior

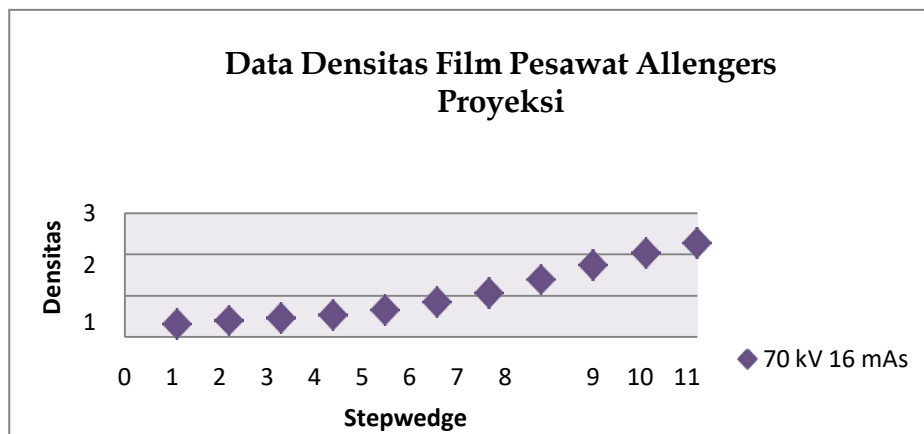


Gambar 2. Grafik Perbedaan densitas film 1 radiografi menggunakan stepwagedengan faktor eksposi pemeriksaan thorax proyeksi Antero-Posterior

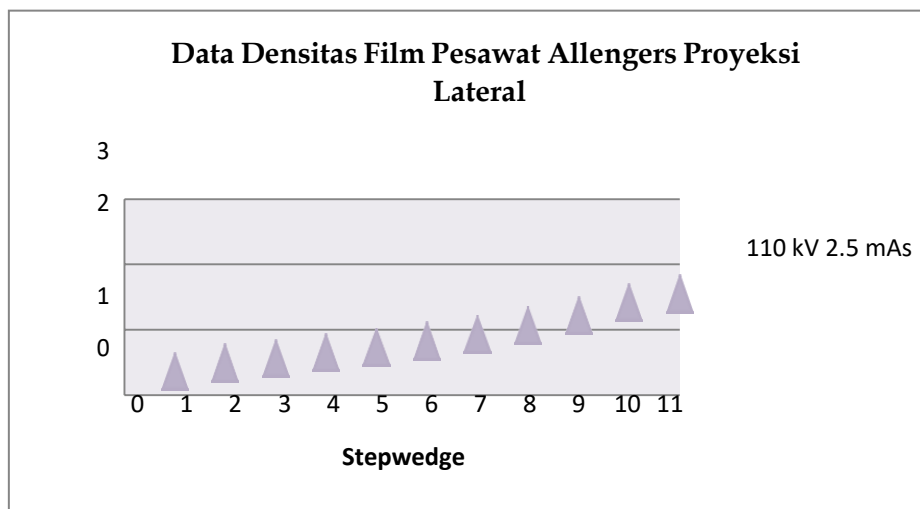
Grafik dengan bentuk segi empat adalah grafik nilai densitas pada film yang disinari dengan tegangan tabung standar, dengan nilai terendah pada step pertama sampai step ke 3 dengan nilai 0.30 - 0.46, mulai naik di step ke 5 dan 6 dan nilai densitasnya naik secara

signifikan sampai pada step ke 11 dengan nilai densitas tertinggi 2.30, Jenis grafik densitasnya naik tajam (tidak landai). Grafik dengan bentuk segitiga adalah grafik nilai densitas pada film yang disinari dengan tegangan tabung tinggi, dengan nilai terendah pada step pertama dengan nilai 0.29, nilai densitasnya naik secara perlahan sampai step ke 3, dan nilai densitasnya naik secara signifikan sampai pada step ke 11 dengan nilai densitas 2.14. Jenis grafik densitasnya naik dengan landai dibandingkan grafik pada tegangan tabung standar. Dari kedua grafik tersebut memiliki nilai densitas tertinggi yang mendekati sama, berturut-turut 2.30, dan 2.14 dengan nilai densitas terendah masing-masing 0.30, dan 0.29.

B. Data Densitas Film 2 Thorax Lateral



Gambar 3. Grafik film 2 disinari menggunakan pesawat Allengers, dengantegangan tabung standar pemeriksaan thorak Proyeksi Lateral



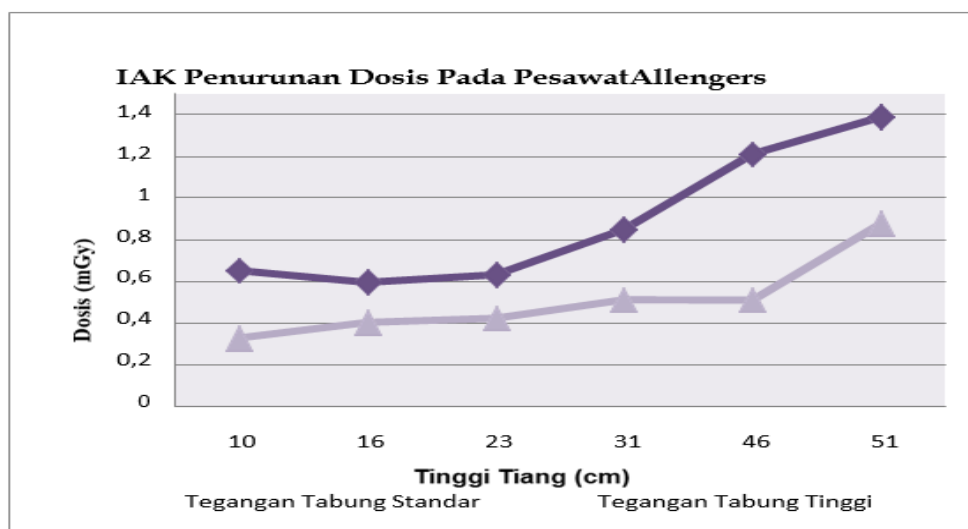
Gambar 4. Grafik film 2 disinari menggunakan pesawat Allengers, dengantegangan tabung tinggi pemeriksaan thorak Proyeksi Lateral

Grafik dengan bentuk segi empat adalah grafik nilai densitas pada film yang disinari dengan tegangan tabung standar, dengan nilai terendah pada step pertama dengan nilai 0.31, dan nilai densitasnya naik secara perlahan sampai pada step ke 3, naik secara signifikan sampai step ke 10 dengan nilai densitas 2.04, dan berakhir pada densitas tertinggi 2.28.

Grafik dengan bentuk segitiga adalah grafik nilai densitas pada film yang disinari dengan teknik penyinaran tegangan tabung tinggi, dengan nilai terendah pada step pertama dengan nilai 0.36, nilai densitasnya naik secara signifikan sampai step ke 8 dengan nilai densitas 1.05, pada step 9 nilai densitas naik secara perlahan hingga step ke-11 dengan nilai 1,55.

Dari dua grafik densitas film yang disinari dengan menggunakan pesawat Allengers, maka dapat terlihat bahwa grafik pada pemeriksaan dengan menggunakan tegangan tabung standar memiliki bentuk paling curam, sehingga kontras yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Untuk tegangan tabung tinggi, grafik yang dihasilkan cenderung melandai, terutama dibandingkan dengan film pada teknik penyinaran tegangan tabung standar, sehingga densitas pada masing-masing step terdistribusi dengan merata. Hal ini akan menyebabkan kontras yang terbentuk menjadi lebih rendah.

Pengukuran Nilai Incident Air Kerma (IAK)

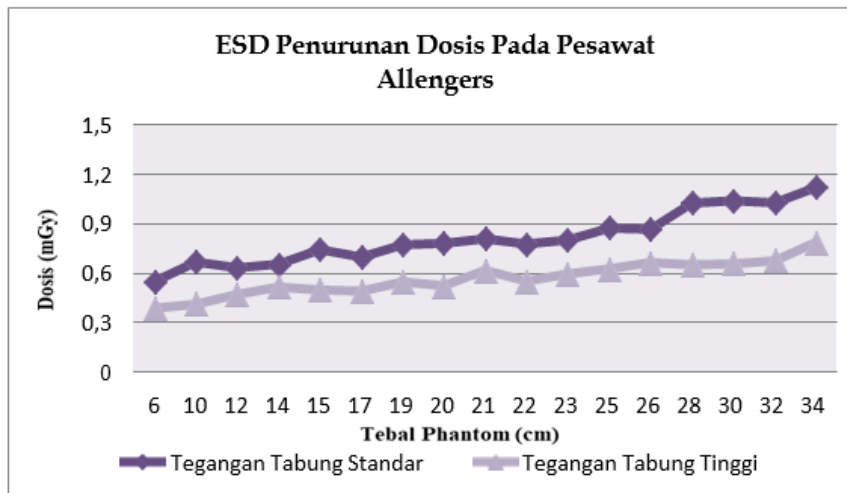


Gambar 5. Grafik Penurunan Dosis *Incident Air Kerma* (IAK) Pada Pesawat Allengers

Dari gambar grafik gambar 4.9, terlihat perbedaan yang cukup signifikan antara dosis yang dihasilkan oleh tegangan tabung standar (bentuk segi empat / grafik dengan nilai dosis paling tinggi), dibandingkan tegangan tabung tinggi (bentuk segitiga / grafik dengan nilai dosis paling rendah). Jika dilihat dari nilai dosis yang didapat dari perhitungan (lampiran 3), maka penggunaan tegangan tabung tinggi dapat menurunkan nilai *incident air kerma* dari 32 % hingga 58 %, dibandingkan ketika menggunakan tegangan tabung standar.

Pengukuran Nilai Entrance Surface Dose (ESD)

Nilai ESD tertinggi dengan nilai 1,12 mGy didapat pada pasien dengan rentang tebal badan 32-34 cm, menggunakan tegangan tabung Standar. Pada rentang ketebalan yang sama dengan menggunakan tegangan tabung tinggi didapat nilai ESD 0,785 mGy. Pada rentang ketebalan yang sama dengan menggunakan tegangan tabung standar didapat nilai ESD terendah 0,389 mGy dan nilai ESD tertinggi dengan nilai 0,787 mGy dengan menggunakan tegangan tabung tinggi.



Gambar 6. Grafik Penurunan *entrance surface dose* (ESD) pada pesawat Allengers

Pada pesawat Allengers, penggunaan tegangan tabung tinggi menurunkan nilai *entrance surface dose* (ESD) dengan rentang dari 21 % hingga 38 %, dibandingkan menggunakan tegangan tabung standar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan penelitian pada pesawat Allengers parameter penyinaran berupa tegangan tabung (kV) dan mili Ampere second (mAs) pada tegangan standar pada proyeksi Antero-Posterior adalah 60 kV, 12 mAs sedangkan pada tegangan tinggi proyeksi Antero-Posterior (AP) 110 kV, 2.5 mAs.
- 2) Dari penelitian pada pesawat Allengers dengan menggunakan stepwedge, penyinaran dengan tegangan tabung tinggi, 110 kV dan 2.5 mAs menghasilkan nilai densitas mendekati nilai densitas yang dihasilkan oleh teknik tegangan tabung standar.
- 3) Penggunaan tegangan tabung tinggi menurunkan nilai *incident air kerma* (IAK) dengan rentang dari 32 % hingga 58 %, dibandingkan menggunakan tegangan tabung standar.
- 4) Penggunaan tegangan tabung tinggi menurunkan nilai *entrance surface dose* (ESD) dengan rentang dari 21 % hingga 38 %, dibandingkan menggunakan tegangan tabung standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, F. 2020. *Uji Banding Citra Film Terhadap Computed Radiography (CR)*, Jurnal Ilmiah GIGA Vol 23, 23.
- Anugrah, N.A. 2018. *Pengukuran Enterance Skin Exposure dan Laju Paparan Radiasi Hambur Pada Pemeriksaan Kepala Dengan Metode Tegangan Tabung Tinggi Di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar*, Jurnal Fakultas Sains dan Teknologi, 63.
- Bequet, A. Y. 2020. *Nilai Contrast to Noise Ratio (CNR) Radiograf Thorax PA antara menggunakan Grid dengan tanpa Menggunakan Grid*. Journal Imejing Diagnostik, 60.
- Bushberg Jerold, 2002. *The Essential Physics of Medical Imaging*, 3 th ed, New York. Lippincotti William & Wilkins, New York. 3

- Bushong, Stewart C, St. Lois, Missouri, (2015). *Radiologic Science For Radiologist*. Perpustakaan Pribadi AN-NUR.
- Dorothe, M. 2017. *Pengaruh penggunaan teknik tegangan tinggi terhadap Entrance Skin Dose (ESD) dan laju paparan radiasi hambur padapemeriksaan thorak AP*, 2.
- Ekayuda, I. 2013. *Radiologi Diagnostik*. Jakarta : Badan Penerbit FKUI Euprat, D. (2011). *Pengaruh Penggunaan kiloVolt Tinggi Terhadap Dosis radiasi dan kualitas gambar radiografi pada pemeriksaan thorax anak*,1.
- Irsal, M. 2014. *Analisa pengaruh faktor eksposi terhadap Entrance surface air kerma*, Journal of Vocational Health Studies 04, 57.
- Mukhlis, A. 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Mukhtar, A. N. 2015. *Analisis Pengaruh Grid Rasio dan Faktor Eksposi terhadap Gambaran Radiografi Phantom Thorax*, Youngster Physics Journal, 134.
- Oinike, A. 2016. *Penerimaan Dosis Organ Kritis Pada Pemeriksaan Cerebral DSA Dengan Biplane C-Arm*, 2.
- Pearce, Evelyn C. 2009. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta::PT Gramedia
- Pratama, Z. 2019. *Kualitas Gambar Radiografi*, 2.
- Safitri, R. 2015. *Mantaining Quality Control by Using general Radiological film*, Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, 87.
- Sudin, A. 2015. *Studi Pengaruh Ukuran Pixel Imaging Plate Terhadap Kualitas Radiograf*, 91.