



Pengaruh Teknik kV Tinggi pada Pemeriksaan Radiografi Thorak Terhadap Entrance Surface Air Kerma dan Dose Area Product yang Diterima oleh Pasien di RSUP Dr. Kariadi Semarang

Sanggam Ramantisan^{1,3}, Tina Meilinda^{1,3}, Aga Aulia Putra^{2,3},
Siti Akbari Pandaningrum^{1,3}

¹Fisikawan Medik RSUP Dr. Kariadi Semarang

²Radiografer RSUP Dr. Kariadi Semarang

³Tim Petugas Proteksi Radiasi (PPR) RSUP Dr. Kariadi Semarang

e-mail: sanggam.ramantisan@yahoo.co.id

Makalah Penelitian

Menyerahkan

20 September 2022

Diterima

13 November 2022

Terbit

5 Desember 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan teknik kV tinggi pada pemeriksaan radiografi thorak terhadap Entrance Surface Air Kerma (ESAK) dan Dose Area Product (DAP) yang diterima oleh pasien. Hal tersebut sebagai salah satu upaya optimisasi dalam proteksi dan keselamatan radiasi pada pemanfaatan radiasi pengion. Penelitian ini menggunakan data retrospektif berupa citra radiografi thorak yang dihasilkan oleh pesawat radiografi Siemens Ysio Max di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang selama tahun 2021. Terdapat 2 tegangan yang digunakan, yaitu 59,8 kV dan 108,8 kV dengan total jumlah sampel sebanyak 225 pasien. Pada penggunaan teknik kV tinggi tersebut menghasilkan nilai ESAK yang lebih kecil, yaitu dengan selisih 60,75% serta nilai DAP yang lebih kecil, yaitu dengan selisih hingga 74,92% dibanding pada penggunaan teknik kV standar. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap dosis radiasi yang dihasilkan pada penggunaan teknik kV tinggi tersebut dengan kualitas citra yang masih dapat digunakan untuk menegakkan diagnosis suatu penyakit/kelainan.

Kata kunci: radiografi thorak, teknik kV tinggi, Entrance Surface Air Kerma, Dose Area Product

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of using the high kV technique on chest radiographic examination on Entrance Surface Air Kerma (ESAK), and Dose Area Product (DAP) received by patients. This is one of the optimization efforts in radiation protection and safety in ionizing radiation. This study used retrospective data from chest radiographic images generated by the Siemens Ysio Max radiograph at the Radiology Installation of RSUP Dr. Kariadi Semarang in 2021. Two voltages were used, 59.8 kV and 108.8 kV, with a total sample of 225 patients. The use of the high kV technique produces a smaller ESAK value, namely with a difference of 60.75%, and a smaller DAP value, namely with a difference of up to 74.92%, compared to using the standard kV technique. These results show a significant difference in the radiation dose produced using the high kV technique with image quality that can still use to diagnose a disease/disorder.

Keywords: chest radiography, high kV technique, Entrance Surface Air Kerma, Dose Area Product

1. PENDAHULUAN

Jumlah pemeriksaan radiografi thorak yaitu sekitar 40% dari 3,6 juta pemeriksaan imejing di seluruh dunia setiap tahunnya (UNSCEAR, 2010). Pemeriksaan radiografi thorak dianggap sebagai pemeriksaan radiografi diagnostik yang paling konvensional karena memiliki nilai tinggi untuk mendiagnosis berbagai masalah kesehatan. Meskipun perkembangan terakhir untuk pencitraan imejing thorak seperti *Computed Tomography*, pemeriksaan ini memberikan informasi yang sangat penting untuk diagnosis, pengobatan dan prosedur tindak lanjut dari banyak penyakit paru. Radiografi thorak memiliki banyak keuntungan dibandingkan pencitraan imejing lain, seperti biaya lebih rendah, dosis lebih rendah, kecepatan akuisisi dan diagnosis (Veldkamp, et. al., 2009). Pemeriksaan rontgen thorak juga dapat diterapkan dalam program skrining untuk populasi besar, dengan dampak signifikan pada dosis kolektif (Šalát dan Nikodemova, 2008).

Pada Peraturan BAPETEN No. 4 Tahun 2020, tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial diperoleh informasi bahwa salah satu syarat proteksi yang harus dipenuhi dalam penggunaan radiasi pengion bidang medik adalah optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi. Maksud dari optimisasi ini adalah salah satu upaya untuk membuat dosis yang diterima serendah mungkin yang dapat dicapai dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. Pemanfaatan radiasi pengion untuk kesehatan di Indonesia menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan, hal tersebut diketahui dari semakin banyaknya modalitas radiasi pengion yang digunakan dan jenis tindakan medik yang dilakukan dengan bantuan radiasi (BAPETEN, 2019).

Pada PP No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif menyatakan bahwa setiap pemanfaatan tenaga nuklir wajib memiliki izin pemanfaatan dan memenuhi persyaratan keselamatan radiasi. Salah satu persyaratan keselamatan radiasi yang harus dipenuhi adalah persyaratan proteksi radiasi meliputi: justifikasi, limitasi dosis, dan optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi. Limitasi dosis wajib diberlakukan untuk paparan kerja dan paparan masyarakat melalui penerapan Nilai Batas Dosis (NBD) (BAPETEN, 2019).

Adanya perhatian pada peningkatan pemeriksaan imejing diagnostik menyebabkan peningkatan keamanan terutama pada dosis radiasi (Bhargavan dan Sunshine, 2005). Hal ini berhubungan dengan efek yang dapat ditimbulkan oleh radiasi pengion, yaitu efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik, yaitu efek yang memiliki dosis ambang dan gejala akan segera nampak (tidak ada waktu tenggang). Sedangkan efek stokastik, yaitu efek yang terjadi tanpa ada dosis ambang batas dan memiliki waktu tenggang sebelum gejala mulai nampak (Akhadi, 2000).

Teknik kVp tinggi adalah metode yang terkenal dan terdokumentasi secara luas untuk mengurangi dosis radiasi pasien. Pada penelitian ini penulis ingin mengetahui analisis penggunaan teknik kV tinggi pada pemeriksaan radiografi thorak di RSUP Dr. Kariadi Semarang.

2. LANDASAN TEORI

Teknik kVp tinggi adalah metode yang terkenal dan terdokumentasi secara luas untuk mengurangi dosis radiasi pasien. Aturan '15%' dan '10-kVp' digunakan untuk mengatur teknik ini, yang menyatakan bahwa peningkatan potensial tabung, diukur sebagai *kilovoltage peak (kVp)*, sebesar 15% atau 10-kVp membutuhkan nilai arus tabung dan waktu eksposi (mAs) menjadi setengah untuk menjaga dosis detektor konstan (Bushong, 2016).

Tabel 1. Contoh faktor eksposi radiografi thorak.

kV	mAs
60	8
70	4
80	2
90	1
100	0,5

Ketika kVp tinggi digunakan, *grid* rasio tinggi harus digunakan juga. Tentu saja, pilihan *grid*-nya adalah juga dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk anatomi yang sedang di radiografi. Saat rasio *grid* meningkat, redaman radiasi hamburan juga meningkat. Di fasilitas dimana teknik kVp tinggi untuk radiografi thorak khusus adalah digunakan, rasio 16:1 *grid* dapat digunakan (Bushong, 2016).

Saat membuat radiografi thorak, dibutuhkan kontras subjek yang tinggi. Jaringan paru-paru memiliki kepadatan massa yang sangat rendah, struktur tulang memiliki kepadatan massa, dan struktur mediastinum memiliki kepadatan massa menengah. Akibatnya, kVp tinggi dan rendah mAs dapat digunakan untuk keuntungan yang baik. Ini menghasilkan gambar dengan kontras yang memuaskan dan dosis radiasi pasien yang rendah (Bushong, 2016).

Penggunaan *grid* tersebut sangat meningkatkan kontras gambar, tanpa kehilangan resolusi spasial. Salah satu kerugian penggunaan *grid* adalah peningkatan dosis pasien, yang dapat berupa: sebanyak dua kali lipat tanpa *grid*. Namun, dengan peralatan dan jaringan khusus, dosis pasien masih sangat rendah. Secara umum, dibandingkan dengan penggunaan kVp rendah dan rasio *grid* rendah, penggunaan kVp tinggi dan rasio *grid* tinggi menghasilkan dosis radiasi pasien yang lebih rendah dan gambar dengan kualitas yang sama. Salah satu kelemahan tambahan dari penggunaan rasio *grid* adalah diperlukan peningkatan teknik radiografi. Ketika *grid* digunakan, faktor teknik harus ditingkatkan lebih

dari yang seharusnya untuk non-grid pemeriksaan, mAs atau kVp harus dinaikkan. Biasanya dilakukan peningkatan mAs dari pada kVp. Satu pengecualian untuk ini adalah radiografi thorak, di mana peningkatan waktu paparan dapat mengakibatkan gerakan dan hasilnya kabur (Bushong, 2016).

Secara umum, rasio grid hingga 8 : 1 sudah optimal pada tegangan tabung di bawah 90 kVp. Rasio grid di atas 8 : 1 digunakan ketika kVp melebihi 90 kVp (Bushong, 2016).

Menurut IAEA *Technical Report Series No. 457* mengacu pada ICRU 74 Tahun 2005, *Entrance Surface Dose (ESD)* adalah salah satu satuan kuantitas yang digunakan dalam diagnostik untuk menyatakan dosis radiasi yang diterima objek radiasi (fantom atau pasien) yang diukur pada pusat berkas utama di permukaan phantom atau pasien (UNSCEAR, 2010). Untuk menghitung ESD dapat menggunakan rumus berikut:

$$ESD = \frac{X \cdot mAs \cdot D^2}{[SID - (t + b)]^2} \cdot BSF$$

X adalah keluaran radiasi (*output*) tabung sinar-X pada jarak D yang ditentukan. Lalu X memiliki satuan dosis dalam Gy per mAs. mAs adalah perkalian antara arus tabung dan waktu eksposi, yang dapat dipilih pada panel kontrol. *Source to Image Distance (SID)* yaitu jarak antara sumber ke detektor gambar, sedangkan b adalah jarak antara detektor gambar ke atas meja. Ketebalan pasien ditentukan dengan variabel t, variabel terakhir, yaitu *Back Scatter Factor (BSF)*, yang merupakan nilai yang ditentukan dengan memvariasikan *Half Value Layer (HVL)* dan *kiloVoltage Peak (kVp)*.

Pada Pedoman Teknis Penyusunan Tingkat Panduan Paparan Medik atau *Diagnostic Reference Level (DRL) Nasional* (BAPETEN, 2016) dijelaskan bahwa untuk mengetahui perkiraan dosis pasien dapat diidentifikasi menggunakan indikator *Skin dose (mGy)* atau *Dose Area Product (DAP)* atau juga *Entrance Skin Dose (ESD)* jika sudah tersedia indikator dosis di pesawat sinar-X radiografi umum.

Selain itu, perkiraan dosis pasien juga dapat diperkirakan menggunakan data keluaran radiasi hasil pengujian tabung pesawat sinar-X (hasil uji kesesuaian) dan faktor eksposi atau kondisi penyinaran seperti kV, mA/mAs, dan jarak pasien dengan fokus (BAPETEN, 2016).

3. METODE / METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan data retrospektif berupa citra radiografi thorak yang dihasilkan oleh pesawat radiografi Siemens Ysio Max di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang selama tahun 2021.



Gambar 1. Pesawat radiografi Siemens Ysio Max di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah pemeriksaan radiografi thorak yang dilakukan dengan teknik kV standar dan teknik kV tinggi. Diperoleh total data sebanyak 225 pasien yang menggunakan 59,8 kV atau 108,8 kV. Sedangkan pengaturan mAs dilakukan secara otomatis dengan menggunakan fitur *Automatic Exposure Control (AEC)*. Berikut karakteristik pasien yang digunakan berdasarkan rentang umur, ditunjukkan dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Karakteristik umur pasien yang digunakan dalam penelitian

Umur	Jumlah pasien
16 - 20 tahun	13
21 - 30 tahun	22
31 - 40 tahun	26
41 - 50 tahun	52
51 - 60 tahun	54
> 60 tahun	58

Kemudian dilakukan pencatatan faktor ekposi meliputi kV, mAs, *Focus Film Distance (FFD)* serta parameter *Dose Area Product (DAP)* yang dapat dilihat pada monitor.

Selama pemeriksaan, grid yang terpasang pada *bucky stand* adalah grid standar dari pabrik dengan ratio grid 13:1 (dapat dilihat pada Gambar 2).



Gambar 2. Grid yang terpasang pada *Bucky Stand* pesawat radiografi Siemens Ysio Max di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang

Dari data tersebut juga dilakukan perhitungan *Incident Air Kerma (INAK)* dan *Entrance Surface Air Kerma (ESAK)* menggunakan hasil data keluaran

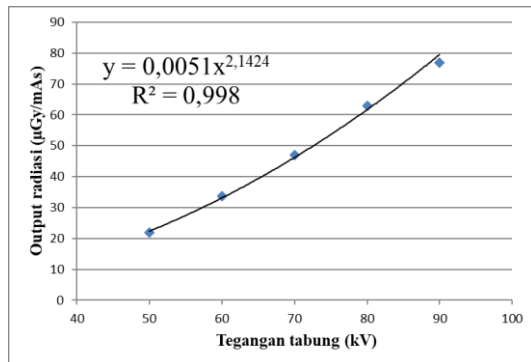
radiasi hasil uji kesesuaian. Kemudian dilakukan analisis mengenai penggunaan teknik kV tinggi tersebut, apakah terdapat perbedaan pada hasil perhitungan dosis tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 225 sampel tersebut pertama-tama dilakukan perhitungan nilai INAK dan ESAK menggunakan metode hasil uji kesesuaian.

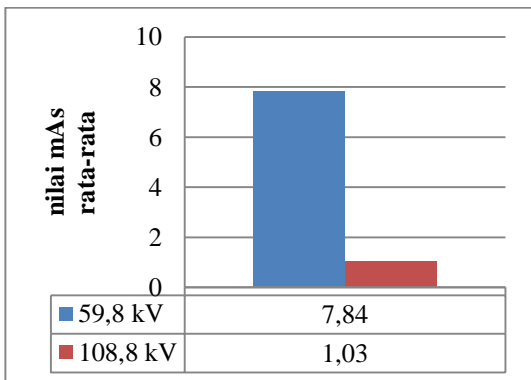
Tabel 3. Hasil data pengukuran uji kesesuaian pesawat radiografi Siemens Ysio Max

kV	(µGy)	mAs	µGy/mAs
50	436,4	20	21,82
60	673	20	33,65
70	941,3	20	47,065
80	1260	20	63
90	1540	20	77

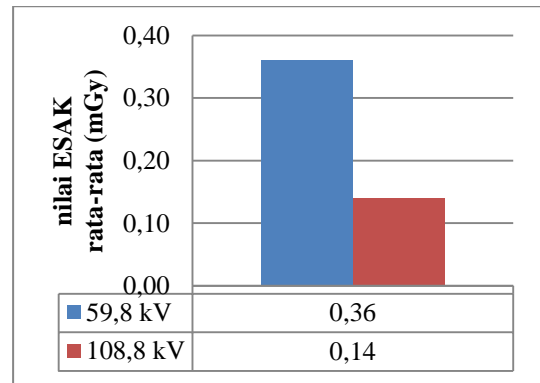


Gambar 3. Grafik output keluaran dosis radiasi pesawat radiografi Siemens Ysio Max

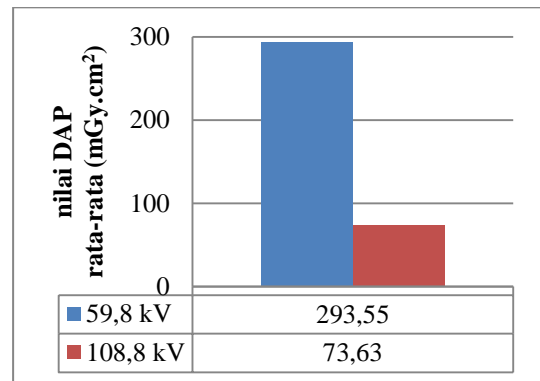
Dari persamaan yang diperoleh pada Gambar 3 di atas dapat diperoleh nilai INAK, dan selanjutnya dapat pula diketahui nilai ESAK-nya dengan mengalikan nilai INAK tersebut dengan 1,35 (*Back Scattered Factor / BSF*). Selain itu juga dibandingkan nilai DAP yang diperoleh dari tampilan pada monitor, hasil penelitian ditampilkan dalam Tabel 4 di bawah ini.



Gambar 4. Nilai mAs rata-rata pada penggunaan kV standar dan kV tinggi



Gambar 5. Nilai ESAK rata-rata pada penggunaan kV standar dan kV tinggi



Gambar 6. Nilai DAP rata-rata pada penggunaan kV standar dan kV tinggi

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai mAs, ESAK dan DAP pada penggunaan kV standar dan kV tinggi

kV	Jumlah pasien	mAs rata-rata	ESAK rata-rata (mGy)	DAP rata-rata (mGy.cm²)
59,8	123	7,835	0,36	293,55
108,8	102	1,030	0,14	73,63

Pada penggunaan teknik kV standar dan kV tinggi menghasilkan nilai ESAK : 0,36 mGy (kV standar) dan 0,14 mGy (kV tinggi), dimana hasil tersebut masih di bawah nilai DRL nasional untuk pemeriksaan thorak PA yaitu sebesar 0,4 mGy (BAPETEN, 2021).

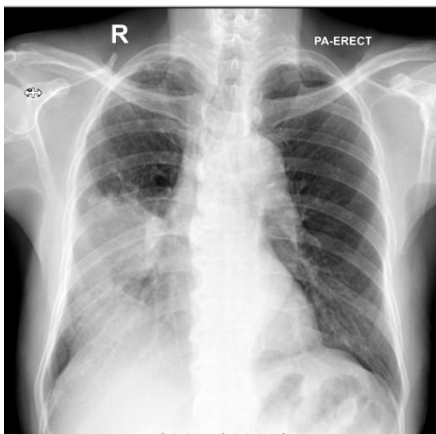
Namun dari Tabel 4 di atas diketahui bahwa pada penggunaan teknik kV tinggi menghasilkan nilai ESAK yang lebih kecil, yaitu memiliki selisih 60,75% dibandingkan pada penggunaan kV standar. Begitu pula pada hasil DAP, pada penggunaan teknik kV tinggi juga menghasilkan nilai yang lebih kecil, yaitu memiliki selisih hingga 74,92% dibanding pada penggunaan kV standar. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap dosis radiasi yang dihasilkan pada penggunaan teknik kV tinggi tersebut.

Dari aspek kualitas citra yang dihasilkan antara penggunaan teknik kV standar dan kV tinggi citra yang dihasilkan dapat diterima dan digunakan oleh radiolog untuk mendiagnosis suatu penyakit/kelainan pada pasien. Berikut contoh gambaran radiografi thorak

menggunakan teknik kV standar dan kV tinggi, ditampilkan pada Gambar 7 dan 8 di bawah ini.



Gambar 7. Contoh citra radiografi thorax menggunakan teknik kV standar



Gambar 8. Contoh citra radiografi thorax menggunakan teknik kV tinggi

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa citra radiografi thorax yang dihasilkan dengan menggunakan teknik kV tinggi mampu menunjukkan gambaran bercak pada paru lebih jelas bila dibandingkan dengan citra yang dihasilkan dengan menggunakan teknik kV normal. Pada penggunaan teknik kV tinggi, dokter spesialis radiologi akan lebih mudah membedakan antara gambaran vascular paru atau bercak pada paru karena patologis.

Penggunaan teknik kV tinggi ini juga memerlukan berbagai pertimbangan, antara lain kapasitas kemampuan dari pesawat sinar-X yang digunakan dan kondisi atau area tempat dilakukannya pemeriksaan. Penggunaan teknik kV tinggi dengan kV di atas $100kV$ tentu saja akan memberikan cukup beban pada tabung sinar-X. Selain itu, radiasi hambur yang ditimbulkan juga perlu dipertimbangkan apabila akan dilakukan di luar ruang pemeriksaan radiologi seperti ruang ICU atau

IGD pada pemeriksaan dengan menggunakan pesawat sinar-X mobile.

5. KESIMPULAN

Penggunaan teknik kV tinggi pada pemeriksaan radiografi thorax di RSUP Dr. Kariadi Semarang menghasilkan nilai ESAK dan DAP yang lebih kecil secara signifikan dibandingkan dengan teknik kV standar, dengan tetap memiliki kualitas citra yang dapat digunakan untuk menegakkan diagnosis suatu kelainan/ penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada segenap Direksi dan Kepala Instalasi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang yang senantiasa mendukung upaya untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan dalam pemanfaatan radiasi pengion di rumah sakit kita tercinta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhadi, M. 2000. Pengantar Teknologi Nuklir. PT.Rineka Cipta Jaksa: Jakarta
- [2] Bhargavan, M., dan J.H. Sunshine. 2005. Utilization of Radiologi Services in the United States: Levels and Trends in Modalities, Region, and Population. Radiology: Vol. 234, no.3, pp 824-832
- [3] Bushong, S. 2016. Radiologic Science for Technologist : Physics, Biology, and Protection. 10th edn. Elsevier Mosby : Missouri.
- [4] BAPETEN. 2019. Pedoman Teknis Penyusunan Tingkat Panduan Diagnostik atau Diagnostic Reference Level (DRL). Jakarta
- [5] BAPETEN. 2021. Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (*Indonesian Diagnostic Reference Level*) Untuk Modalitas Sinar-X CT Scan Dan Radiografi Umum. Jakarta
- [6] IAEA. 2007. Technical Report Series No.457 Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice
- [7] Šalát, D., & Nikodemova, D. (2008). Patient doses and image quality in digital chest radiology. Radiation protection dosimetry, 129(1-3), 147-149.
- [8] UNSCEAR. 2010. Source and Effects of Ionizing Radiation. Vol.1. United Nations: New York
- [9] Veldkamp, W. J., Kroft, L. J., & Geleijns, J. (2009). Dose and perceived image quality in chest radiography. European journal of radiology, 72(2), 209-217.