



Informasi Anatomi dan Dosis Radiasi pada MSCT Brain Pediatric Menggunakan Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASiR)-V

Fitri Indraratma¹, Dartini², Agung Nugroho Setiawan³

¹⁾ RSUD Ir. Soekarno Kab. Sukoharjo, Indonesia

^{2,3)} Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

Corresponding author : Fitri Indraratma

e-mail : indraratma18@gmail.com

ABSTRACT

Background: Multislice CT Scan (MSCT) brain examination in pediatric cases should pay attention to the lowest possible dose but still provide optimal anatomical information. Pediatric has a higher risk of developing cancer compared to adults who receive the same dose. The purpose of this study is to obtain the optimal value of the use of the Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASiR)-V technique with variations in tube current strength and Iterative Reconstruction value which is implemented in pediatric patients under the age of 5 (five) years.

Methods: This research was experimental with brain image samples of pediatric patients at the Radiology Installation of RSUD dr. Moewardi Surakarta. The variations of the tube currents selected were 80, 100, and 165 mA with a combination of AR20, AR40, AR60, and AR80 variations. Anatomical information processed descriptively sourced from the assessment of 3 (three) radiologists who were experienced in assessing MSCT images. Meanwhile, the effect of tube current variation on radiation dose was tested using linear regression.

Results: The results showed differences in anatomical information between the combinations of 165 mA-AR60 and 165 mA-AR80 "very clear", 165 mA-AR20 "clear", 80 mA-AR20 "fairly clear" and 100 mA-AR80 "less clear". There was an effect of strong variation of tube current on radiation dose with a regression coefficient value of 0.690. The estimated effective doses of the three tube current values were still below the national Dose Reference Level (DRL).

Conclusions: It was concluded that there were differences in anatomical information on the MSCT brain pediatric examination with variations in tube current and ASiR-V, there was an effect of variations in mA on radiation dose and mA values and the optimal value of the combination of techniques studied is 80 mA and 20% Iterative Reconstruction.

Keywords: MSCT; brain; pediatric; iterative reconstruction; radiation dose.

Pendahuluan

Jaringan tubuh anak-anak memiliki radiosensitivitas lebih besar dibanding orang dewasa sehingga memiliki potensi efek karsinogenik yang lebih besar (BAPETEN, 2020). Mathews dkk, (2013) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa di Australia dari 60.674 pasien kanker yang dicatat, ada 3.150 dari 680.211 pasien diantaranya pernah melakukan pemeriksaan MSCT satu tahun sebelum diberikan diagnosa kanker. Pemeriksaan MSCT pada pasien anak-anak atau remaja menimbulkan berbagai jenis kanker lainnya serta dapat meningkatkan terjadinya kanker sebesar 24% (Kilic dkk, 2013).

International Commission of Radiological Protection (ICRP) dalam publikasi 121 menyebutkan bahwa pasien anak memiliki risiko rata-rata lebih tinggi terkena kanker dibandingkan dengan orang dewasa yang menerima dosis yang sama. Publikasi ICRP 121 bertujuan untuk memberikan panduan prinsip-prinsip proteksi radiasi terutama prinsip justifikasi dan optimisasi terhadap pasien anak. Pentingnya justifikasi yang ketat dari prosedur radiologi ditekankan untuk setiap prosedur yang melibatkan radiasi pengion, dan penggunaan modalitas pencitraan yang non-pengion harus selalu dipertimbangkan. Tujuan dasar dari optimisasi proteksi radiasi adalah untuk

menyesuaikan parameter pencitraan dan menerapkan tindakan proteksi sedemikian rupa sehingga kualitas citra masih memadai untuk interpretasi diagnostik dengan dosis radiasi serendah mungkin (*As Low As Reasonable Achievable*). Modifikasi protokol pencitraan dan parameter paparan diperlukan untuk penggunaan pada pasien pediatrik (Khong dkk, 2013). Beberapa parameter yang dapat diatur antara lain tegangan tabung (kV), kuat arus tabung (mA), pitch, tebal irisan (*slice thickness*), panjang pindaian (*scan length*), jumlah citra, kolimasi dan algoritma matriks rekonstruksi (BAPETEN, 2020, Darmini, dkk 2020).

Perkembangan teknologi MSCT sudah semakin maju termasuk di dalamnya dilengkapi *software Iterative Reconstruction* (IR). Dengan IR dan *model-based iterative reconstruction* (MBIR) sangat dimungkinkan pengurangan dosis radiasi sementara di sisi lain mampu meningkatkan kualitas citra (Wellenberg dkk, 2019). Saat ini, algoritma IR muncul kembali karena ketersediaan komputasi kecepatan tinggi. Keuntungan utama dari algoritma rekonstruksi gambar berulang adalah untuk mengurangi *noise* gambar dan meminimalkan dosis radiasi yang lebih tinggi. Beberapa teknik IR yang dibangun oleh vendor besar antara lain General Electric dengan ASiR, Philips dengan *iDose*, Siemens dengan IRIS dan Toshiba dengan AIDR 3D (Liu, 2014). Mcnight menyebutkan bahwa pemeriksaan *brain pediatric* dengan menggunakan ASiR memungkinkan pengurangan dosis 28% untuk kelompok usia 3 hingga 12 tahun dan pengurangan 48% untuk usia lebih dari 12 tahun dibandingkan dengan *Filtered Back Projection* (FBP) (Padole dkk, 2015)

Instalasi Radiologi RSUD dr. Instalasi Radiologi RSUD dr. Moewardi Surakarta memiliki MSCT merk GE 128 *Slice*, dilengkapi *software* IR yaitu ASiR-V, yang merupakan teknologi IR *hybrid* generasi terbaru GE. ASiR-V mengombinasikan antara ASiR dan MBIR dengan kemampuan mereduksi *noise* jauh lebih baik dibanding ASiR dan waktu proses yang jauh lebih singkat (Ludwig dkk, 2019). Pemeriksaan MSCT *pediatric* di RSUD dr. Moewardi Surakarta termasuk cukup banyak. Tidak kurang dari 25 pasien *pediatric* dilayani setiap bulannya yang sebagian besarnya adalah pemeriksaan MSCT *brain*. Protokol yang biasa digunakan adalah Helical Head Non Contrast dengan kV 120, menggunakan mA modulation diatur secara otomatis di nilai 165 mA dengan Dose Reduction 50% dan ASiR pada 50% (AR50). Protokol ini digunakan baik untuk dewasa maupun anak-anak,

sehingga pasien pediatrik beresiko mendapatkan dosis radiasi berlebih.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi pada pemeriksaan MSCT *brain pediatric* dengan variasi arus tabung 165 mA, 100 mA, 80 mA dan variasi ASiR-V 20%, 40%, 60% dan 80%, pengaruh variasi mA terhadap dosis dan untuk mengetahui nilai mA serta ASiR-V yang memberikan dosis minimal dengan informasi anatomi optimal.

Metode

Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimen yang dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2022 di Instalasi Radiologi RSUD dr. Moewardi Surakarta. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah protokol MSCT *brain pediatric* dengan variasi arus tabung 165 mA, 100 mA dan 80 mA serta variasi ASiR-V 20%, 40%, 60% dan 80%. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah informasi anatomi pada irisan axial setinggi basal ganglia yang dinilai responden dengan “sangat jelas”, “jelas”, “cukup jelas”, “kurang jelas”, “tidak jelas” dan dosis radiasi yang diketahui melalui CTDiVol tiap pasien kemudian dikalikan range sehingga diketahui nilai *Dose Length Product* (DLP) nya yang selanjutnya dikonversi menjadi dosis efektif dengan mengalikan DLP dan koefisien konversi yaitu 0,004 sehingga diperoleh nilai perkiraan dosis efektif dalam satuan mili Sievert (mSv) (McCollough dkk, 2007). Variabel terkontrol dari penelitian ini adalah *spiral scanning*, kV, mA modulation, *slice thickness*, usia *pediatric* 1-5 tahun, ketebalan obyek, *rotation time*, *range*, *pitch*, *window width* dan *window level*.

Sampel penelitian adalah pasien MSCT *brain pediatric* yang dibagi tiga perlakuan, sepertiga MSCT *brain pediatric* menggunakan arus tabung 80 mA, sepertiga lain 100 mA dan sepertiga lain 165 mA, yang masing-masing sampel dilakukan *post processing* menggunakan variasi ASiR-V 20%, 40%, 60% dan 80%. Hasil citra radiografi setiap film adalah 12 citra yang terdiri dari kombinasi variasi arus tabung dan ASiR-V yaitu 80 mA-AR20, 80 mA-AR40, 80 mA-AR60, 80 mA-AR80, 100 mA-AR20, 100 mA-AR40, 100 mA-AR60, 100 mA-AR80, 165 mA-AR20, 165 mA-AR40, 165 mA-AR60 dan 165 mA-AR80.

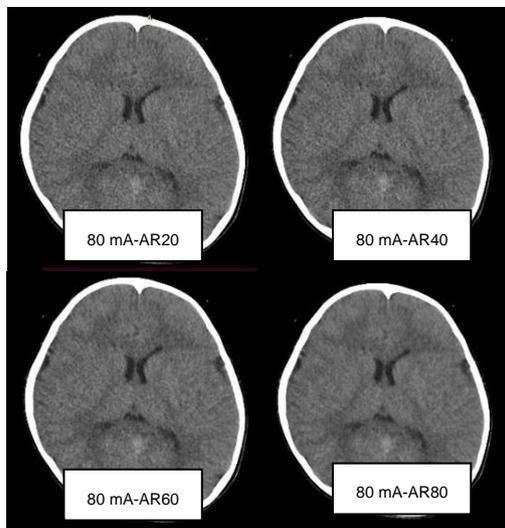
Responden penelitian terdiri dari 3 orang dokter spesialis radiologi, memberikan penilaian citra menggunakan tabel kuesioner dengan mengisi poin 1/2/3/4/5 dengan kategori “tidak jelas”/ “kurang jelas”/ “cukup jelas”/ “jelas”/ “sangat jelas”.

Analisis data nilai informasi anatomi dilakukan dengan analisa deskriptif dari tabel *crosstabs* hasil penilaian citra radiografi oleh ketiga responden terhadap variasi arus tabung dan ASiR-V. Pengaruh variasi arus tabung terhadap dosis menggunakan uji regresi linier. Analisa kombinasi arus tabung dan ASiR-V yang direkomendasikan menggunakan analisa deskriptif.

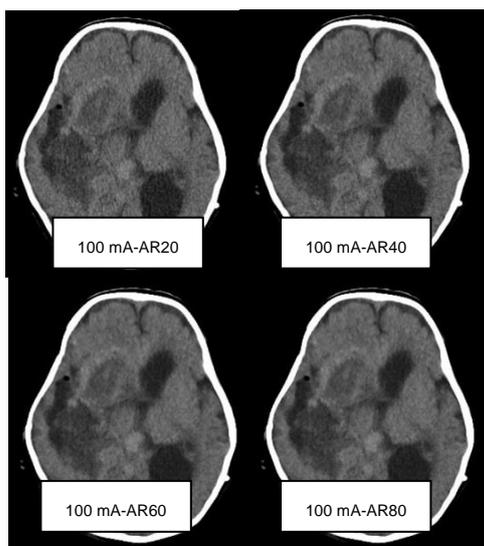
Hasil dan Pembahasan

Informasi anatomis pada pemeriksaan MSCT *brain pediatric*

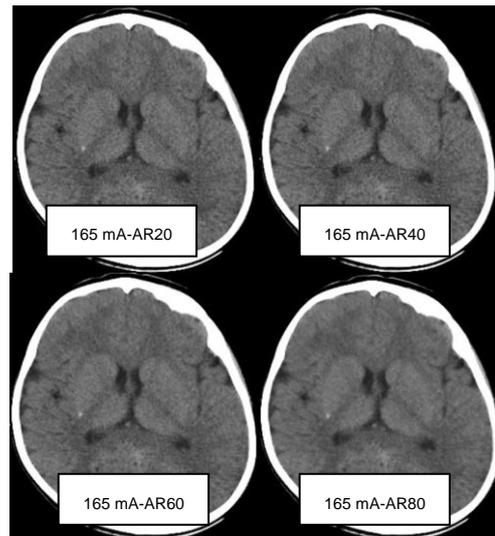
Citra radiografi dalam variasi arus tabung dan ASiR-V dapat dicontohkan sebagai berikut.



Gambar 1. Variasi ASiR-V dengan arus tabung 80 mA.



Gambar 2. Variasi ASiR-V dengan arus tabung 100 mA



Gambar 3. Variasi ASiR-V dengan arus tabung 165 mA.

Sampel penelitian adalah 12 orang pasien MSCT *brain pediatric* usia di bawah 5 tahun dengan rincian 4 pasien dilakukan MSCT brain pediatric menggunakan arus tabung 80 mA, 4 pasien 100 mA dan 4 pasien 165 mA yang masing-masing sampel dilakukan *post processing* menggunakan variasi ASiR-V 20%, 40%, 60% dan 80%. Diperoleh 4 lembar film radiografi dengan setiap lembar terdiri dari 12 citra kompilasi, dinilai oleh 3 responden dari dokter spesialis radiologi. Karakteristik responden yaitu responden 1 dengan lama kerja 7 tahun, responden 2 dengan lama kerja 7 tahun dan responden 3 dengan lama kerja 12 tahun.

Ketiga responden memberikan penilaian dan hasil penilaian disajikan dalam bentuk tabel *crosstabs* berikut ini.

Tabel 1. Informasi anatomi dari variasi mA dan ASiR-V terhadap nilai informasi anatomi

Variasi (mA-AR)	Nilai informasi anatomi				
	Tidak Jelas	Kurang Jelas	Cukup Jelas	Jelas	Sangat Jelas
80 mA-AR20	25.0%	8.3%	50.0%	16.7%	0.0%
80 mA-AR40	25.0%	8.3%	41.7%	25.0%	0.0%
80 mA-AR60	16.7%	41.7%	25.0%	16.7%	0.0%
80 mA-AR80	16.7%	41.7%	25.0%	16.7%	0.0%
100 mA-AR20	8.3%	33.3%	33.3%	16.7%	8.3%
100 mA-AR40	8.3%	33.3%	41.7%	8.3%	8.3%
100 mA-AR60	8.3%	33.3%	41.7%	8.3%	8.3%
100 mA-AR80	8.3%	58.3%	25.0%	0.0%	8.3%
165 mA-AR20	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%
165 mA-AR40	0.0%	0.0%	25.0%	58.3%	16.7%
165 mA-AR60	0.0%	25.0%	16.7%	25.0%	33.3%
165 mA-AR80	0.0%	25.0%	16.7%	25.0%	33.3%

Terdapat perbedaan nilai informasi anatomi dari variasi arus tabung dan ASiR-V. Responden menilai dengan kategori “sangat jelas” pada variasi 165 mA-AR60 dan 165 mA-AR80 dengan prosentase masing-masing 33,3%. Disusul dengan kategori “jelas” pada 165 mA-AR20 dengan prosentase 66,7% dan pada 165 mA-AR40 dengan prosentase 58,3%. Selanjutnya yang dinilai dengan kategori “cukup jelas” adalah pada variasi 80 mA-AR20 dengan prosentase 50%, disusul dengan prosentase yang sama sebesar 41,7% pada tiga variasi yaitu 100 mA-AR60, 100 mA-AR40 dan 80 mA-AR40. Selanjutnya dengan prosentase 33,3% dengan kategori “cukup jelas” adalah 100 mA-AR20. Sisanya mendapat nilai dengan kategori “kurang jelas” adalah variasi 100 mA-AR80 dengan prosentase 58,3%, 80 mA-AR60 80 mA-AR80 masing-masing prosentase 41,7%.

Seeram (2019) menyebutkan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap *noise* adalah faktor eksposi, detektor dan ketebalan irisan atau *slice thickness* serta *pitch*. Dengan diturunkan faktor eksposi dalam hal ini arus tabung akan meningkatkan *noise* yang akibatnya menurunkan kualitas citra. Kualitas citra yang turun akan membuat informasi anatomi berkurang. Penelitian ini mendukung teori tersebut, yaitu dengan menggunakan variasi arus tabung yang lebih rendah (80 mA) informasi anatomi dinilai dengan kategori yang kurang baik dibanding dengan menggunakan arus tabung 165 mA. Penilaian responden pada kategori “sangat jelas” dan “jelas” semua ada pada arus tabung 165 mA. Selain itu dari penilaian responden diketahui bahwa variasi ASiR-V yang digunakan pada arus tabung 165 mA tidak menurunkan kualitas citra.

Seeram, (2019) menyebutkan keuntungan dari rekonstruksi ASiR-V adalah dapat digunakan dengan dosis rendah, mengurangi *noise*, dan meningkatkan resolusi spasial jika dibandingkan dengan algoritma FBP untuk persamaan noise gambar. Hal ini terbukti bahwa dengan menggunakan arus tabung lebih rendah seperti 80 mA-AR20, responden menilai dengan kategori “cukup jelas” dengan prosentase yang cukup tinggi yaitu 50%, disusul selanjutnya variasi 80 mA-AR40, responden menilai dengan kategori “cukup jelas” dengan prosentase 41,7% sama seperti penilaian pada variasi 100 mA-AR40 dan 100 mA-AR60.

Dalam penelitian ini pemberian variasi ASiR-V terbukti menurunkan *noise*. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa penggunaan ASiR dengan dosis rendah dapat mereduksi *noise* secara signifikan dibanding

dengan dosis rutin menggunakan FBP, sehingga memungkinkan pemeriksaan menggunakan dosis yang lebih rendah. Meskipun dapat mengurangi ketajaman gambar, pemeriksaan dengan ASiR memiliki nilai diagnostik yang sebanding dengan pemeriksaan dengan FBP (Hardie dkk, 2014). Penelitian ini mendukung teori yang ada bahwa memanfaatkan ASiR-V dapat meningkatkan nilai informasi anatomi, sehingga dengan menurunkan arus tabung/dosis, informasi anatomi pun masih terlihat jelas. Hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang menyimpulkan ada perbedaan informasi anatomi pada MSCT Abdomen menggunakan variasi ASiR, dan nilai ASiR yang paling optimal adalah ASiR 40%. Dalam penelitian ini memanfaatkan ASiR-V 40% mendapat kategori penilaian “cukup jelas” untuk arus tabung yang paling rendah yaitu 80 mA.

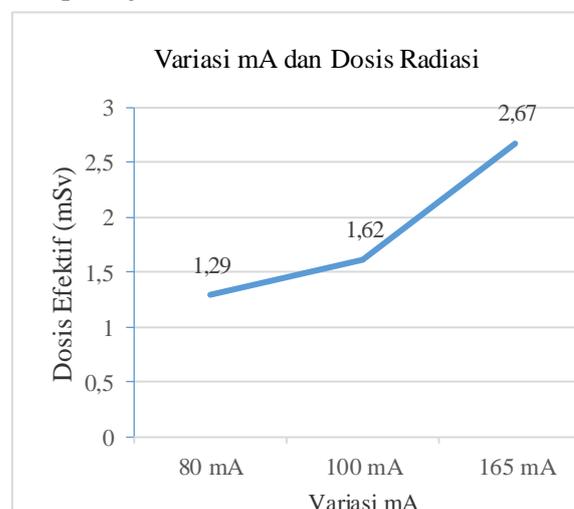
Pengaruh variasi arus tabung pada pemeriksaan MSCT brain pediatric terhadap dosis radiasi

Data dosis radiasi untuk setiap variasi arus tabung ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Dosis radiasi pada variasi mA

No	Arus tabung (mA)	CTDiV OL (mGy)	Range (cm)	DLP	Koef. Konversi	Dosis Efektif (mSv)
1	80	16.18	20	323.6	0.004	1.29
2	100	20.22	20	404.4	0.004	1.62
3	165	33.37	20	667.4	0.004	2.67

Berdasarkan tabel 2 diketahui dosis efektif yang diterima pasien dengan 80 mA adalah 1,29 mSv, 100 mA adalah 1,62 mSv dan 165 mA adalah 2,67 mSv. Dapat dideskripsikan juga dalam bentuk grafik pada gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Variasi mA dan dosis radiasi yang diterima pasien

Tabel 3 menunjukkan besarnya nilai korelasi hubungan (R) yaitu sebesar 0.958. Dari output tersebut diperoleh koefisien determinasi (R Square) sebesar 0.917 yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas (Variasi mA) terhadap variabel terikat (Dosis Radiasi) adalah sebesar 91,7 %.

Tabel 3. Output Bagian Kedua (Model Summary)

Nilai konstan (X)	b / koefisien regresi	t	Sig.
0.480	0.690	10.498	0.000

Hal ini sesuai dengan Seeram, (2019), yang menyebutkan bahwa terdapat faktor-faktor yang memiliki efek langsung pada dosis radiasi pasien, meliputi *exposure technique factors, X-raybeam collimation, pitch, patient centering, number of detectors, dan over-ranging*, juga disebut sebagai *z-over scanning*, dan *iterative reconstruction*. *Exposure technique factors* (faktor eksposi) yang penulis gunakan adalah variasi arus tabung (mA).

Sianturi dkk, (2018) menyampaikan bahwa nilai arus tabung berpengaruh terhadap nilai intensitas sinar-X. Intensitas ini pada hasil citra foto rontgen mempengaruhi nilai kehitaman pada film (densitas). Selain berpengaruh terhadap nilai intensitas sinar-X yang keluar dari tabung, nilai arus tabung yang dipilih juga sangat berpengaruh terhadap terimaan dosis radiasi pasien. Hubungan jumlah dosis output radiasi terhadap arus tabung adalah dosis serap yang diterima objek akan semakin besar bila pengaturan tegangan dan arus ditingkatkan dan juga mempengaruhi besarnya intensitas dan daya tembus sinar-X yang dihasilkan. Besarnya intensitas sinar-X yang diberikan sangat mempengaruhi kualitas pencitraan yang dihasilkan.

Dari hasil *dose report* pemeriksaan MSCT *brain pediatric* dalam penelitian ini didapatkan bahwa nilai CTDI_{vol} berbeda antara variasi arus tabung 80 mA, 100 mA dan 165 mA. Nilai CTDI_{vol} dikalikan dengan *range* 20 cm didapatkan nilai DLP dan akhirnya setelah dikalikan dengan konstanta diperoleh nilai dosis efektif (McCollough dkk, 2007).

Dari tabel 4 diketahui nilai *Constant* (X) sebesar 0,480, nilai Variasi mA (b/koefisien regresi) sebesar 0,690, sehingga persamaan regresinya dapat dianalisa:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

$$Y = 0.480 + 0.690X \quad (2)$$

Persamaan tersebut dapat diterjemahkan:

Konstanta sebesar 0,480 mengandung arti bahwa nilai konsistensi variabel dosis radiasi adalah sebesar 0,480. Koefisien regresi X sebesar 0,690 menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai variasi mA, maka nilai dosis radiasi bertambah sebesar 0,690. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dikatakan bahwa arah pengaruh variabel X terhadap Y adalah positif. Berdasarkan nilai signifikansi *coefficients* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0.000 < 0.05, sehingga dapat diartikan bahwa variabel Variasi mA (X) berpengaruh terhadap variabel dosis radiasi (Y). Nilai t sebesar 10,498 > t-Tabel 2.228, menunjukkan bahwa variasi mA (X) berpengaruh terhadap dosis radiasi (Y).

Tabel 4. Output bagian Keempat (Coefficients)

R	R Square
0,958	0,917

Pengaturan arus tabung 80 mA dengan dosis efektif 1,29 mSv masuk dalam kategori *low dose* (Yasaka dkk, 2013), berbeda signifikan dengan arus tabung 165 mA dengan dosis efektif 2,67 mSv. Verinda dkk, (2020) menghitung bahwa DRL nasional untuk dosis efektif adalah 3,8 mSv untuk kontras dan 2,8 mSv untuk parameter non-kontras. Pengaturan variasi arus tabung dalam penelitian ini, perkiraan dosis efektif adalah 1,29 mSv, 1,62 mSv, 2,67 mSv masih di bawah DRL nasional.

Radiosensitivitas lebih besar dibanding orang dewasa sehingga memiliki potensi efek karsinogenik yang lebih besar (BAPETEN, 2020). Oleh karena itu pilihan faktor eksposi yang salah satunya adalah arus tabung harus dipilih secara bijak agar dosis radiasi yang diterima pasien *pediatric* serendah mungkin

Nilai mA dan ASiR-V yang memberikan dosis minimal dengan kualitas citra yang optimal pada MSCT *brain pediatric*

Penelitian ini mendapatkan nilai mA dengan dosis paling rendah adalah pengaturan arus tabung pada nilai 80 mA yaitu sekitar 1,29 mSv dan arus tabung dengan dosis paling tinggi adalah 165 mA dengan dosis efektif yang diterima pasien adalah 2,67 mSv. Yasaka dkk, (2013) membuat kategori dosis radiasi pada pemeriksaan MSCT dengan kategori *low-dose* pada dosis efektif $1,45 \pm 0,50$, dalam hal ini untuk arus tabung 80 mA dan 100 mA termasuk dalam kategori *low-dose*. Menurut Seeram, (2019) keuntungan lain dari rekonstruksi ASiR-V adalah dapat digunakan dengan dosis rendah, mengurangi *noise*, dan meningkatkan

resolusi spasial.

Nilai informasi anatomi paling baik pada pengaturan arus tabung 165 mA. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi arus tabung akan menurunkan *noise* dan berdampak pada kualitas citra yang akhirnya pada informasi anatomi. Pengaturan arus tabung 165 mA dengan keempat variasi ASiR-V yang digunakan mendapatkan penilaian responden dengan kategori tertinggi yaitu sangat jelas dan jelas. Kemudian setelah itu pengaturan arus tabung yang memiliki nilai informasi anatomi cukup jelas adalah pada 80 mA, dan yang paling rendah pada 100 mA.

Pada penelitian ini mendapatkan variasi ASiR-V yang paling baik untuk menekan *noise* sehingga mendapatkan nilai informasi anatomi yang masih cukup jelas adalah pada ASiR-V 20% untuk arus tabung 80 mA kemudian disusul ASiR-V 40% untuk arus tabung 80 mA dan 100 mA, ASiR-V 60% untuk arus tabung 100 mA dan terakhir ASiR-V 20% untuk arus tabung 100 mA.

Berdasarkan pemaparan hasil penelitian di atas, dapat penulis kemukakan bahwa arus tabung dan ASiR-V yang menghasilkan informasi anatomi yang cukup jelas dan dosis radiasi yang rendah pada MSCT *brain pediatric* adalah arus tabung 80 mA dengan ASiR-V 20% (80 mA-AR20). Dengan arus tabung 80 mA, pasien akan mendapatkan paparan radiasi rendah, sehingga peluang terjadinya efek karsinogenik pada pasien akibat paparan radiasi MSCT *brain pediatric* dapat diturunkan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam memperoleh pasien anak dengan rentang usia lebih dari 5 (lima) tahun. Disarankan penelitian lebih lanjut dengan kriteria sampel yang lebih luas.

Simpulan

Ada perbedaan informasi anatomi pada pemeriksaan MSCT brain pediatric dengan variasi arus tabung dan ASiR-V.

Ada pengaruh variasi arus tabung 80 mA, 100 mA dan 165 mA terhadap dosis radiasi yang diterima pasien pada MSCT brain pediatric dengan p value 0,000 ($p < 0,05$) dan persamaan regresi $Y = 0,480 + 0,690X$, sehingga setiap penambahan nilai mA sebesar 1%, nilai dosis radiasi akan bertambah sebesar 0,690.

Nilai mA dan ASiR-V yang memberikan dosis minimal dengan informasi anatomi yang setara pada MSCT brain pediatric adalah 80 mA dan ASiR-V 20% (80 mA-AR20).

Daftar Pustaka

- Noor, J. A., & Normahayu, I. (2014). Dosis Radiasi Dari Tindakan Ct-Scan Kepala. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 1(2), 84-91.
- BAPETEN. (2020). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang keselamatan radiasi pada pengguna pesawat sinar-X dalam radiologi diagnostik dan intervensioal*. 42–44. 29 Januari 2022
- Lampignano, J., & Kendrick, L. E. (2017). *Bontrager's textbook of radiographic positioning and related anatomy-E-book*. Elsevier Health Sciences.
- McCollough, C., Cody, D., Edyvean, S., Geise, R., Gould, B., Keat, N., ... & Wilson, C. (2008). The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT. *Report of AAPM Task Group*, 23(23), 1-28.
- Darmini, Ari Setiyono, P., Rochmayanti, D., Nino Kurniawan, A., & Nugroho Setiawan, A. (2020, February). The optimization of mastoid CT image using windows and kernel reconstructions. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1471, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. (2019). *Gray's anatomy for students flash cards e-book*. Elsevier Health Sciences.
- Einstein, A. J. (2012). Beyond the bombs: cancer risks of low-dose medical radiation. *The Lancet*, 380(9840), 455-457.
- Hardie, A. D., Nelson, R. M., Egbert, R., Rieter, W. J., & Tipnis, S. V. (2015). What is the preferred strength setting of the sinogram-affirmed iterative reconstruction algorithm in abdominal CT imaging?. *Radiological physics and technology*, 8, 60-63.
- Khong, P. L., Ringertz, H., Donoghue, V., Frush, D., Rehani, M., Appelgate, K., & Sanchez, R. (2013). ICRP publication 121: radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. *Annals of the ICRP*, 42(2), 1-63.
- Kilic, K., Erbas, G., Guryildirim, M., Konus, O. L., Arac, M., Ilgit, E., & Isik, S. (2013). Quantitative and qualitative comparison of standard-dose and low-dose pediatric head computed tomography: a retrospective study assessing the effect of adaptive statistical iterative reconstruction. *Journal of computer assisted tomography*, 37(3), 377-381.
- Latifah, R., Jannah, N. Z., Nurdin, D. Z., & Budi, P. (2019). Determination Of Local Diagnostic

- Reference Level (Ldl) Pediatric Patients On Ct Head Examination Based On Size-Specific Dose Estimates (Ssde) Values. *Journal of Vocational Health Studies*, 2(3), 127-133.
- Liu, L. (2014). Model-based iterative reconstruction: a promising algorithm for today's computed tomography imaging. *Journal of Medical Imaging and Radiation sciences*, 45(2), 131-136.
- Ludwig, M., Chipon, E., Cohen, J., Reymond, E., Medici, M., Cole, A., ... & Ferretti, G. (2019). Detection of pulmonary nodules: a clinical study protocol to compare ultra-low dose chest CT and standard low-dose CT using ASIR-V. *BMJ open*, 9(8), e025661.
- Mathews, J. D., Forsythe, A. V., Brady, Z., Butler, M. W., Goergen, S. K., Byrnes, G. B., ... & Darby, S. C. (2013). Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *Bmj*, 346.
- Padole, A., Ali Khawaja, R. D., Kalra, M. K., & Singh, S. (2015). CT radiation dose and iterative reconstruction techniques. *AJR Am J Roentgenol*, 204(4), W384-W392.
- Qiu, D., & Seeram, E. (2016). Does iterative reconstruction improve image quality and reduce dose in computed tomography. *Radiol Open J*, 1(2), 42-54.
- Santema, T. B., Lenselink, E. A., Balm, R., & Ubbink, D. T. (2016). Comparing the Meggitt-Wagner and the University of Texas wound classification systems for diabetic foot ulcers: inter-observer analyses. *International wound journal*, 13(6), 1137-1141.
- Seeram, E. (2019). *Digital Radiography: Physical Principles and Quality Control*. Springer.
- Sianturi, H. A., Rianna, M., Sembiring, T., & Situmorang, M. (2018). Pengukuran dan Analisis Dosis Radiasi Keluaran pada Pesawat Sinar-x yang Berusia Lebih dari 10 Tahun pada Rumah Sakit di Kota Medan. *Jurnal: J. Aceh Phy. Soc*, 7(1), 1-5.
- Verinda, S. B., Anam, C., Wardaya, A. Y., & Pratama, I. B. G. P. (2020, March). The establishment of the national dose reference level (DRL) for head-CT examination in Indonesia. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1505, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
- Indrati, R., & Biyono, A. (2020). Adaptive statistical iterative reconstruction for optimization image quality of Ct scan abdomen. *Jurnal Riset Kesehatan*, 9(1), 61-64.
- Wellenberg, R. H., van Osch, J. A., Boelhouwers, H. J., Edens, M. A., Streekstra, G. J., Ettema, H. B., & Boomsma, M. F. (2019). CT radiation dose reduction in patients with total hip arthroplasties using model-based iterative reconstruction and orthopaedic metal artefact reduction. *Skeletal Radiology*, 48, 1775-1785.
- Snell, R. S. (2011). *Clinical anatomy by regions*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Yasaka, K., Katsura, M., Akahane, M., Sato, J., Matsuda, I., & Ohtomo, K. (2013). Model-based iterative reconstruction for reduction of radiation dose in abdominopelvic CT: comparison to adaptive statistical iterative reconstruction. *Springerplus*, 2(1), 1-9.