



Analisis Nilai CTDIvol pada Teknik Pemeriksaan *Low Dose CT Scan (LDCT) Thorax* Skrining Covid-19 Tanpa dan Dengan Penggunaan Sn-Filter

Iwan Setiawan¹, Nursama Heru Apriantoro¹, Eka Putra Syarif Hidayat¹

¹Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II, Jl. Hang Jebat III Blok F/3, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia, Kode Pos 12120.

setiawan.iwan82@gmail.com

Makalah Penelitian

Menyerahkan

23 Desember 2021

Diterima

11 Juli 2022

Terbit

29 Juli 2022

ABSTRAK

Selama lebih dari 40 tahun berbagai inovasi teknologi *Computed Tomography (CT) Scan* telah dikembangkan untuk mengurangi dosis radiasi yang diterima pasien. Penempatan filter pre pasien tambahan; *sn-filter* (filter timah) melengkapi sistem filter pre pasien yang sudah ada (*bow tie filter*) menjadi perhatian salah satu pabrik penyedia alat CT Scan guna mewujudkan teknik pemeriksaan dengan dosis yang sangat rendah (*low dose CT Scan/ LDCT*). Teknik LDCT dengan Sn-filter telah digunakan di dalam pelayanan radiodiagnostik imejing CT Scan di Rumah Sakit Hermina Depok khususnya pada pemeriksaan CT thorax skrining Covid-19, sebagai prosedur deteksi dini sebelum tindakan elektif lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai CTDIvol pada teknik LDCT thorax tanpa dan dengan Sn-filter pada pasien skrining Covid-19 dan korelasinya terhadap *noise* citra. Pengambilan data CTDIvol didapat dengan melakukan *scan* terhadap 2 kelompok pasien, dilakukan pemeriksaan *scanning* teknik LDCT thorax tanpa Sn-filter dan dengan Sn-filter. Diperoleh rata-rata nilai CTDIvol teknik LDCT tanpa Sn-filter sebesar 2,33 mGy dan dengan Sn-filter sebesar 1,47 mGy. Hasil uji statistik *independent sample t-test* didapat nilai Sig (*2-tailed*) $0.000 < 0.05$, yakni ada perbedaan signifikan rata-rata nilai CTDIvol pada teknik pemeriksaan LDCT thorax skrining Covid-19 tanpa dan dengan Sn-filter. Data *noise* didapat dengan melakukan *scanning* pada 3 macam tipe CT *water phantom* menggunakan teknik LDCT tanpa dan dengan Sn-filter. Diperoleh rata-rata nilai *noise* pada teknik LDCT tanpa Sn-filter sebesar 18,88% dan dengan Sn-filter sebesar 23,66%, adanya peningkatan rata-rata *noise* citra sebesar 4,78% bila menggunakan teknik LDCT dengan Sn-filter.

Kata kunci: CT Scan dosis rendah, screening Covid-19, filter timah, tingkat noise

ABSTRACT

Over the past 40 years, various CT technology innovations have been developed to reduce the radiation dose patients receive. Establishing an additional pre-patient filter, Sn-filter (tin filter), to complete the existing pre-patient filter (bow tie filter) has become one of the CT Scan manufacture's concerns to provide the Low Dose CT Scan (LDCT) technique. LDCT technique with Sn-filter has been implemented in Hermina Depok hospital especially for CT thorax screening Covid-19 examination, as an early detection before patients receive the following elective procedure. This study aims to identify the results of CTDIvol between LDCT thorax screening Covid-19 examination with or without Sn-filter and its correlation to image noise. CTDIvol data was obtained by LDCT scanning into two groups of patients without or with Sn-filter. The average CTDIvol value LDCT without Sn-filter is 2,33 mGy and with Sn-filter is 1,47 mGy. The statistic of the independent sample t-test result revealed Sig (*2-tailed*) = $0.000 < 0.05$, indicating a difference in the average CTDIvol value without or with Sn-filter. The noise level has obtained by LDCT scanning into three types of CT water phantom. The average noise level value LDCT without Sn-filter is 18,88%, and with Sn-filter 23,66%, the intermediate image noise level is increased by 4,78% using LDCT with Sn-filter.

Keywords: low dose CT Scan, screening Covid-19, Sn-filter, CTDIvol, noise level

1. PENDAHULUAN

Di saat puncak perawatan pasien terjadi hampir di seluruh fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes) yang ada di Indonesia akibat pandemi Covid-19, prosedur deteksi dini terinfeksi atau tidak bagi pasien sebelum diberikan tindakan medis atau elektif lanjutan di fasyankes sangat menentukan lingkungan kerja yang aman bagi petugas medis dan penting juga untuk menghentikan penyebaran virus SARS-CoV-2 itu sendiri [1, 2]. Pengujian *reverse transcriptase-polymerase chain reaction* (RT-PCR) yang merupakan *gold-standard* untuk pengujian infeksi virus SARS-CoV-2 [3] menjadi sangat terbatas pada saat itu, karena kurang serta sulitnya mendapatkan pasokan dari pihak penyedia. Mengatasi hal tersebut, pemeriksaan skrining CT Scan thorax/ rongga paru-paru sebagai solusi alternatif yang diberikan dengan mengevaluasi adanya tanda khas *ground-glassopacities* unifokal atau multifokal pada hasil citra *scanning* paru-paru pasien tersebut yang mencurigakan positif terinfeksi virus SARS-CoV-2 [2].

Hal ini menyebabkan meningkatnya permintaan CT Scan thorax pasien di fasyankes oleh dokter disertai adanya tuntutan kebutuhan untuk mengurangi efek resiko radiasi pengion bagi pasien tersebut. Kebutuhan teknik *scan* dosis rendah (*low dose CT Scan*) perlu dan harus dapat di aplikasikan pada semua tipe alat CT Scan dari produsen yang berbeda [4].

American College of Radiology (ACR) dan *Society of Thoracic Radiology* telah merekomendasikan bahwa kategori parameter LDCT dengan batas nilai *Computed Tomography Dose Index volume* (CTDIvol) 3 mGy, inklusi pada pasien dengan berat badan standar 72,5 kilogram (kg), tinggi badan 170 sentimeter (cm), atau dengan batas indeks massa tubuh (IMT) $\leq 25,08$ [5]. Cukup banyak teknologi yang telah dikembangkan pada alat CT Scan oleh perusahaan penyedia untuk memenuhi kebutuhan teknik pemeriksaan LDCT ini, diantaranya; teknologi *Auto mA*, *CARE kV*, detektor *ultra fast ceramics* (UFC), algoritma *iterative reconstruction*, serta pemakaian filter pre pasien pada sistem tabung sinar-X.[6]–[8].

Pemilihan filter pre pasien tambahan ini telah menjadi perhatian utama salah satu perusahaan penyedia alat CT-Scan dalam upaya mereka mewujudkan pemeriksaan CT Scan dengan dosis yang sangat rendah, yakni dengan meletakkan filter timah (Sn-filter) tepat di depan jendela keluar radiasi sinar-X. Teknologi pre filter tambahan melengkapi sistem filter pre pasien berbentuk kupu-kupu (*bow-tie filter*) yang umumnya sudah ada pada semua tipe CT Scan yang ada saat ini.

Oleh sebab itu, artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan nilai CTDIvol pada teknik pemeriksaan LDCT thorax skrining Covid-19 tanpa dan dengan penggunaan teknologi Sn-filter, menganalisis adakah perbedaan rata-rata nilai CTDIvol pada kedua teknik pemeriksaan tersebut, serta korelasinya terhadap nilai *noise* yang dihasilkan.

2. LANDASAN TEORI

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi dosis radiasi pada suatu prosedur pemeriksaan CT Scan, umumnya jumlah radiasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu citra CT Scan yang baik divariasikan dengan mengubah intensitas arus tabung (miliampere/ mA) dan waktu scan (sekon, s) [9]. Ada juga potensi besar untuk pengurangan dosis secara signifikan yakni dengan mengadaptasi perubahan nilai tegangan tabung (kilovolt, kV), serta khusus pada teknik *scanning helical* kecepatan pergerakan, *Pitch*, juga harus dipertimbangkan, jika nilai *pitch* kurang dari satu, maka pergerakan meja lambat dan berkas sinar-X akan menjadi *overlap* serta dosis pun meningkat [6].

Kemudian dikembangkan berbagai inovasi teknologi pada pesawat CT Scan untuk mengurangi dosis radiasi yang di terima pasien selama menjalani prosedur pemeriksaan CT Scan, diantaranya:

1. **Auto mA**
Teknologi auto mA akan mengadaptasi parameter scan ke ukuran anatomi pasien yang sesungguhnya, kemudian menyesuaikan intensitas arus tabung (mA) dengan ukuran dan bentuk tubuh pasien sepanjang sumbu-z [6].
2. **CARE kV**
Secara konvensional pada alat CT Scan selama ini umumnya hanya mengontrol penurunan arus tabung sinar-X saja (Auto mA), sementara beda potensial tabung sinar-X (pengaturan nilai kV) dibiarkan tidak tersentuh, padahal pengaturan nilai kV juga berpotensi besar untuk pengurangan dosis pasien secara signifikan. Teknologi *Combine Application to Reduce Exposure kV* (CARE kV) atau auto kV adalah fitur otomatis yang menyesuaikan beda potensial tabung sinar-X (voltase) dengan masing-masing ukuran pasien, kemampuan sistem dan aspek klinis [10].
3. **Detektor UFC**
Detektor UFC adalah bahan sintilator yang secara cepat dan efisien mengubah radiasi dari tabung sinar-X menjadi sinyal cahaya, menggunakan bahan dasar kristal senyawa gadolinium oksulfide (GOS), memiliki koefisien penyerapan sinar-X yang besar dan bereaksi cepat terhadap perubahan intensitas sinar-X, dioptimalkan pada alat CT Scan dengan kecepatan rotasi di bawah 0,3 detik karena memiliki *after glow* yang singkat [11].
4. **Algoritma Iterative Reconstruction**
Teknik rekonstruksi berulang (*iterative reconstruction*) terbukti mampu untuk menurunkan dosis CT Scan. *Iterative Reconstruction* (IR) merupakan suatu teknik rekonstruksi alternatif, disamping teknik rekonstruksi umum *Filtered Back Projection* (FBP), untuk pembuatan hasil akhir citra CT Scan yang rendah *noise*, kontras gambar tinggi, dengan melalui proses rekonstruksi

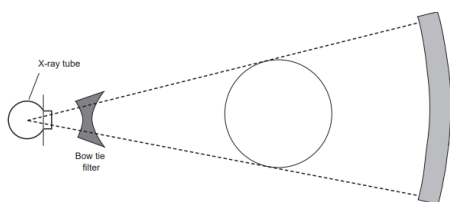
berulang didalam suatu siklus rekonstruksi gambar [12, 13].

5. Filter Pre Pasien

Radiasi yang dipancarkan oleh tabung sinar-X CT Scan adalah polikromatik, maka penyaringan sinar-X oleh rangkaian filter pre pasien tentu saja akan mengurangi kisaran energi sinar-X yang mencapai pasien, dengan cara menghilangkan sinar-X yang memiliki panjang gelombang panjang/ energi foton rendah. Sinar-X dengan energi rendah tidak berkontribusi terhadap kualitas gambar CT Scan, tetapi justru berkontribusi pada dosis radiasi yang di terima pasien. Penempatan filter pre-pasien akan menghasilkan sinar-X yang lebih seragam intensitasnya melalui proses penguatan berkas (*beam hardening*) dan pembentukan berkas (*beam shaping*) [8, 14].

5.1. Bow tie filter

Filter pre pasien berbentuk dasi kupu kupu (*bow tie*), merupakan filter pre pasien yang digunakan hampir diseluruh tipe alat CT Scan yang ada saat ini berbahan dasar Aluminium (Al) dengan ketebalan tertentu, bentuk dasi kupu kupu disesuaikan dengan penampang tubuh manusia yang berbentuk bulat, lebih tebal dibagian tengah tubuh daripada bagian pinggir [15].



Gambar 1. Bow tie filter

5.2. Sn-filter

Sn-filter (Stannum/ timah) merupakan filter pre pasien bergerak yang ditempatkan didepan jendela keluar radiasi tabung sinar-X, dipasang tepat dibawah *filter bow tie* yang sudah ada. Filter timah merupakan filter pre pasien tambahan yang memiliki fungsi ganda sebagai penguat dan pembentuk berkas sinar-X, hal ini menyebabkan spektrum sinar-X yang dihasilkan lebih sempit dengan tingkat energi rata-rata sinar-X yang tinggi. Bahan timah dipilih karena bukan merupakan elemen radioaktif, tidak mudah menguap, dan telah lulus uji sebagai elemen yang paling potensial untuk pembentukan spektral [8].

Kuantitas radiasi di dalam suatu pemeriksaan CT Scan dapat di ketahui melalui nilai CTDI_{vol} yang dihasilkan. CTDI_{vol} didefinisikan sebagai dosis persatuan volume scan yang dipengaruhi oleh nilai *Computed Tomography Dose Index weighed (CTDI_w)* dan nilai *pitch*, nilainya akan berkurang seiring bertambahnya nilai *pitch* [16].

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{pitch} \dots\dots (1)$$

Nilai CTDI_{vol} dinyatakan dalam mili Gray (mGy), dan hampir dipastikan selalu ditampilkan pada semua konsol alat CT Scan walaupun dari berbagai macam tipe/ merk yang berbeda.

Perubahan kuantitas radiasi yang diberikan di dalam pelayanan pemeriksaan CT Scan tentu saja akan mempengaruhi kualitas citra CT Scan yang dihasilkan. Salah satu parameter kualitas citra CT Scan yang dapat diukur adalah *noise* [16]. Nilai *noise* pada citra CT Scan dapat diketahui dari nilai deviasi standar CT *number* pada area *region of interest (ROI)*, dan *noise* sebagai persentase dari kontras atau CT *number* kisaran ± 1000 [17]. Dinyatakan sebagai berikut:

$$Noise\ level\ (\%) = \frac{\sigma}{1000} \times 100 \dots\dots (2)$$

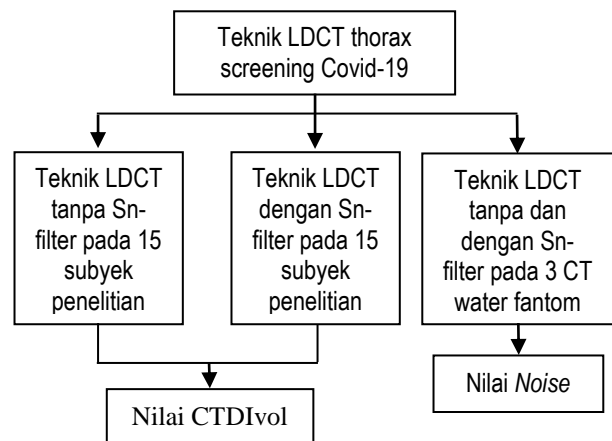
Dimana σ merupakan deviasi standar, dan deviasi standar merupakan rata-rata nilai matrik citra (pixel) yang memenuhi persamaan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots (3)$$

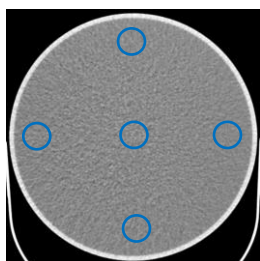
Dimana nilai x_i merupakan CT *number* masing-masing, yang dapat diukur pada lima titik kuadran, yakni kuadran 1, kuadran 2, kuadran 3, kuadran 4, serta kuadran pusat. Dan nilai \bar{x} adalah nilai rata-rata dari semua nilai CT *number* tiap kuadran, serta n adalah banyaknya jumlah nilai CT *number* yang di rata-rata.

3. METODE

Metode pengukuran yang akan dilakukan secara kuantitatif, yakni mengukur nilai CTDI_{vol} yang dihasilkan terhadap 2 kelompok subyek penelitian setelah dilakukan prosedur scanning. Ada sebanyak 15 subyek penelitian dilakukan prosedur pemeriksaan LDCT thorax screening Covid-19 tanpa Sn-filter dan sebanyak 15 subyek penelitian lainnya dilakukan dengan prosedur pemeriksaan LDCT thorax screening covid-19 dengan Sn-filter menggunakan pesawat CT Scan merk Siemens 128 Slices tipe Somatom go.Top.



Untuk hasil nilai CTDIvol akan ditampilkan pada konsol alat CT Scan sesaat setelah proses *scanning* selesai dikerjakan, selanjutnya dengan menggunakan *software IBM SPSS statistic 26* akan dilakukan uji beda untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata nilai CTDIvol teknik LDCT thorax *screening* Covid-19 tanpa dan dengan Sn-filter. Sedangkan, untuk mengukur nilai *noise* maka akan dilakukan prosedur *scanning* teknik LDCT tanpa dan dengan Sn-filter pada 3 macam tipe CT *water phantom*, yakni: CT *water phantom* merk Siemens model no. 10495461, CT *water phantom* merk Siemen model no. 8094745, dan CT *pro water phantom*, kemudian dihitung nilai CT *number* pada ketiga *phantom* tersebut dengan *software region of interest (ROI) CT number measurement* yang diletakkan pada lima kuadran pengukuran untuk mendapatkan nilai *noise level*-nya, sebagai berikut:



Gambar 2. Titik kuadran pengukuran CT *number* pada CT *water phantom*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Diperoleh hasil nilai CTDIvol

Hasil pengukuran nilai CTDIvol terhadap subyek penelitian yang telah dilakukan *scan* teknik LDCT thorax skrining Covid-19 dengan Sn-filter dan tanpa Sn-filter masing-masing sebanyak 15 sampel, sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil nilai CTDIvol

LDCT dengan Sn-filter		LDCT tanpa Sn-filter	
Subyek	CTDIvol (mGy)	Subyek	CTDIvol (mGy)
1	1,72	1	1,35
2	2,46	2	1,9
3	1,62	3	2,6
4	1,54	4	1,9
5	2,72	5	2,6
6	2,85	6	1,9
7	2,41	7	1,9
8	2,25	8	1,15
9	1,88	9	1,18
10	2,96	10	0,77
11	2,31	11	0,97
12	1,88	12	1,5
13	2,94	13	1
14	2,6	14	0,65
15	2,85	15	0,81

Dapat diidentifikasi bahwa pada teknik LDCT tanpa Sn-filter pada Tabel 1 di peroleh nilai rata-rata CTDIvol 2,33 mGy, nilai CTDIvol maksimum 2,96 mGy, dan nilai

CTDIvol minimum 1,54 mGy. Pada teknik LDCT dengan Sn-filter di peroleh nilai rata-rata CTDIvol 1,47 mGy, nilai CTDIvol maksimum 2,60 mGy, dan nilai CTDIvol minimum 0,65 mGy. Terdapat selisih rata-rata nilai CTDIvol sebesar 0,86 mGy lebih kecil bila menggunakan teknik LDCT dengan Sn-filter.

Berdasarkan hasil uji normalitas Kolmogorov-Smirnov kedua hasil nilai CTDIvol tersebut menunjukkan nilai Sig. ($p\text{-value} = 0,200$) $> 0,05$, berarti kedua data tersebut berdistribusi normal.

Tabel 2. Hasil uji normalitas

Teknik LDCT	Kolmogorov-Smirnov ^a			
	Statistic	df	Sig	
CTDIvol	Tanpa Sn-filter	.152	15	.200*
	Sn-filter	.149	15	.200*

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Selanjutnya dilakukan uji beda statistik independent sample T-test dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil uji beda independent sample t-test

		F	Sig	t	df	Sig. (2-tailed)
CTDIvol	Equal Variances assumed	1.111	.301	4.118	28	0.000

Hasil uji beda statistik *independent sample t-test* diperoleh nilai Sig. (*2-tailed*) = 0.000 < 0.05 , menunjukkan ada perbedaan signifikan rata-rata nilai CTDIvol pada teknik pemeriksaan LDCT thorax skrining Covid-19 tanpa dan dengan Sn-filter.

4.2. Diperoleh hasil ukur *noise*

Hasil pengukuran deviasi standar dan tingkat *noise* terhadap 3 buah tipe CT *water phantom* yang telah dilakukan *scan* dengan teknik LDCT thorax dengan Sn-filter dan tanpa Sn-filter, sebagai berikut:

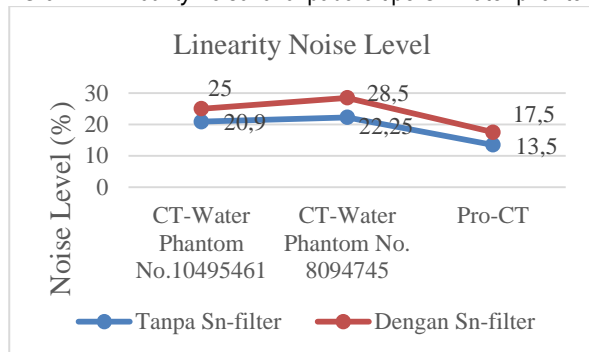
Tabel 4. Hasil ukur standar deviasi dan *noise level*

Tipe Fantom	Teknik LDCT	Standar Deviasi	Noise Level (%)
i. CT water fantom No. 10495461	Tanpa Sn-filter	0,83	20,9
		0,89	22,25
		0,54	13,5
i. CT water fantom No. 10495461	Dengan Sn-filter	1	25
		1,14	28,5
		0,7	17,5

Dapat diidentifikasi bahwa pada 3 macam tipe CT *water phantom* yang telah dilakukan *scan* dengan teknik LDCT tanpa Sn-filter di peroleh rata-rata nilai *noise* 18,88%, nilai *noise* maksimum 22,25% dan nilai *noise* minimum 13,5%. Dan pada teknik LDCT dengan Sn-

filter di peroleh rata-rata nilai *noise* 23,66%, nilai *noise* maksimum 28,50%, dan nilai *noise* minimum 17,50%. Terdapat peningkatan rata-rata nilai *noise* sebesar 4,78% bila menggunakan teknik LDCT thorax skrining Covid-19 dengan menggunakan Sn-filter.

Grafik 1. *Linearity noise level* pada 3 tipe CT water phantom



Dapat diidentifikasi bahwa pada Grafik 1 secara konsisten nilai *linearity noise level* dengan teknik LDCT dengan Sn-filter lebih tinggi bila dibandingkan dengan teknik LDCT tanpa Sn-filter.

5. KESIMPULAN

Diperoleh rata-rata nilai CTDIvol teknik LDCT thorax skrining Covid-19 terhadap 15 subyek penelitian dengan menggunakan Sn-filter sebesar 1,47 mGy, dan tanpa menggunakan Sn-filter terhadap 15 subyek penelitian sebesar 2,33 mGy. Hasil uji statistik *independent sample t-test* diperoleh nilai Sig (*2-tailed*) $0.000 < 0.05$, menunjukkan ada perbedaan signifikan rata-rata nilai CTDIvol pada kedua teknik pemeriksaan tersebut. Diperoleh rata-rata nilai *noise* hasil pengukuran scan terhadap 3 macam tipe CT *water phantom* teknik LDCT dengan Sn-filter 23,66%, dan dengan teknik LDCT tanpa Sn-filter 18,88%, menunjukkan adanya peningkatan rata-rata *noise* citra 4,78% bila menggunakan teknik LDCT dengan Sn-filter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada tim radiologi rumah sakit Hermina Depok atas segala akses, fasilitas, dan kerjasamanya sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Z. M. Jessop *et al.*, "Personal protective equipment for surgeons during COVID-19 pandemic: systematic review of availability, usage and rationing," *British Journal of Surgery*, vol. 107, no. 10. 2020, doi: 10.1002/bjs.11750.
- [2]. A. Senent-Boza *et al.*, "Preoperative CT thorax as a COVID-19 screen," *British Journal of Surgery*, vol. 107, no. 11. 2020, doi: 10.1002/bjs.11957.
- [3]. A. Bhangu *et al.*, "Global guidance for surgical care during the COVID-19 pandemic," *British Journal of*

- Surgery*, vol. 107, no. 9. 2020, doi: 10.1002/bjs.11646.
- [4]. A. Radpour *et al.*, "COVID-19 Evaluation by Low-Dose High Resolution CT Scans Protocol," *Academic Radiology*, vol. 27, no. 6. 2020, doi: 10.1016/j.acra.2020.04.016.
- [5]. M. K. Kalra, "Low-Dose CT for Lung Cancer Screening," *J. Am. Coll. Radiol.*, vol. 14, no. 5, 2017, doi: 10.1016/j.jacr.2017.01.052.
- [6]. Siemens Healthcare GmbH, *Guide to Right Dose Management*. Erlangen: Siemens Healthcare GmbH, 2017.
- [7]. F. Kelcz, P. M. Joseph, and S. K. Hilal, "Noise considerations in dual energy CT scanning," *Med. Phys.*, vol. 6, no. 5, 1979, doi: 10.1118/1.594520.
- [8]. M. Woods and M. Brehm, "Shaping the beam Versatile filtration for unique diagnostic potential within Siemens Healthineers CT," Erlangen, 2019.
- [9]. J. Wettlaufer, "Physical Principles of Medical Imaging. 2nd ed," *Radiology*, vol. 200, no. 2, 1996, doi: 10.1148/radiology.200.2.504.
- [10]. P. Shah, A. Sharma, J. Gyawali, S. Paudel, S. L. Shrestha, and S. Maharjan, "Dose optimization in computed tomography of brain using CARE kV and CARE Dose 4D," *Radiogr. Open*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.7577/radopen.3110.
- [11]. S. M. Solutions, "The CT Detector Center," *Tech. Rep.*, 2017.
- [12]. K. Grant and R. Raupach, "SAFIRE: Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction," *Tech. Rep.*, pp. 1–8, 2012.
- [13]. J. C. Ramirez-giraldo, K. L. Grant, R. Raupach, and R. Raupach, "White Paper ADMIRE: ADMIRE: Advanced Modeled Iterative Reconstruction," *Tech. Rep.*, p. 6, 2017.
- [14]. V. Kim, Donald;Mozaffary, Amirhossein;Trabzonlu; Tugce Agirlar; Yaghmai, "Comparison of Tin Filter-Based Spectral Shaping CT and Low-Dose Protocol for Detection of Urinary Calculi Amirhossein," *Am. J. Neuroradiol.*, vol. 212, no. April, p. 7, 2019.
- [15]. L. E. Romans, *Computed tomography for technologists*. Baltimore: Lippincott William & Wilkins, 2018.
- [16]. J. Hsieh, *Computed Tomography Principles, Design, Artifacts, and Recent Advances*, 2nd Editio. Bellingham: SPIE; John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [17]. Z. Lestari, Ayu Adriyuni; Sutanto, Heri; Arifin, "Analisis Noise Level Hasil Citra CT Scan Pada Tegangan Tabung 120 kV Dan 135 kV Dengan Variasi Ketebalan Irisan (Slice Thickness)," *Youngster Phys. J.*, vol. 3, no. 3, 2014.