



Evaluasi Nilai *Noise* dan *Uniformity* Citra CT Scan Sebelum dan Setelah Kalibrasi Harian

Rinawati Lestari^{1,2}, Nursama Heru¹

¹ Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II

² Instalasi Radiologi RSUP Fatmawati, Jakarta

lestari.rina.tro@gmail.com

Makalah Penelitian

Menyerahkan

13 November 2021

Diterima

12 Juli 2022

Terbit

29 Juli 2022

ABSTRAK

Teknik pencitraan *Computed Tomography* (CT) Scan merupakan pencitraan digital yang memerlukan performa optimal dari sistem CT agar dihasilkan kualitas citra yang baik sehingga dokter radiologi dapat menginterpretasi citra dengan tepat dan diagnosis dapat ditegakkan secara akurat. Frekuensi penggunaan peralatan CT Scan mempengaruhi akurasi sistem saat proses pembentukan citra, dan untuk memastikan performa optimal sistem CT Scan, perlu dilakukan prosedur jaminan mutu secara periodik yang disebut dengan kontrol kualitas atau *Quality Control* (QC). Kalibrasi harian merupakan salah satu tindakan QC yang diperlukan untuk menjamin parameter pada sistem CT Scan berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Manfaat QC adalah mengantisipasi kegagalan fungsi CT Scan sedini mungkin sehingga perawatan dan perbaikan sistem dapat segera dilakukan untuk memenuhi batas toleransi operasional dan mempertahankan kualitas citra CT yang optimal. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk melakukan observasi pentingnya kalibrasi harian terhadap *noise dan uniformity* citra CT Scan, sebagai upaya menjamin kualitas citra yang optimal. Pemindaian *phantom* dilakukan sebelum dan setelah kalibrasi CT menggunakan protokol *head* dan *abdomen*. Nilai *noise* diperoleh dari pengukuran deviasi standar pada *Region of Interest* (ROI) area sentral dari citra *water phantom*, sedangkan nilai *uniformity* CT number diperoleh dari penghitungan perbedaan *mean* pada area sentral citra *water phantom* dengan rata-rata *mean* pada area jam 12, jam 3, jam 6, dan jam 9. Nilai deviasi standar mengalami penurunan setelah dilakukan kalibrasi. Deviasi standar pada protokol *Head* terjadi penurunan sebesar 0,01 HU, sedangkan pada protokol *Abdomen* terjadi penurunan nilai deviasi standar sebesar 0,81 HU. Penurunan nilai deviasi standar setelah kalibrasi menunjukkan penurunan *noise* citra CT sehingga kualitas citra setelah kalibrasi lebih baik. Nilai *uniformity* CT number pada pemindaian dengan protokol *Head* dan *Abdomen* setelah kalibrasi juga mengalami penurunan sebesar 0,258 HU dan 1,56 HU. Penurunan nilai *uniformity* CT number masih dalam batas toleransi sistem CT, hal ini menunjukkan kalibrasi dapat meningkatkan kualitas citra CT.

Kata Kunci: Kalibrasi, Kontrol Kualitas, *Noise*, *Uniformity*

ABSTRACT

Computed Tomography (CT) imaging technique is digital imaging that requires the optimal performance of the CT system to produce good image quality so that radiologists can interpret images appropriately and diagnoses can be accurate. The frequency of use of CT equipment will affect the system's accuracy during the image formation process. To ensure optimal performance of the CT scan system, it is necessary to perform routine quality assurance procedures called quality control (QC). Daily calibration is one of the QC actions needed to ensure that the parameters on the CT Scan system function according to specifications. The benefit of QC is to anticipate the malfunction of CT as early as possible so that can do that system maintenance and repairs immediately to meet operational tolerance limits and maintain optimal CT image quality. This study aims to determine the effect of daily calibration on *noise and uniformity* of CT images to ensure optimal image quality. Phantom scans are performed before and after calibration of CT Scans with *Head* and *Abdomen* protocols. The *noise* is obtained from the measurement of Standard Deviation (SD) in the central area of the phantom image, while the *uniformity* value of the CT number is obtained from calculating the mean difference in the central area of the phantom image with the average mean in the 12 o'clock area, 3, 6, and 9. Decreased SD value after calibration; in the *Head* protocol, there is a decrease of 0.01 HU. In the *Abdominal* protocol, there is a decrease of 0.81 HU. A reduction in the value of SD after calibration indicates a decrease in CT image noise, which means better image quality after calibration. In the *uniformity* value of CT number, scanning with the *Head* and *Abdomen* protocols after calibration decreased by 0.258 HU and 1.56 HU, and still, within the tolerance limit of the CT system, this shows calibration can improve image quality.

Keywords: Calibration, Quality Control, *Noise*, *Uniformity*

1. PENDAHULUAN

Computed Tomography (CT) Scan merupakan modalitas pencitraan medis yang dapat menampilkan citraampang lintang tubuh dalam 3 dimensi secara non invasif [1]. Pemeriksaan dengan *CT Scan* merupakan standar baru yang mulai menggantikan prosedur diagnostik invasif lainnya, seperti *fluoroscopy* dan angiografi intervensi [2]. Karakteristik citra *CT Scan* dapat memperlihatkan struktur antar jaringan dengan kontras yang lebih baik bila dibandingkan dengan modalitas radiografi non tomografi lainnya [3]. Kualitas citra *CT Scan* dapat dinilai dari *noise* dan keseragaman *CT number* pada citra dengan melakukan pengukuran deviasi standar *Region Of Interest (ROI)* [4].

Teknik pencitraan CT memerlukan performa optimal agar dihasilkan kualitas citra yang baik sehingga dokter radiologi dapat menginterpretasi citra dengan tepat dan diagnosa dapat ditegakkan dengan akurat [5, 6]. Prosedur jaminan mutu secara periodik yang disebut kontrol kualitas atau *Quality Control (QC)* perlu dilakukan untuk menjamin performa optimal sistem *CT scan* [7].

Kalibrasi harian merupakan salah satu tindakan QC yang diperlukan untuk menjamin parameter pada sistem *CT Scan* berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Kalibrasi harian dikenal juga dengan sebutan *air calibration*, yang dilakukan satu kali setiap hari dan notifikasi kalibrasi harian muncul otomatis pada sistem *CT Scan* [8]. Kalibrasi harian dilakukan untuk mengatur kinerja komponen akuisisi citra *CT Scan* seperti tabung sinar X, komponen listrik dan optik pada sistem detektor beroperasi optimal sesuai standar atau spesifikasi sistem *CT Scan* [5, 8].

Kalibrasi harian yang tidak rutin dilakukan menyebabkan kualitas citra tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas citra *CT Scan* berdasarkan pengukuran *noise* dan *uniformity* sebelum dilakukan kalibrasi dan sesudah dilakukan kalibrasi.

2. LANDASAN TEORI

QC pada *CT Scan* dapat didefinisikan sebagai program yang secara berkala menguji kinerja *CT Scan* dan membandingkan kinerjanya dengan beberapa standar dengan tujuan untuk memastikan bahwa citra yang dihasilkan berkualitas [5]. QC pada *CT Scan* dilakukan dengan kolaborasi antara radiografer dan fisikawan medis, dimana QC harian dilakukan oleh radiografer sedangkan QC bulanan atau tahunan dilakukan oleh fisikawan medik [7]. QC yang dilakukan harus memenuhi 3 syarat, yaitu harus rutin dilakukan secara harian, mingguan, bulanan, dan tahunan [9], kemudian hasil pengukuran harus terdokumentasi dengan format yang konsisten dan parameter yang diuji sesuai dengan pedoman yang ditentukan [7]. Manfaat QC adalah untuk mengantisipasi kegagalan fungsi *CT Scan* sedini mungkin sehingga perawatan dan perbaikan sistem dapat segera dilakukan untuk memenuhi batas toleransi operasional [5].

American College of Radiology (ACR) dan *International Atomic Energy Agency (IAEA)*

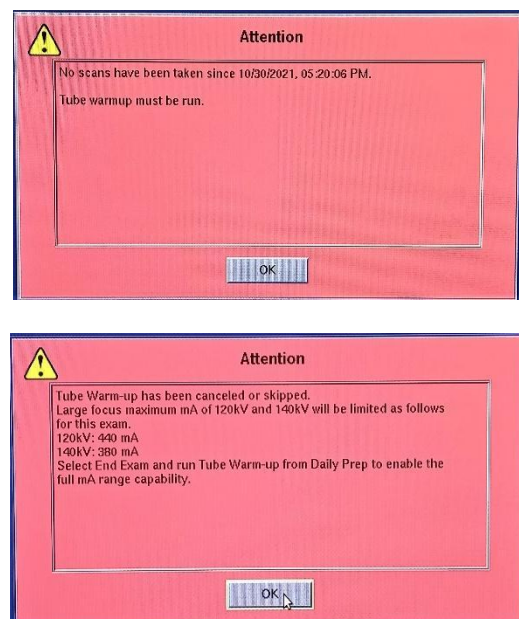
merekomendasikan pengujian yang dapat dilakukan oleh radiographer, yaitu [5]:

1. *CT number*, dan deviasi standar *noise* citra
2. Evaluasi artefak
3. QC tampilan monitor
4. Inspeksi visual pada komponen CT
5. Indikator laser untuk posisi pasien
6. Akurasi topogram
7. Pencetakan hasil citra
8. Ketepatan posisi dan pergerakan meja pemeriksaan

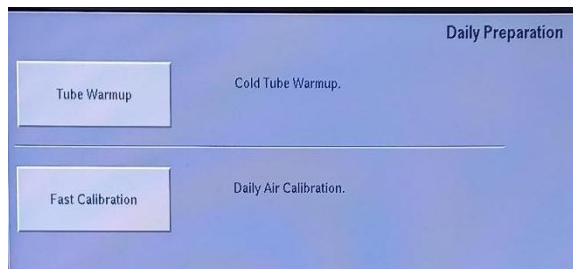
Pengujian yang dilakukan oleh fisikawan medik meliputi:

1. Kualitas citra dan proteksi radiasi bagi pasien, petugas, dan seluruh lingkungan radiologi
2. Proses instalasi alat *CT Scan* termasuk pemasangan pelindung radiasi (*shielding*)
3. Melakukan manajemen program QC untuk seluruh komponen *CT Scan* termasuk uji kesesuaian dan QC rutin
4. Optimasi dosis
5. Pengawasan dan tindak lanjut hasil temuan pada program QC

Pelaksanaan QC harian secara rutin merupakan tanggung jawab radiografer karena proses ini dapat menjaga kinerja pesawat CT sehingga kualitas citra yang dihasilkan dapat diinterpretasi dengan akurat [10]. QC harian pada sistem *CT Scan* meliputi *Fast Calibration* dan *Tube Warm Up*, dan sistem akan otomatis menampilkan notifikasi di layar monitor meja konsol untuk dilakukan kalibrasi saat sistem CT mulai dioperasikan (Gambar 1). Pemilihan jenis QC dapat diakses oleh radiografer dengan memilih protokol *daily preparation* pada monitor komputer (Gambar 2).



Gambar 1. Notifikasi untuk kalibrasi yang muncul saat *CT Scan* dinyalakan

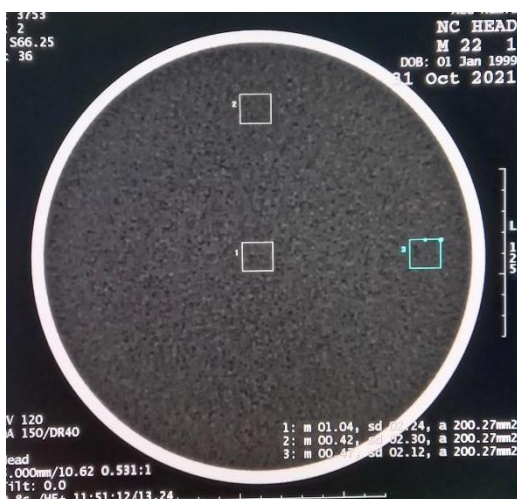


Gambar 2. Pilihan *Daily Preparation* yang merupakan QC harian pada sistem CT. Kalibrasi harian dilakukan dengan mengaktifkan *Fast Calibration*

Kualitas citra CT *Scan* berhubungan dengan kemampuan citra CT untuk memperlihatkan struktur anatomi sesuai dengan kebutuhan diagnosa. Kapasitas untuk menentukan, mengukur, dan menilai kualitas citra adalah tanggung jawab utama dari radiografer [4] yang meliputi, pemahaman tentang parameter kualitas citra CT, identifikasi penyebab menurunnya kualitas citra, dan kemampuan untuk memberikan solusi masalah kualitas citra.

Kualitas citra CT *Scan* dapat dinilai secara subyektif maupun secara obyektif. Penilaian secara subyektif dapat dilakukan dengan observasi visual, sedangkan secara obyektif dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan *phantom* [11]. Keterbatasan dari observasi subyektif manusia adalah sudut pandang yang berbeda dalam menginterpretasi suatu citra. Perangkat lunak komputer CT lebih akurat untuk menilai kualitas citra dengan menghitung otomatis citra *phantom* [12]. Parameter penting yang berhubungan dengan kualitas citra dan dapat diukur secara kuantitatif adalah *noise* citra, *CT number*, *uniformity*, *spatial resolution* dan *low contrast resolution* [13].

Noise citra dapat diukur berdasarkan deviasi standar nilai piksel dalam pengukuran *Region of Interest* (ROI) citra. Perangkat lunak sistem CT secara otomatis menghitung deviasi standar dalam ROI sebagai ukuran *noise* (Gambar 3) [4].



Gambar 3. Penampang *axial phantom* air yang digunakan untuk mengukur *noise* pada sistem CT. Pengukuran *noise* ditunjukkan oleh deviasi standar dalam ROI

CT number menunjukkan nilai atenuasi jaringan terhadap sinar-X, yang dinyatakan dalam skala *Hounsfield Units* (HU).

Uniformity adalah kemampuan sistem CT untuk mempertahankan *CT number* secara konsisten di seluruh citra objek yang memiliki densitas sama. *Uniformity* dapat dievaluasi dengan memposisikan beberapa pengukuran ROI di lokasi yang berbeda di sepanjang pusat dan pinggiran citra CT. Perbedaan nilai *CT number* antar ROI tersebut tidak boleh lebih dari 2 HU [4].

3. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Obyek penelitian menggunakan *phantom* QA CT yang merupakan perangkat uji standar dari CT *scan* GE Revolution 128 *slice*. Diameter *phantom* adalah 20 cm (Gambar 4). Nilai batas yang masih diperkenankan sistem CT untuk *noise* dan *uniformity*, yaitu *noise* memiliki *mean* berkisar antara 0 ± 3 HU dan nilai deviasi standar berkisar $4,3 \pm 0,5$ HU, sedangkan *uniformity* memiliki *mean* 0 ± 3 HU [14].



Gambar 4. QA *Phantom*

Prosedur Eksperimen

1. Pemindaian *phantom* dilakukan dengan protokol CT kepala dan abdomen, parameter pemindaian dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Pemindaian *phantom* dilakukan dengan dua cara, yaitu pemindaian *phantom* sebelum kalibrasi CT *Scan* dan pemindaian *phantom* setelah dilakukan kalibrasi CT.

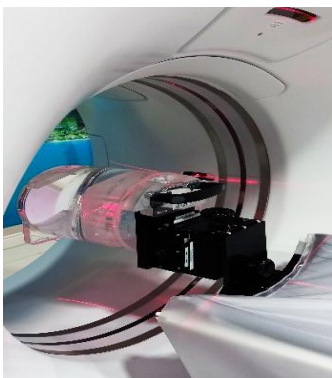
Tabel 1. Parameter Pemindaian Protokol CT Kepala

Parameter	Protokol
Topogram	AP dan Lateral
Tipe scan	Helical
Rotation time	0,8 s
Pitch	1 (otomatis)
mA	Auto mA
kV	120
Slice thickness	5 mm
SFOV	Head
Kernel	Standard
ASiR	30

Tabel 2. Parameter Pemindaian Protokol CT Abdomen

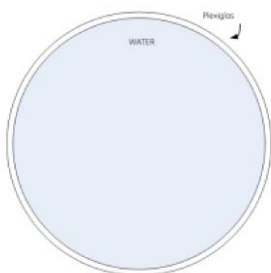
Parameter	Protokol
Topogram	AP dan Lateral
Tipe scan	Helical
Rotation time	0,8
Pitch	1 (otomatis)
mA	Auto mA
kV	120
Slice thickness	5 mm
SFOV	Large body
Kernel	Standard
ASiR	40

- Pemindaian dilakukan dengan terlebih dahulu memposisikan *phantom* pada *gantry* dengan memasang penyangga *phantom* pada meja pemeriksaan, meletakkan *phantom* pada penyangga, mengatur sentrasi *phantom* sejajar dengan indikator laser vertikal dan horisontal sehingga *phantom* berada di *isocenter gantry* (Gambar 5).



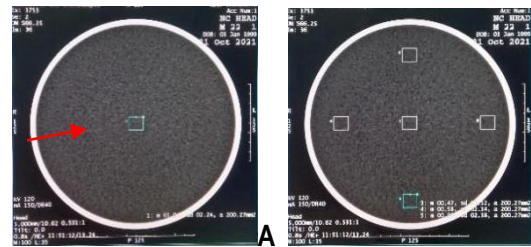
Gambar 5. Pengaturan Sentrasi untuk Pemindaian

- Penentuan dan pengukuran ROI untuk menilai *noise* dan *uniformity* pada *phantom* (Gambar 6).

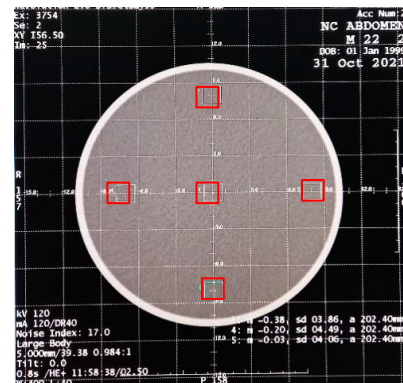


Gambar 6. Area Peletakan ROI untuk pengukuran noise, uniformity

- Pengukuran nilai HU untuk menilai *noise* dan *uniformity* dilakukan dengan membuat suatu area pengukuran yang disebut *Region Of Interest* (ROI) berukuran 200-202 mm² yang diletakkan pada bagian tengah (gambar 7A) dan pada arah jam 12, 3, 6 dan 9 (Gambar 7B). Peletakan ROI untuk kedua protokol eksperimen (*Head* dan *Abdomen*) adalah sama.



Gambar 7. Peletakan ROI untuk mengukur *noise* (A), dan untuk mengukur *uniformity* (B)



Gambar 8. Panduan grid line untuk ketepatan peletakan ROI

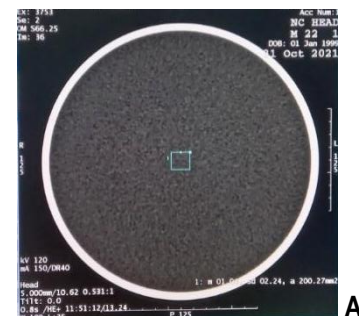
- Untuk memastikan ketepatan posisi peletakan ROI digunakan panduan *grid line* (Gambar 8).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

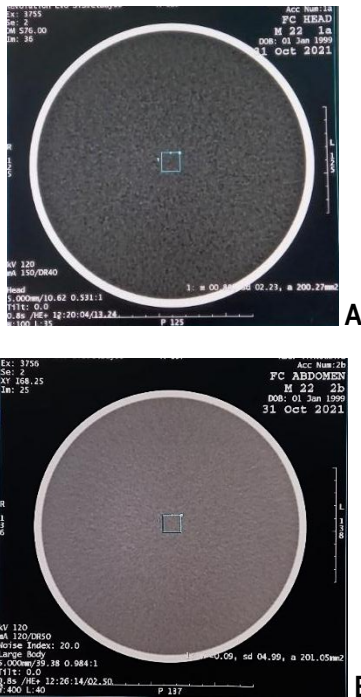
Hasil citra *phantom* untuk pengukuran deviasi standar *noise* dengan meletakkan ROI pada sentral citra *phantom* yaitu:

- Hasil citra *phantom* untuk pengukuran deviasi standar *noise* sebelum kalibrasi



Gambar 9. Pengukuran *noise* pada ROI, (A) Pemindaian *phantom* sebelum kalibrasi dengan protokol *Head*, dan (B) Pemindaian *phantom* sebelum kalibrasi dengan protokol *Abdomen*

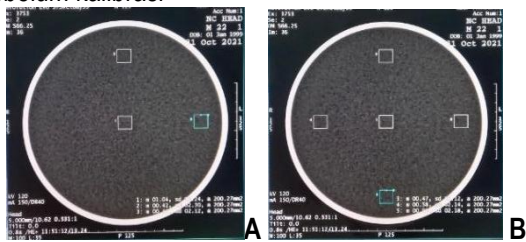
b. Hasil citra *phantom* untuk pengukuran deviasi standar *noise* setelah kalibrasi



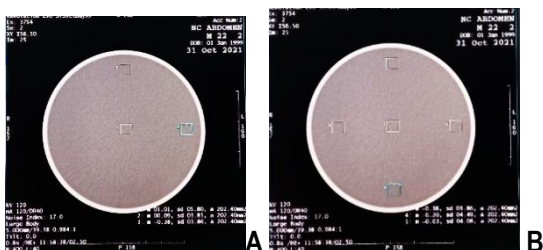
Gambar 10. Pengukuran *noise* pada ROI, (A) Pemindaian *phantom* setelah kalibrasi dengan protokol *Head*, dan (B) Pemindaian *phantom* setelah kalibrasi dengan protokol *Abdomen*

Hasil citra *phantom* untuk pengukuran *uniformity* dengan meletakkan ROI pada sentral, area jam 12, area jam 3, area jam 6, dan area jam 9 dari citra *phantom* yaitu:

a. Hasil citra *phantom* untuk pengukuran *uniformity* sebelum kalibrasi

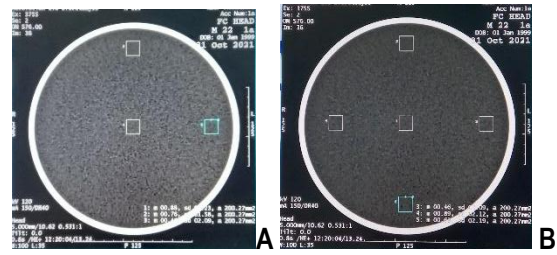


Gambar 11 A-B. Pengukuran *mean ROI* untuk menilai *uniformity*, pada 4 area tepi dan 1 area sentral. Pemindaian dengan protokol *Head* sebelum kalibrasi

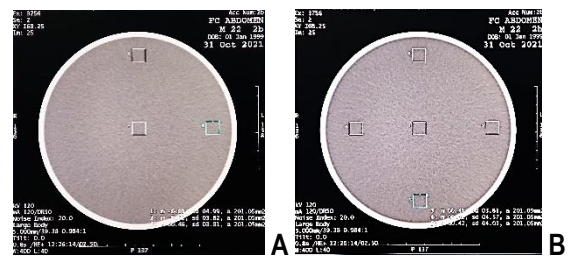


Gambar 12A-B. Pengukuran *mean ROI* untuk menilai *uniformity*, pada 4 area tepi dan 1 area sentral. Pemindaian dengan protokol *Abdomen* sebelum kalibrasi

b. Hasil citra *phantom* untuk pengukuran *uniformity* setelah kalibrasi



Gambar 13A-B. Pengukuran *mean ROI* untuk menilai *uniformity*, pada 4 area tepi dan 1 area sentral. Pemindaian dengan protokol *Head* setelah kalibrasi



Gambar 14A-B. Pengukuran *mean ROI* untuk menilai *uniformity*, pada 4 area tepi dan 1 area sentral. Pemindaian dengan protokol *Abdomen* setelah kalibrasi

Hasil pengukuran *mean* dan deviasi standar untuk penghitungan *noise* dan *uniformity* citra CT scan *phantom* yaitu:

a. Hasil pengukuran *mean* dan deviasi standar ROI pada pemindaian *phantom* sebelum kalibrasi diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. *Mean* dan deviasi standar (δ) ROI sebelum kalibrasi

ROI	Protokol <i>Head</i>		Protokol <i>Abdomen</i>	
	<i>Mean</i>	(δ)	<i>Mean</i>	(δ)
Sentral Area	01,04	02,24	01,01	05,80
Area jam 12	00,42	02,30	00,09	03,85
Area jam 3	00,47	02,12	-0,38	03,86
Area jam 6	00,95	02,18	-0,03	04,06
Area jam 9	00,58	02,14	-0,20	04,49

b. Hasil pengukuran *mean* dan deviasi standar ROI pada pemindaian *phantom* setelah kalibrasi diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Mean* dan deviasi standar (δ) ROI setelah kalibrasi

ROI	Protokol <i>Head</i>		Protokol <i>Abdomen</i>	
	<i>Mean</i>	(δ)	<i>Mean</i>	(δ)
Sentral Area	00,88	02,23	-0,09	04,99
Area jam 12	00,76	01,58	-0,52	03,82
Area jam 3	00,46	02,09	00,46	03,81
Area jam 6	00,63	02,19	00,42	04,01
Area jam 9	00,89	02,12	00,62	04,57

Nilai *noise* sebelum dan setelah kalibrasi harian diperoleh dari pengukuran deviasi standar pada ROI di

pusat citra *water phantom*. Nilai deviasi standar berkisar $4,3 \pm 0,5$ HU. Penghitungan nilai *uniformity* dilakukan dengan menentukan perbedaan hasil ukur *mean* pada ROI area sentral dengan rerata *mean* pada ROI area tepi. Nilai *mean* harus berkisar antara 0 ± 3 HU.

c. Hasil pengukuran *Noise* dan *Uniformity* sebelum kalibrasi.

Hasil pengukuran *noise* dan *uniformity* sebelum dilakukan kalibrasi CT Scan ditampilkan dalam Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil pengukuran *noise* dan *uniformity* pada pemindaian dengan protokol *Head* sebelum kalibrasi

Noise and Uniformity		
	Hasil Ukur	Limit
Center Mean CT number	01,04 HU	0 ± 3 HU
Center Std. Deviation (δ) CT number	02,24 HU	$4,3 \pm 0,5$ HU
Uniformity CT number	0,435 HU	0 ± 3 HU
(Center Mean – Outer Mean)		01,04 – 0,605

Tabel 6. Hasil pengukuran *noise* dan *uniformity* pada pemindaian dengan protokol *Abdomen* sebelum kalibrasi

Noise and Uniformity		
	Hasil Ukur	Limit
Center Mean CT number	01,01 HU	0 ± 3 HU
Center Std. Deviation (δ) CT number	05,80 HU	$4,3 \pm 0,5$ HU
Uniformity CT number	1,14 HU	0 ± 3 HU
(Center Mean – Outer Mean)		01,01 – (-0,13)

d. Hasil pengukuran *Noise* dan *Uniformity* setelah kalibrasi

Hasil pengukuran *noise* dan *uniformity* setelah dilakukan kalibrasi CT scan ditampilkan dalam tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Hasil pengukuran *noise* dan *uniformity* pada pemindaian dengan protokol *Head* setelah kalibrasi

Noise and Uniformity		
	Hasil Ukur	Limit
Center Mean CT number	00,88 HU	0 ± 3 HU
Center Std. Deviation (δ) CT number	02,23 HU	$4,3 \pm 0,5$ HU
Uniformity CT number	0,195 HU	0 ± 3 HU
(Center Mean – Outer Mean)		00,88-0,685

Tabel 8. Hasil pengukuran *noise* dan *uniformity* pada pemindaian dengan protokol *Abdomen* setelah kalibrasi

Noise and Uniformity		
	Hasil Ukur	Limit
Center Mean CT number	-0,09 HU	0 ± 3 HU
Center Std. Deviation (δ) CT number	04,99 HU	$4,3 \pm 0,5$ HU
Uniformity CT number	-0,415 HU	0 ± 3 HU
(Center Mean – Outer Mean)		-0,09 – 0,505

Pengukuran nilai *noise* pada protokol *Head* sebelum dilakukan kalibrasi dapat dilihat pada tabel 5 dengan nilai deviasi standar (δ) = 02,24 HU sedangkan nilai *noise* yang diperkenankan oleh sistem CT adalah $4,3 \pm 0,5$ HU [14]. Nilai *noise* tersebut masih dalam batas toleransi sistem CT scan GE. Pengukuran nilai *noise* pada protokol *Head* setelah dilakukan kalibrasi dapat dilihat pada tabel 7 dengan nilai deviasi standar (δ) = 02,23 HU, dan masih dalam batas yang diperkenankan oleh sistem CT scan.

Perbandingan nilai *noise* pada protokol *Head* sebelum dan setelah kalibrasi masih dalam batas toleransi *noise* citra CT scan, namun dapat dilihat bahwa setelah kalibrasi nilai *noise* mengalami penurunan yaitu 0,01 HU.

Pengukuran nilai *noise* pada protokol *Abdomen* sebelum dilakukan kalibrasi dapat dilihat pada tabel 6 dengan nilai deviasi standar (δ) = 05,80 HU. Nilai *noise* tersebut lebih tinggi dari batas yang diperkenankan oleh sistem CT scan GE. Nilai *noise* pada protokol *Abdomen* setelah dilakukan kalibrasi yang ditunjukkan pada tabel 8 adalah 04,99 HU.

Perbandingan nilai *noise* pada protokol *Abdomen* sebelum dan setelah kalibrasi melebihi batas toleransi *noise* citra CT scan, namun dapat dilihat bahwa setelah kalibrasi nilai *noise* mengalami penurunan signifikan yaitu sebesar 0,81 HU.

4.2. Pembahasan

Hasil perbandingan nilai *noise* sebelum dan setelah dilakukan kalibrasi pada protokol *Head* dan *Abdomen* menunjukkan penurunan nilai *noise* setelah dilakukan kalibrasi. Nilai *noise* yang turun pada citra *phantom* setelah kalibrasi menunjukkan kualitas citra CT Scan setelah dilakukan kalibrasi lebih baik daripada kualitas citra CT sebelum dilakukan kalibrasi.

Nilai *noise* yang turun pada citra CT Scan setelah dilakukan kalibrasi terjadi karena:

1. Tabung sinar X bekerja pada temperatur yang ideal.
2. Proses *warm up* tabung sinar X pada kalibrasi harian CT Scan menjamin capaian nilai mA (arus tabung) sesuai dengan kebutuhan operasional CT Scan sehingga tidak terjadi *photon starvation* yang meningkatkan *noise* citra.

3. Komponen detektor seperti dioda foto dan *scintillator* kembali pada respon standar detektor.

Nilai *noise* citra CT *Scan phantom* pada pemindaian dengan protokol abdomen sebelum dan setelah dilakukan kalibrasi melebihi batas toleransi *noise* sistem CT *Scan*. Hasil pengukuran ini dapat dijadikan acuan evaluasi kontrol kualitas harian selama periode tertentu untuk melihat apakah sistem CT *Scan* mengalami malfungsi.

Penghitungan *uniformity* adalah dengan menilai perbedaan rata-rata *mean* pada ROI tepi di arah jam 12, jam 3, jam 6, dan jam 9 (*outer mean*) dengan *mean* pada area sentral (*center mean*). Pada protokol *Head* sebelum dilakukan kalibrasi diperoleh nilai *uniformity* CT *number* sebesar 0,435 HU dengan batas toleransi 0 ± 3 HU (Tabel 5). Nilai *uniformity* protokol head setelah kalibrasi adalah sebesar 0,195 HU. Perbandingan nilai *uniformity* CT *number* pada protokol *Head*, sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi masih dalam batas toleransi nilai *uniformity* sistem CT dengan penurunan sebesar 0,258 HU setelah dilakukan kalibrasi.

Pada protokol abdomen diperoleh nilai *uniformity* CT *number* sebesar 1,14 HU dengan batas toleransi 0 ± 3 HU (Tabel 6), dan nilai *uniformity* CT *number* setelah dilakukan kalibrasi adalah sebesar -0,415 HU (Tabel 8). Nilai *uniformity* CT *number* pada protokol abdomen sebelum dan setelah dilakukan kalibrasi masih dalam batas toleransi nilai *uniformity* CT *number* sistem CT *Scan*, dengan penurunan signifikan sebesar 1,56 HU.

Hasil perbandingan nilai *uniformity* sebelum dan setelah dilakukan kalibrasi pada protokol *Head* dan Abdomen terjadi penurunan nilai *uniformity* setelah kalibrasi dilakukan, yang menunjukkan kalibrasi berpengaruh terhadap *uniformity* CT *number*, dan kualitas citra CT yang lebih baik.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh R. Safitri (2011) bahwa kalibrasi merupakan salah satu upaya kontrol kualitas dapat meningkatkan kualitas citra yang memperlihatkan kontras komponen *phantom* lebih baik.

5. KESIMPULAN

Hasil eksperimen dengan pemindaian *phantom* CT *Scan* menunjukkan adanya penurunan nilai *noise* dan *uniformity* pada pemindaian setelah dilakukan kalibrasi CT *Scan*. Penurunan nilai *noise* ini menunjukkan kualitas citra CT *scan* setelah dilakukan kalibrasi harian lebih baik dibandingkan dengan kualitas citra sebelum dilakukan kalibrasi harian.

Nilai *noise* citra CT *Scan phantom* pada protokol abdomen sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi melebihi batas toleransi yang diperkenankan sistem CT *Scan*. Hasil ini dapat dijadikan acuan untuk melakukan evaluasi kontrol kualitas terhadap terjadinya malfungsi sistem CT *Scan*. Temuan inilah yang membuat kalibrasi harian menjadi penting untuk dilakukan, sehingga tindakan perawatan dan perbaikan dapat dilakukan segera untuk menjamin kualitas citra CT *Scan* yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. Diwakar and M. Kumar, "A review on CT image noise and its denoising," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 42, pp. 73–88, 2018, doi: 10.1016/j.bspc.2018.01.010.
- [2]. I. N. . Isa, S. M. S. Rahmat, S. M. Dom, Z. Kayun, and M. K. . Karim, "The effects of mis-centering on radiation dose during CT head examination: A phantom study," *J. Xray. Sci. Technol.*, vol. 27, no. 4, pp. 631–639, 2019, doi: 10.3233/xst-190491.
- [3]. D. R. Dance, S. Christofides, A. D. A. Maidment, I. D. McLean, and K. H. Ng, *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: International Atomic Energy Agency, IAEA, 2014.
- [4]. D. N. DeMaio, *Mosby's Exam Review for Computed Tomography*, 3rd ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2018.
- [5]. E. Seeram, *Computed Tomography Physical Principle, Clinical Applications, and Quality Control*, 4th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2016.
- [6]. T. Sachin, A. Chandanmal, and A. Ali, "Significance of Daily Quality Assurance Scan in Hardware Artifact Evaluation," no. 4, pp. 359–362, 2019, doi: 10.4103/ijnm.IJNM.
- [7]. L. E. Romans, *Computed Tomography for Technologists A Comprehensive Text*. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- [8]. "Patent Application Daily Air Calibration.pdf." .
- [9]. Y. Pertiwi, V. M. Sella, J. Iskandar, and H. Sciences, "Analysis Of Qualitycontrol Computerized Tomography Scan (CT Scan) Results In Indonesia Based On National And International Standards," no. 2021, pp. 108–116.
- [10]. R. Safitri, Y. Evi, and P. Heru, "Analysis quality control (QC) on CT scan in RSUZA Banda Aceh an effort to get the best quality in image," vol. 1, no. 2, pp. 139–143, 2011.
- [11]. F. Zarb and L. Rainford, "Psychophysical evaluation of Catphan@600 CT image quality findings using human observers and software analysis," *Radiography*, vol. 20, no. 4, pp. 318–322, 2014, doi: 10.1016/j.radi.2014.03.014.
- [12]. M. Irsal, Nurbaiti, A. N. Mukhtar, A. Jauhari, and G. Winarno, "Variation kVp and mAs on CT scan image quality using standard phantom," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2296, no. November, 2020, doi: 10.1063/5.0030320.
- [13]. K. Gulliksrud, C. Stokke, and A. C. Trægde Martinsen, "How to measure CT image quality: Variations in CT-numbers, uniformity and low contrast resolution for a CT quality assurance phantom," *Phys. Medica*, vol. 30, no. 4, pp. 521–526, 2014, doi: 10.1016/j.ejmp.2014.01.006.
- [14]. T. R. Manual, "LightSpeed TM VCT Technical Reference Manual This manual supports the following configurations : LightSpeed VCT," 2009.