

Uji Kesesuaian Pesawat Multi Slice Computed Tomography Menggunakan Water Phantom Di Instalasi Radiologi Rsud Sanjiwani

Ni Wayan Lolita Dewi¹, I Made Lana Prasetya², Cokorda Gede Bagus Suputra³

^{1,2}Aktek Radiodiagnostik Dan Radioterapi Bali, Indonesia,

³Unit Radiologi Rumah Sakit Umum Gianyar

*Corresponding author: lolitaazx@gmail.com

Abstrak: Uji Kesesuaian Pesawat MSCT Scan di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani. *Multi-Slice Computed Tomography (MSCT)* merupakan modalitas pencitraan diagnostik yang memanfaatkan sinar-X dan teknologi komputer untuk menghasilkan citra potongan tubuh secara detail. Kualitas citra MSCT dipengaruhi oleh performa pesawat, respons detektor, proses kalibrasi, posisi phantom, parameter pemeriksaan, serta proses rekonstruksi citra. Oleh karena itu, diperlukan kendali mutu secara berkala untuk memastikan pesawat menghasilkan citra diagnostik yang konsisten dan sesuai dengan batas penerimaan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian pesawat MSCT Scan di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani berdasarkan CT Number air, keseragaman CT Number pusat-tepi, dan artefak citra. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan observasional. Pengambilan data dilakukan selama 30 hari menggunakan pesawat MSCT Scan Siemens 64 slice dan water phantom. Pengukuran dilakukan pada lima posisi region of interest, yaitu pusat, arah jam 12, jam 3, jam 6, dan jam 9. Parameter pemeriksaan yang digunakan adalah 120 kVp, 200 mAs, FOV 250 mm, slice thickness 10 mm, dan ukuran ROI 2,00 cm². Hasil penelitian menunjukkan rata-rata CT Number arah jam 12 sebesar -0,74 HU, jam 3 sebesar -0,62 HU, jam 6 sebesar -0,81 HU, jam 9 sebesar -0,57 HU, dan ROI pusat sebesar -0,55 HU. Nilai ROI pusat masih berada dalam batas penerimaan -4 sampai +4 HU. Nilai CT Number pada ROI pusat dan ROI tepi juga memenuhi batas keseragaman pusat-tepi, yaitu $\Delta CT \leq 2$. Evaluasi visual menunjukkan tidak ditemukan streak artifact, shading artifact, maupun ring artifact selama periode pengamatan. Pesawat MSCT Scan di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani memenuhi batas penerimaan pada parameter CT Number air dan keseragaman CT Number pusat-tepi. Pada citra water phantom yang diamati juga tidak ditemukan streak artifact, shading artifact, maupun ring artifact.

Kata kunci: Msct Scan; Ct Number; Water Phantom; Keseragaman; Artefak Citra.

Abstract: *Suitability Test of an MSCT Scanner at the Radiology Installation of RSUD Sanjiwani. Multi-Slice Computed Tomography (MSCT) is a diagnostic imaging modality that utilizes X-rays and computer technology to produce detailed cross-sectional images of the body. The quality of MSCT images is influenced by scanner performance, detector response, calibration, phantom positioning, scanning parameters, and image reconstruction. Therefore, periodic quality control is required to ensure that the scanner produces consistent and acceptable diagnostic images. This study aimed to evaluate the suitability of an MSCT scanner at the Radiology Installation of RSUD Sanjiwani based on water CT number, center-to-periphery CT number uniformity, and image artifact evaluation. This study used a descriptive quantitative observational design. Data were collected for 30 days using a Siemens 64-slice MSCT scanner and a water phantom. Measurements were performed at five region of interest positions: the center, 12, 3, 6, and 9 o'clock. The scanning parameters were 120 kVp, 200 mAs, 250 mm field of view, 10 mm slice thickness, and 2.00 cm² ROI size. The mean CT number values were -0.74 HU at 12 o'clock, -0.62 HU at 3 o'clock, -0.81 HU at 6 o'clock, -0.57 HU at 9 o'clock, and -0.55 HU at the center. The center ROI value was within the acceptance range of -4 to +4 HU. The CT number values at the center and peripheral ROIs also met the center-to-periphery uniformity acceptance limit of $\Delta CT \leq 2$. Visual evaluation showed no streak, shading, or ring artifacts during the observation period. The MSCT scanner at the Radiology Installation of RSUD Sanjiwani met the acceptance criteria for water CT number and center-to-periphery CT number uniformity. No streak, shading, or ring artifacts were observed in the evaluated water phantom images.*

Keywords: MSCT Scan; CT Number; Water Phantom; Uniformity; Image Artifact

Pendahuluan

Computed Tomography Scan merupakan salah satu modalitas radiologi diagnostik yang menghasilkan citra potong lintang tubuh berdasarkan perbedaan atenuasi sinar-X pada jaringan

dan proses rekonstruksi komputer. Perkembangan teknologi CT menuju *Multi-Slice Computed Tomography* memungkinkan pemindaian beberapa irisan dalam satu kali rotasi *gantry*, sehingga proses pemeriksaan berlangsung lebih cepat dan menghasilkan citra yang lebih detail dibandingkan CT konvensional (Booij et al., 2020; Withers et al., 2021).

Kualitas citra yang dihasilkan oleh pesawat MSCT dipengaruhi oleh performa berbagai komponen sistem. Kondisi tabung sinar-X, respons detektor, kalibrasi alat, parameter eksposi, posisi objek, serta algoritma rekonstruksi dapat memengaruhi nilai *CT Number*, keseragaman, *noise*, dan munculnya artefak pada citra. Apabila performa pesawat mengalami perubahan, citra yang dihasilkan dapat mengalami penyimpangan dan berpotensi mengganggu interpretasi diagnostik (International Atomic Energy Agency, 2012; Seeram, 2016).

Quality control merupakan bagian dari *quality assurance* yang berhubungan dengan pemantauan dan pemeliharaan komponen teknis peralatan radiologi. Pelaksanaan *quality control* bertujuan menjaga kestabilan performa alat, mendeteksi perubahan kualitas citra secara dini, serta memastikan bahwa pesawat masih bekerja sesuai batas penerimaan yang ditetapkan. Pemantauan berbasis *phantom* dapat digunakan sebagai data pembandingan untuk melihat perubahan performa alat dari waktu ke waktu (Nowik et al., 2015; Husby et al., 2017; Karius & Bert, 2022).

Salah satu parameter penting dalam pengujian kualitas citra CT adalah *CT Number* atau *Hounsfield Unit*. *CT Number* merupakan nilai kuantitatif yang menggambarkan tingkat atenuasi suatu material terhadap sinar-X. Air digunakan sebagai material acuan karena secara teoritis mempunyai nilai *CT Number* mendekati 0 HU. Oleh karena itu, pengukuran menggunakan *water phantom* dapat digunakan untuk menilai kestabilan *CT Number* pada pesawat MSCT (Mahmoudi et al., 2016; Nansih & Artitin, 2023). Nilai *CT Number* tidak selalu tepat sama pada setiap pemeriksaan. Variasi nilai dapat dipengaruhi oleh jenis *scanner*, tegangan tabung, arus-waktu tabung, ukuran dan posisi *phantom*, ketepatan sentrasi, algoritma rekonstruksi, serta penempatan ROI. Penelitian Al-Hayek et al. (2022a) menunjukkan bahwa posisi *phantom*, arah *localizer*, dan tegangan tabung dapat memengaruhi akurasi *CT Number*. Al-Hayek et al. (2022b) juga menjelaskan bahwa posisi vertikal, ukuran *phantom*, dan tegangan tabung dapat memengaruhi nilai *CT Number* yang dihasilkan. Selain faktor posisi dan tegangan tabung, metode akuisisi dan algoritma rekonstruksi juga dapat memengaruhi hasil pengukuran. Ohno et al. (2019) menunjukkan adanya pengaruh metode akuisisi dan algoritma rekonstruksi terhadap pengukuran *CT Number*. Zhang et al. (2018) menjelaskan bahwa akurasi kuantitatif *CT Number* dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan teknis sistem pencitraan. Standardisasi pengukuran diperlukan agar nilai yang dihasilkan dapat dibandingkan secara konsisten (Chen-Mayer et al., 2017).

Selain akurasi *CT Number*, keseragaman atau *uniformity* juga merupakan parameter penting dalam pengujian kualitas citra CT. *Water phantom* mempunyai bahan yang relatif homogen sehingga nilai *CT Number* pada bagian pusat dan tepi seharusnya tidak menunjukkan perbedaan

yang melebihi batas penerimaan. Keseragaman memberikan gambaran mengenai konsistensi nilai HU pada seluruh area citra *phantom* (Gulliksrud et al., 2014). Ketidakseragaman dapat dipengaruhi oleh efek *beam hardening*, posisi *phantom* yang tidak tepat, kalibrasi yang kurang optimal, ataupun respons sistem yang tidak merata. Anam et al. (2025) menjelaskan bahwa *CT Number uniformity* dan *homogeneity* dapat digunakan untuk mendeteksi pengaruh *beam hardening* pada citra CT.

Parameter teknis pemeriksaan juga perlu dibuat tetap agar hasil pengukuran dapat dibandingkan secara konsisten. Variasi kVp dan mAs dapat memengaruhi karakteristik kualitas citra dan nilai HU yang terukur (Irsal et al., 2020). Selain itu, karakteristik detektor, jumlah baris detektor, dan usia sistem juga dapat memengaruhi akurasi *CT Number* (Taqiyuddin et al., 2025).

Artefak citra juga menjadi bagian penting dalam evaluasi kualitas citra MSCT. Artefak merupakan gambaran yang muncul pada citra, tetapi tidak berasal dari objek yang sebenarnya. Artefak dapat disebabkan oleh ketidakseragaman respons detektor, kesalahan kalibrasi, variasi intensitas sinar-X, objek eksternal, gerakan, atau gangguan dalam proses rekonstruksi citra. Jenis artefak yang diamati dalam penelitian ini adalah *streak artifact*, *shading artifact*, dan *ring artifact*. *Streak artifact* umumnya tampak sebagai garis terang atau gelap pada citra. *Shading artifact* tampak sebagai ketidakrataan intensitas keabuan, sedangkan *ring artifact* tampak sebagai pola lingkaran atau cincin pada citra aksial. *Ring artifact* dapat berhubungan dengan ketidakseragaman atau ketidakstabilan respons elemen detektor. Artefak tersebut dapat menjadi lebih jelas pada citra objek homogen seperti *water phantom* karena pola cincin tidak tertutupi oleh struktur anatomi lainnya. Evaluasi terhadap *ring artifact* dapat membantu mendeteksi perubahan respons detektor atau proses kalibrasi.

Evaluasi kualitas citra berbasis *phantom* dapat mencakup *CT Number*, *uniformity*, *noise*, resolusi spasial, resolusi kontras, dan artefak. Barca et al. (2021) menunjukkan bahwa pengujian *phantom* dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas citra fisik pada beberapa jenis CT *scanner*. Kathon et al. (2022) juga menunjukkan pentingnya evaluasi resolusi spasial dan ketebalan irisan sebagai bagian dari pengujian performa CT. Salyapongse et al. (2023) menjelaskan bahwa akurasi *CT Number* dapat berbeda berdasarkan ukuran objek dan teknologi detektor. Tafti et al. (2024) juga menunjukkan adanya variasi *Hounsfield Unit* pada dua sistem CT dengan model yang sama. Hal tersebut memperkuat pentingnya pemantauan lokal pada masing-masing alat.

Di Indonesia, pelaksanaan uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional mengacu pada Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2022. Pada pengujian menggunakan *real water phantom*, nilai *CT Number* air berada pada rentang penerimaan -4 sampai $+4$ HU, sedangkan keseragaman pusat dan tepi memenuhi batas apabila ΔCT tidak lebih dari 2 (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2018; Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2022).

Penelitian sebelumnya di RSUD Sanjiwani telah mengevaluasi *CT Number* dan artefak menggunakan *water phantom* (Santi, 2022). Penelitian Prasetya dan Arthana (2022) menunjukkan bahwa pengukuran *CT Number* pada beberapa posisi *water phantom* dapat memberikan gambaran mengenai kualitas citra CT. Penelitian Putra et al. (2025) juga melakukan uji kesesuaian MSCT selama 30 hari dan memperoleh hasil *CT Number* dalam batas penerimaan serta tidak menemukan artefak yang mengganggu citra.

Pemantauan berulang dapat menghasilkan *baseline* lokal yang dapat digunakan sebagai pembandingan dalam pelaksanaan *quality control* selanjutnya. Penggunaan sistem pemantauan otomatis juga dapat membantu mendokumentasikan perubahan performa alat secara berkala (Saborido-Moral et al., 2023). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian pesawat *MSCT Scan* di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani menggunakan *water phantom* selama 30 hari. Parameter yang dinilai meliputi *CT Number* air, keseragaman *CT Number* pusat-tepi, dan evaluasi *streak artifact*, *shading artifact*, serta *ring artifact*.

Metode

Data dianalisis menggunakan nilai rata-rata pada lima posisi ROI selama 30 hari, kemudian dibandingkan dengan acuan BAPETEN, yaitu batas penerimaan *CT Number* air -4 HU sampai $+4$ HU dan batas keseragaman pusat-tepi $\Delta CT \leq 2$ HU. Evaluasi artefak dilakukan secara visual terhadap *streak artifact*, *shading artifact*, dan *ring artifact*.

Hasil dan Pembahasan

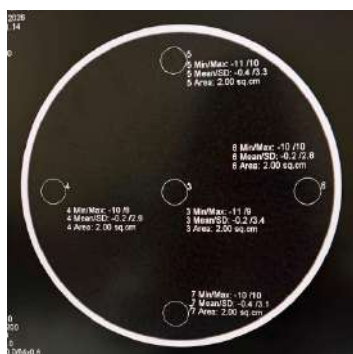
Penelitian dilakukan setiap hari selama 30 hari pada bulan Mei 2026 menggunakan citra hasil pemindaian *water phantom* pada pesawat *MSCT Scan* Siemens 64 *slice* di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani. Sebelum pengambilan data dilakukan, pesawat menjalani *warming up* dan *daily calibration*. Proses tersebut dilakukan untuk mempersiapkan tabung sinar-X serta menjaga kestabilan respons sistem sebelum dilakukan pemindaian.

Water phantom diletakkan pada meja pemeriksaan dan diposisikan di pusat *gantry*. Penentuan posisi dilakukan menggunakan panduan sinar laser agar bagian tengah *phantom* berada pada pusat pemindaian. Ketepatan posisi *phantom* diperhatikan selama penelitian agar pengambilan data dilakukan dalam kondisi yang sama dan mengurangi kemungkinan perubahan nilai *CT Number* akibat perbedaan posisi.



Gambar 1. Peletakan posisi water phantom

Setelah citra *water phantom* diperoleh, dipilih citra pada *slice* ke-3. ROI ditempatkan pada lima posisi, yaitu bagian pusat, arah jam 12, jam 3, jam 6, dan jam 9. Ukuran ROI yang digunakan pada seluruh posisi adalah 2,00 cm². Penggunaan ukuran ROI yang sama bertujuan agar luas area pengukuran pada masing-masing posisi tetap konsisten. Nilai yang dicatat dari setiap ROI adalah nilai *Mean* dalam satuan Hounsfield Unit. Nilai tersebut menunjukkan rata-rata *CT Number* seluruh piksel yang berada di dalam area ROI.



Gambar 2. Peletakan ROI pusat dan ROI tepi pada arah jam 12, jam 3, jam 6, dan jam 9 pada citra *water phantom*.

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Pengukuran CT Number pada Lima Posisi ROI Selama 30 Hari

Data	Rata-rata pengukuran keseragaman selama 30 hari
Arah Jam 12	-0,75
Arah Jam 3	-0,62
Arah Jam 6	-0,81
Arah Jam 9	-0,57
Pusat	-0,55

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata *CT Number* pada arah jam 12 sebesar -0,74 HU, arah jam 3 sebesar -0,62 HU, arah jam 6 sebesar -0,81 HU, arah jam 9 sebesar -0,57 HU, dan ROI pusat slice ke-3 sebesar -0,55 HU. Berdasarkan hasil observasi selama 30 hari, hasil pengukuran *CT Number* pada pesawat *MSCT Scan* memenuhi standar kesesuaian akurasi sesuai Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 dengan batas toleransi -4 HU sampai $+4$ HU. Hasil pengukuran pada ROI pusat dan tepi juga menunjukkan keseragaman *CT Number* yang masih berada dalam batas penerimaan, yaitu $\Delta CT \leq 2$ HU.

Berdasarkan hasil observasi selama 30 hari, hasil pengukuran *CT Number* pada pesawat *MSCT Scan* memenuhi standar kesesuaian akurasi sesuai Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 dengan batas toleransi -4 HU sampai $+4$ HU. Hasil pengukuran pada ROI pusat dan tepi juga menunjukkan keseragaman *CT Number* yang masih berada dalam batas penerimaan, yaitu $\Delta CT \leq 2$ HU.

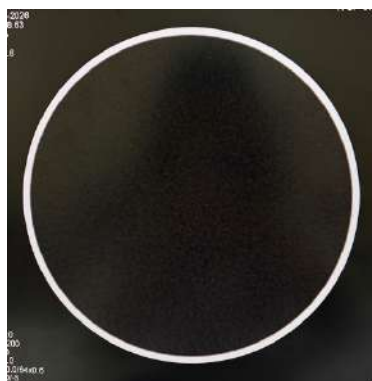
Evaluasi artefak dilakukan secara visual terhadap citra *water phantom* selama 30 hari.

Pengamatan dilakukan terhadap tiga jenis artefak, yaitu *streak artifact*, *shading artifact*, dan *ring artifact*.

Berdasarkan hasil observasi visual selama 30 hari, area di dalam *water phantom* menunjukkan distribusi *gray scale* yang relatif seragam. Tidak ditemukan garis terang atau gelap yang melintasi citra sehingga tidak menunjukkan adanya *streak artifact*.

Pada citra juga tidak terlihat bagian yang lebih terang atau lebih gelap secara tidak merata. Dengan demikian, tidak ditemukan gambaran yang menunjukkan *shading artifact*. Selain itu, tidak ditemukan pola berbentuk lingkaran atau cincin pada bagian dalam citra *water phantom*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak ditemukan *ring artifact* pada citra yang diamati.

Tidak ditemukannya *streak artifact*, *shading artifact*, dan *ring artifact* menunjukkan bahwa citra *water phantom* selama periode pengamatan tidak mengalami gangguan visual dari ketiga jenis artefak yang dinilai. Hasil evaluasi ini didasarkan pada pengamatan visual terhadap citra *water phantom*. Oleh karena itu, hasil tersebut hanya menggambarkan ada atau tidaknya ketiga jenis artefak pada citra yang diamati dan tidak digunakan untuk menyimpulkan seluruh kondisi teknis pesawat.



Gambar 3. Hasil evaluasi artefak normal pada citra water phantom

Penelitian ini dilakukan menggunakan pesawat *MSCT Scan* Siemens 64 *slice* di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani dengan pengambilan data selama 30 hari menggunakan *water phantom*. Parameter pemindaian dibuat sama pada setiap pengukuran, yaitu 120 kVp, 200 mAs, *field of view* 250 mm, *slice thickness* 10 mm, dan ukuran ROI 2,00 cm². Penggunaan parameter yang sama diperlukan agar hasil pengukuran setiap hari dapat dibandingkan dalam kondisi yang relatif konsisten.

Sebelum dilakukan pemindaian, pesawat menjalani *warming up* dan *daily calibration*. *Water phantom* kemudian ditempatkan pada pusat *gantry* menggunakan panduan sinar laser. Posisi *phantom* perlu diperhatikan karena kesalahan sentrasi dapat memengaruhi distribusi sinar-X dan nilai *CT Number* yang terukur.

Al-Hayek et al. (2022a) menjelaskan bahwa posisi *phantom*, arah *localizer*, dan tegangan tabung dapat memengaruhi akurasi *CT Number*. Al-Hayek et al. (2022b) juga menunjukkan bahwa

posisi vertikal dan ukuran *phantom* dapat menyebabkan perubahan nilai *Hounsfield Unit*. Oleh karena itu, penempatan *phantom* dan penggunaan parameter pemindaian yang sama menjadi bagian penting dalam proses pengambilan data.

Pengukuran dilakukan dengan menempatkan ROI pada lima posisi, yaitu pusat, arah jam 12, jam 3, jam 6, dan jam 9. Nilai yang dicatat adalah nilai *Mean*, yaitu rata-rata nilai *Hounsfield Unit* dari seluruh piksel yang terdapat di dalam area ROI. Penggunaan ukuran ROI yang sama diperlukan agar luas area pengukuran pada setiap posisi tetap konsisten.

Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata *CT Number* arah jam 12 sebesar $-0,74$ HU, arah jam 3 sebesar $-0,62$ HU, arah jam 6 sebesar $-0,81$ HU, arah jam 9 sebesar $-0,57$ HU, dan ROI pusat sebesar $-0,55$ HU. Nilai pada lima posisi tersebut berada pada rentang $-0,81$ HU sampai $-0,55$ HU. Nilai paling rendah terdapat pada arah jam 6, sedangkan nilai yang paling mendekati 0 HU terdapat pada ROI pusat.

Air secara teoritis mempunyai nilai *CT Number* mendekati 0 HU karena digunakan sebagai acuan dasar dalam skala *Hounsfield Unit*. Meskipun demikian, hasil pengukuran tidak harus selalu menunjukkan nilai tepat 0 HU. Perbedaan kecil dapat terjadi akibat pengaruh energi sinar-X, posisi *phantom*, ketepatan sentrasi, proses kalibrasi, respons detektor, parameter pemindaian, algoritma rekonstruksi, *noise* citra, dan ketepatan penempatan ROI.

Mahmoudi et al. (2016) menjelaskan bahwa energi sinar-X dan material yang digunakan dalam kalibrasi dapat memengaruhi nilai *CT Number*. Chen-Mayer et al. (2017) menunjukkan pentingnya standarisasi pengukuran densitas CT pada sistem yang berbeda. Zhang et al. (2018) juga menjelaskan bahwa akurasi kuantitatif *CT Number* dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan teknis sistem pencitraan.

Ohno et al. (2019) menunjukkan bahwa metode akuisisi dan algoritma rekonstruksi dapat memengaruhi hasil pengukuran *CT Number*. Selain itu, variasi kVp dan mAs dapat memengaruhi karakteristik citra sehingga parameter pemindaian perlu dibuat konsisten selama pengambilan data (Irsal et al., 2020).

Nilai *CT Number* juga dapat berbeda berdasarkan ukuran objek dan teknologi detektor. Salyapongse et al. (2023) menunjukkan adanya hubungan antara ukuran objek dan akurasi *CT Number*. Tafti et al. (2024) menemukan adanya variasi nilai *Hounsfield Unit* pada dua sistem CT dengan model yang sama. Taqiyuddin et al. (2025) juga menjelaskan bahwa jumlah baris dan usia detektor dapat berhubungan dengan akurasi *CT Number*.

Berdasarkan hasil observasi selama 30 hari, hasil pengukuran *CT Number* pada pesawat *MSCT Scan* memenuhi standar kesesuaian akurasi dengan batas toleransi -4 HU sampai $+4$ HU. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai *CT Number* air yang dihasilkan oleh pesawat masih berada dalam batas penerimaan yang digunakan dalam penelitian.

Nilai rata-rata pada empat ROI tepi adalah $-0,74$ HU pada arah jam 12, $-0,62$ HU pada arah

jam 3, $-0,81$ HU pada arah jam 6, dan $-0,57$ HU pada arah jam 9. Nilai tersebut relatif berdekatan dengan nilai ROI pusat dan masih mendekati nilai teoritis air.

Hasil pengukuran pada ROI pusat dan tepi menunjukkan keseragaman *CT Number* yang masih berada dalam batas penerimaan, yaitu $\Delta CT \leq 2$ HU. Hasil tersebut memberikan gambaran bahwa distribusi nilai *Hounsfield Unit* pada bagian pusat dan tepi *water phantom* relatif seragam.

Keseragaman merupakan parameter penting karena *water phantom* mempunyai material yang homogen. Pada objek homogen, nilai *CT Number* pada bagian pusat dan tepi seharusnya relatif berdekatan. Perbedaan nilai dapat dipengaruhi oleh posisi *phantom*, gangguan kalibrasi, ketidakseragaman respons sistem, variasi statistik piksel, *noise*, ataupun efek *beam hardening*.

Gulliksrud et al. (2014) menjelaskan bahwa variasi *CT Number* pada bagian pusat dan tepi *phantom* dapat digunakan untuk menilai keseragaman citra CT. Anam et al. (2025) juga menjelaskan bahwa keseragaman dan homogenitas nilai *CT Number* dapat digunakan untuk mendeteksi pengaruh *beam hardening* pada citra.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Prasetya dan Arthana (2022), yang memperoleh nilai rata-rata *CT Number* pada lima posisi *water phantom* dan seluruh nilainya masih berada dalam batas penerimaan. Penelitian Nansih dan Artitin (2023) juga menunjukkan bahwa pengukuran *CT Number* menggunakan air dapat digunakan untuk menilai kesesuaian nilai yang dihasilkan oleh pesawat CT.

Putra et al. (2025) melakukan evaluasi menggunakan *water phantom* selama 30 hari dan memperoleh hasil *CT Number* yang berada dalam batas penerimaan. Penelitian Santi (2022) juga melakukan pengujian *CT Number* dan evaluasi artefak pada pesawat MSCT di RSUD Sanjiwani. Kesamaan metode tersebut menunjukkan bahwa *water phantom* dapat digunakan sebagai objek dalam pemantauan kualitas citra CT.

Selain pengukuran *CT Number*, penelitian ini melakukan evaluasi artefak secara visual terhadap citra *water phantom*. Penggunaan objek homogen mempermudah proses pengamatan karena gangguan berupa garis, pola cincin, atau ketidakrataan intensitas keabuan dapat terlihat lebih jelas.

Artefak merupakan gambaran yang terdapat pada citra, tetapi tidak berasal dari objek yang sebenarnya. Keberadaan artefak dapat mengurangi kualitas citra, menutupi objek yang seharusnya terlihat, menyerupai suatu kelainan, dan berpotensi mengganggu proses interpretasi.

Jenis artefak yang diamati dalam penelitian ini meliputi *streak artifact*, *shading artifact*, dan *ring artifact*. *Streak artifact* merupakan artefak berupa garis terang atau gelap yang melintasi citra. Artefak tersebut dapat muncul akibat data proyeksi yang tidak mencukupi, variasi keluaran sinar-X, objek dengan densitas tinggi, gangguan kalibrasi, atau proses rekonstruksi citra.

Berdasarkan hasil pengamatan selama 30 hari, tidak ditemukan garis terang maupun garis gelap yang melintasi area *water phantom*. Dengan demikian, pada citra yang diamati tidak

ditemukan *streak artifact*.

Shading artifact merupakan artefak berupa ketidakrataan intensitas keabuan pada citra. Sebagian area dapat tampak lebih terang atau lebih gelap meskipun objek yang dipindai mempunyai material homogen. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh efek *beam hardening*, posisi *phantom* yang kurang tepat pada pusat *gantry*, variasi spektrum energi, atau koreksi citra yang kurang optimal.

Pada hasil pengamatan, distribusi intensitas keabuan pada bagian dalam *water phantom* tampak relatif merata. Tidak ditemukan bagian yang tampak lebih terang atau lebih gelap secara mencolok. Dengan demikian, pada citra yang diamati tidak ditemukan *shading artifact*.

Ring artifact merupakan artefak berupa pola lingkaran atau cincin pada citra aksial. Artefak tersebut dapat berhubungan dengan satu atau beberapa elemen detektor yang mempunyai respons berbeda atau proses kalibrasi detektor yang kurang optimal. Ketika *gantry* berputar, perbedaan respons tersebut dapat membentuk pola cincin pada citra hasil rekonstruksi.

Pola cincin lebih mudah diamati pada objek homogen seperti *water phantom* karena tidak tertutupi oleh variasi struktur anatomi. Berdasarkan hasil pengamatan, tidak ditemukan pola lingkaran atau cincin pada bagian dalam citra *water phantom*. Dengan demikian, pada citra yang diamati tidak ditemukan *ring artifact*.

Secara keseluruhan, distribusi *gray scale* pada citra *water phantom* tampak relatif seragam dan tidak ditemukan *streak artifact*, *shading artifact*, maupun *ring artifact*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selama periode pengamatan tidak terdapat gangguan visual berupa ketiga jenis artefak yang dinilai.

Hasil evaluasi artefak sejalan dengan penelitian Putra et al. (2025), yang tidak menemukan *streak artifact*, *shading artifact*, dan *ring artifact* pada citra *water phantom*. Barca et al. (2021) juga menjelaskan bahwa penggunaan *phantom* dapat membantu menilai karakteristik fisik kualitas citra pada pesawat CT.

Meskipun tidak ditemukan artefak, hasil penelitian ini hanya menggambarkan kondisi citra *water phantom* yang diamati selama 30 hari. Hasil tersebut tidak digunakan untuk menyimpulkan bahwa seluruh komponen pesawat berada dalam kondisi sempurna. Evaluasi artefak dilakukan secara visual dan hanya mencakup tiga jenis artefak yang ditetapkan dalam penelitian.

Pelaksanaan *quality control* secara berkala tetap diperlukan untuk memantau perubahan kualitas citra. Husby et al. (2017) menunjukkan bahwa pengukuran berulang menggunakan *phantom* dapat digunakan untuk menilai kestabilan pesawat CT. Nowik et al. (2015) juga menjelaskan bahwa pemantauan indikator kualitas citra secara berkala dapat membantu mendeteksi perubahan performa sistem lebih awal.

Dokumentasi hasil pengukuran dapat digunakan sebagai data *baseline* internal. Apabila pada pengujian berikutnya ditemukan nilai *CT Number* yang semakin menjauhi nilai air, perubahan

keseragaman, atau kemunculan artefak, hasil tersebut dapat dibandingkan dengan data penelitian ini sehingga pemeriksaan dan tindakan evaluasi dapat dilakukan lebih awal.

Berdasarkan seluruh hasil penelitian, pengukuran *CT Number* memenuhi standar kesesuaian akurasi, hasil pengukuran pada ROI pusat dan tepi menunjukkan keseragaman yang masih berada dalam batas penerimaan $\Delta CT \leq 2$ HU, serta tidak ditemukan *streak artifact*, *shading artifact*, maupun *ring artifact* selama periode pengamatan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *water phantom* selama 30 hari, nilai rata-rata *CT Number* pada arah jam 12 sebesar $-0,74$ HU, arah jam 3 sebesar $-0,62$ HU, arah jam 6 sebesar $-0,81$ HU, arah jam 9 sebesar $-0,57$ HU, dan pusat sebesar $-0,55$ HU.

Hasil pengukuran *CT Number* pada pesawat *MSCT Scan* memenuhi standar kesesuaian akurasi sesuai Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 dengan batas toleransi -4 HU sampai $+4$ HU. Hasil pengukuran pada ROI pusat dan tepi juga menunjukkan keseragaman *CT Number* yang masih berada dalam batas penerimaan, yaitu $\Delta CT \leq 2$ HU.

Hasil evaluasi visual menunjukkan tidak ditemukan *streak artifact*, *shading artifact*, maupun *ring artifact* pada citra *water phantom* selama periode pengamatan. Dengan demikian, pesawat *MSCT Scan* di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani memenuhi standar penerimaan pada parameter akurasi *CT Number*, keseragaman *CT Number*, dan evaluasi artefak citra.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani Gianyar, radiografer, fisikawan medis, serta seluruh pihak yang telah membantu proses pengambilan data dan penyusunan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan ATRO Bali atas dukungan akademik selama penyusunan penelitian.

Referensi

- Al-Hayek, Y., Spuur, K., Davidson, R., Hayre, C., & Zheng, X. (2022a). The impacts of vertical off-centring, localiser direction, phantom positioning and tube voltage on CT number accuracy: An experimental study. *Journal of Imaging*, 8(7), 175. <https://doi.org/10.3390/jimaging8070175>
- Al-Hayek, Y., Spuur, K., Davidson, R., Hayre, C., & Zheng, X. (2022b). The impacts of vertical off-centring, tube voltage, and phantom size on computed tomography numbers: An experimental study. *Radiography*, 28(3), 641–647. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2022.04.011>
- Anam, C., Amilia, R., Naufal, A., Maya, A. T., & Dwihapsari, Y. (2025). The CT number uniformity and homogeneity: Which is better for detecting the beam hardening artefacts? *Jurnal Teknologi*, 87(2), 253–261. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v87.21985>
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2018). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta, Indonesia: BAPETEN.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2022). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018*

- tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial*. Jakarta, Indonesia: BAPETEN.
- Barca, P., Paolicchi, F., Aringhieri, G., Palmas, F., Marfisi, D., Fantacci, M. E., Caramella, D., & Giannelli, M. (2021). A comprehensive assessment of physical image quality of five different scanners for head CT imaging as clinically used at a single hospital centre: A phantom study. *PLOS ONE*, 16(1), e0245374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245374>
- Booij, R., Budde, R. P. J., Dijkshoorn, M. L., & van Straten, M. (2020). Technological developments of X-ray computed tomography over half a century: User's influence on protocol optimization. *European Journal of Radiology*, 131, 109261. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109261>
- Chen-Mayer, H. H., Fuld, M. K., Hoppel, B., Judy, P. F., Sieren, J. P., Guo, J., Lynch, D. A., Possolo, A., & Fain, S. B. (2017). Standardizing CT lung density measure across scanner manufacturers. *Medical Physics*, 44(3), 974–985. <https://doi.org/10.1002/mp.12087>
- Gulliksrud, K., Stokke, C., & Martinsen, A. C. T. (2014). How to measure CT image quality: Variations in CT-numbers, uniformity and low contrast resolution for a CT quality assurance phantom. *Physica Medica*, 30(4), 521–526. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.01.006>
- Husby, E., Svendsen, E. D., Andersen, H. K., & Martinsen, A. C. T. (2017). 100 days with scans of the same Catphan phantom on the same CT scanner. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 18(6), 224–231. <https://doi.org/10.1002/acm2.12186>
- International Atomic Energy Agency. (2012). *Quality assurance programme for computed tomography: Diagnostic and therapy applications* (IAEA Human Health Series No. 19). Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency.
- Irsal, M., Nurbaiti, N., Mukhtar, A. N., Jauhari, A., & Winarno, G. (2020). Variation kVp and mAs on CT scan image quality using standard phantom. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0001134>
- Karius, A., & Bert, C. (2022). QAMaster: A new software framework for phantom-based computed tomography quality assurance. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 23(3), e13588. <https://doi.org/10.1002/acm2.13588>
- Kathon, B. O., Hartoyo, P., & Samsun, S. (2022). Uji resolusi spasial dan slice thickness pada CT Scan 128 dan 16 slice dengan menggunakan phantom Quart DVT-AP. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 11(3), 123–136.
- Mahmoudi, R., Jabbari, N., Aghdasi, M., & Khalkhali, H. R. (2016). Energy dependence of measured CT numbers on substituted materials used for CT number calibration of radiotherapy treatment planning systems. *PLOS ONE*, 11(7), e0158828. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158828>
- Nansih, L. A., & Artitin, C. (2023). The compatibility test of CT number in water on CT scan aircraft brand Philip in Radiology Installation of BMC Padang General Hospital. *Jurnal Teras Kesehatan*, 6(1), 16–21.
- Nowik, P., Bujila, R., Poludniowski, G., & Fransson, A. (2015). Quality control of CT systems by automated monitoring of key performance indicators: A two-year study. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 16(4), 254–265. <https://doi.org/10.1120/jacmp.v16i4.5469>
- Ohno, Y., Fujisawa, Y., Fujii, K., Sugihara, N., Kishida, Y., Seki, S., & Yoshikawa, T. (2019). Effects of acquisition method and reconstruction algorithm for CT number measurement on standard-dose CT and reduced-dose CT: A QIBA phantom study. *Japanese Journal of Radiology*, 37(5), 399–411. <https://doi.org/10.1007/s11604-019-00823-5>
- Prasetya, I. M. L., & Arthana, I. P. J. (2022). Jaminan mutu pesawat CT Scan single slice di Unit Radiologi RSUD Semara Ratih. *Jurnal Medika Malahayati*, 6(3), 396–402.
- Putra, G. P., Prasetya, I. M. L., & Wijaya, N. M. (2025). Uji kesesuaian pesawat CT Scan multislice GE Healthcare di Unit Radiologi Rumah Sakit Umum Kertha Usada. *Jambura Journal of Health Science and Research*, 7(1), 208–218.
- Rosadi, N., Suyudi, I., & Purnamasari, D. (2022). Pengaruh perubahan arus tabung terhadap artefak gambar pada pemeriksaan CT Scan kepala. *Jurnal Kesehatan*, 13(2), 193–199.
- Saborido-Moral, J. D., Fernández-Patón, M., Tejedor-Aguilar, N., Cristian-Marín, A., Torres-Espallardo, I., Campayo-Esteban, J. M., Pérez-Calatayud, J., Baltas, D., Martí-Bonmatí, L., & Carles, M. (2023). Free automatic software for quality assurance of computed tomography calibration, edges and radiomics metrics reproducibility. *Physica Medica*, 114, 103153. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.103153>
- Salyapongse, A. M., Rose, S. D., Pickhardt, P. J., Lubner, M. G., Toia, G. V., Bujila, R., Yin, Z., Slavic, S., & Szczekutowicz, T. P. (2023). CT number accuracy and association with object size: A

- phantom study comparing energy-integrating detector CT and deep silicon photon-counting detector CT. *American Journal of Roentgenology*, 221(4), 539–547. <https://doi.org/10.2214/AJR.23.29463>
- Santi, D. A. N. O. (2022). *Uji kesesuaian pesawat multislice computer tomography (MSCT) di Rumah Sakit Umum Daerah Sanjiwani Gianyar* [Skripsi, Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali].
- Seeram, E. (2016). *Computed tomography: Physical principles, clinical applications, and quality control* (4th ed.). St. Louis, MO: Elsevier.
- Tafti, S., Abadia, A., Fung, G., Ramirez-Giraldo, J. C., & O'Doherty, J. (2024). Comparison of Hounsfield Unit variability between two same model photon counting CT detector systems: A phantom study applied to lung CT. *Physica Medica*, 126, 104828. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2024.104828>
- Taqiyuddin, N. F., Anam, C., Amilia, R., Muhlisin, Z., Naufal, A., Mulatomo, T. D., Sarwidi, S., & Dougherty, G. (2025). CT number accuracies for different number of detector array and age of detector: A multi-center study. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, 31(2), 151–157. <https://doi.org/10.2478/pjmpe-2025-0017>
- Withers, P. J., Bouman, C., Carmignato, S., Cnudde, V., Grimaldi, D., Hagen, C. K., Maire, E., Manley, M., Du Plessis, A., & Stock, S. R. (2021). X-ray computed tomography. *Nature Reviews Methods Primers*, 1, 18. <https://doi.org/10.1038/s43586-021-00015-4>
- Zhang, R., Cruz-Bastida, J. P., Gomez-Cardona, D., Hayes, J. W., Li, K., & Chen, G. H. (2018). Quantitative accuracy of CT numbers: Theoretical analyses and experimental studies. *Medical Physics*, 45(10), 4519–4528. <https://doi.org/10.1002/mp.13119>