

Research article

Optimalisasi Kualitas Citra Fase Sistole Cardiac CT Angiography pada Arteri Koroner Kanan dengan Metode Snapshot Segment Helical Menggunakan Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) dan Temporal Resolution Enhancement

Optimization of cardiac CT angiography scistole phase image quality in the right coronary artery with helical segment snapshot method using adaptive statistical iterative reconstruction (ASIR) and temporal resolution enhancement

Akhirida Putri¹, Mira Maya Kumala¹

¹Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Radiologi Pencitraan, Politeknik Sandi Karsa, Sulawesi Selatan, Indonesia



Article Info	Abstract
Article History: Received 2022-07-02 Accepted 2022-10-10 Published 2022-12-01 Key words: cardiac CT angiography; adaptive statistical iterative reconstruction; kualitas citra. <i>cardiac CT angiography; adaptive statistical iterative reconstruction; image quality.</i>	Optimalisasi kualitas citra pada Cardiac CT Angiography (CCTA) penting untuk evaluasi akurat arteri koroner kanan (RCA). Penelitian ini mengevaluasi pengaruh Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) dan Temporal Resolution Enhancement pada kualitas citra fase sistole RCA menggunakan metode snapshot segment helical. Studi melibatkan 10 pasien dengan rekonstruksi ASIR 40%, ASIR 70%, dan ASIR 70% + Temporal Resolution Enhancement. Analisis kuantitatif menunjukkan peningkatan level ASIR secara signifikan menurunkan noise dan meningkatkan Signal-to-Noise Ratio (SNR). Namun, ketajaman citra ASIR 40% lebih tinggi dibandingkan ASIR 70% ($p < 0,05$). Penambahan Temporal Resolution Enhancement meningkatkan ketajaman citra ASIR 70% secara signifikan (skor rata-rata 4,4; $p < 0,05$). Kesimpulannya, Temporal Resolution Enhancement efektif mengoptimalkan kualitas citra RCA pada fase sistole, mendukung penggunaannya dalam teknik CCTA. <i>Optimization of image quality in Cardiac CT Angiography (CCTA) is important for accurate evaluation of the right coronary artery (RCA). This study evaluates the effects of Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) and Temporal Resolution Enhancement on the image quality of the RCA sistole phase using the helical segment snapshot method. The study involved 10 patients with 40% ASIR reconstruction, 70% ASIR and 70% ASIR + Temporal Resolution Enhancement. Quantitative analysis showed that increasing ASIR levels significantly reduced noise and increased Signal-to-Noise Ratio (SNR). However, the sharpness of ASIR image is 40% higher than ASIR 70% ($p < 0.05$). The addition of Temporal Resolution Enhancement significantly increased the sharpness of ASIR images by 70% (mean score 4.4; $p < 0.05$). In conclusion, Temporal Resolution Enhancement effectively optimizes the quality of RCA images in the systole phase, supporting its use in CCTA techniques.</i>
Corresponding author Email	: Akhirida Putri : akhiridap@gmail.com

Pendahuluan

Cardiac CT Angiography (CTA) merupakan modalitas pencitraan non-invasif yang digunakan secara luas untuk mendiagnosis penyakit arteri koroner, termasuk stenosis dan plak pada arteri koroner kanan (Right Coronary Artery, RCA). Proses pencitraan jantung menghadirkan tantangan signifikan, terutama karena gerakan jantung yang cepat dan kompleks, terutama selama fase sistole. Fase ini sering digunakan untuk analisis fungsional dan struktural jantung, namun menghasilkan kualitas gambar yang menurun akibat motion blur dan peningkatan noise (Graby et al., 2021). Teknik Snapshot Segment Helical adalah salah satu inovasi dalam akuisisi data Cardiac CTA yang memungkinkan cakupan jantung penuh dengan waktu pemindaian yang lebih singkat. Namun, tantangan utama pada teknik ini adalah kualitas citra yang bergantung pada kecepatan rotasi gantry dan resolusi temporal (Hajhosseiny et al., 2021). Dalam fase sistole, noise cenderung lebih tinggi akibat modulasi arus tabung rendah (low tube current modulation), yang dapat memengaruhi ketajaman gambar RCA, terutama pada pasien dengan detak jantung cepat atau aritmia (Johansen et al., 2022).

Untuk mengatasi kendala ini, General Electric (GE) memperkenalkan pendekatan Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) dan Temporal Resolution Enhancement. ASIR memungkinkan pengurangan noise secara signifikan, meskipun menggunakan protokol dosis radiasi rendah (Vecsey-Nagy et al., 2021). Sementara itu, Temporal Resolution Enhancement berfungsi untuk meningkatkan ketajaman gambar dengan mengurangi artefak gerakan dan motion blur, sehingga memungkinkan visualisasi struktur arteri koroner dengan lebih baik. Kombinasi kedua teknologi ini menawarkan potensi peningkatan kualitas diagnostik Cardiac CTA, khususnya pada fase sistole (Talha et al., 2021). Visualisasi yang optimal pada RCA sangat penting karena arteri ini sering menjadi lokasi utama stenosis yang berkontribusi pada penyakit jantung iskemik. Kualitas gambar yang buruk dapat menyebabkan kesalahan diagnostik, seperti underestimation atau overestimation dari lesi stenosis (Takagi et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengeksplorasi efektivitas pendekatan ASIR dan Temporal Resolution Enhancement dalam mengoptimalkan kualitas gambar RCA pada fase sistole menggunakan metode Snapshot Segment Helical. Penyakit jantung koroner (PJK) merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia. Deteksi dini dan diagnosis yang akurat sangat penting untuk mencegah komplikasi serius pada pasien dengan risiko PJK. Salah satu modalitas pencitraan yang digunakan dalam evaluasi arteri koroner adalah Cardiac CT Angiography (CCTA), yang memungkinkan visualisasi non-invasif struktur arteri koroner dan deteksi adanya stenosis atau obstruksi (Liang et al., 2021).

Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini mengeksplorasi metode Snapshot Segment Helical yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi pencitraan pada fase sistole (Horinouchi et al., 2020). Metode ini memungkinkan pencitraan yang lebih optimal dengan segmentasi helical yang lebih akurat terhadap siklus jantung. Selain itu, teknik Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) diterapkan untuk mengurangi noise dan meningkatkan rasio kontras terhadap sinyal, sehingga menghasilkan citra yang lebih jelas dan informatif (Takafuji et al., 2022). Sementara itu, penggunaan Temporal Resolution Enhancement diharapkan dapat meningkatkan resolusi temporal sehingga meminimalkan efek gerakan dan mempertajam detail struktur arteri koroner (Schindler et al., 2020). Namun, pencitraan fase sistole pada CCTA sering kali menghadapi tantangan teknis, terutama dalam hal resolusi temporal dan kualitas gambar yang terpengaruh oleh pergerakan jantung (Mørup et al., 2022). Kecepatan kontraksi jantung dapat menyebabkan artefak gerakan yang mengurangi kejelasan visualisasi arteri koroner, khususnya pada arteri koroner kanan yang rentan terhadap distorsi gambar akibat pergerakan yang cepat. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas diagnostik Cardiac CTA, khususnya dalam deteksi dini dan evaluasi stenosis pada RCA, sekaligus mendukung protokol pencitraan yang aman dengan dosis radiasi rendah.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk mengevaluasi kualitas citra Right Coronary Artery (RCA) pada pemeriksaan Cardiac CT Coronary Angiography dengan metode Snapshot Segment Helical menggunakan teknologi ASIR dan Temporal Resolution Enhancement.

Populasi dan Sampel Populasi : Pasien yang menjalani pemeriksaan Cardiac CT Coronary Angiography menggunakan CT scan tipe GE Maxima 128 Slice. Sampel: 10 pasien dengan karakteristik sebagai berikut, Jenis kelamin: 6 laki-laki, 4 perempuan. Rentang usia: 36–52 tahun, Berat badan: 74–86 kgTinggi badan: 168–172 cm. Kriteria inklusi: Pasien yang bersedia mengikuti prosedur penelitian dan telah menandatangani informed consent. Pasien dengan denyut jantung stabil di bawah 70 bpm setelah pemberian obat beta-blocker bila diperlukan. Kriteria eksklusi: Pasien dengan riwayat alergi terhadap kontras media berbasis yodium, Pasien yang tidak dapat menahan napas selama pemeriksaan.

Persiapan Pasien, Satu hari sebelum pemeriksaan, Pasien diminta untuk beristirahat cukup dan menghindari konsumsi makanan atau minuman yang dapat meningkatkan denyut jantung, seperti kopi dan susu. Sebelum Pemeriksaan

Dilakukan penilaian denyut jantung (heart rate). Jika denyut jantung masih di atas 70 bpm, pasien diberi obat beta-blocker (Bisoprolol 5 mg) dan menunggu hingga heart rate mencapai target

Persiapan Prosedural. Pasien diberi penjelasan prosedur secara rinci, termasuk risiko penggunaan kontras media, Pasien diminta menandatangani informed consent, Dipasang IV-line nomor 20 pada vena media cubiti dan koneksi EKG Gated dipastikan berjalan dengan baik.

Protokol pemeriksaan CT scan: Alat: GE Maxima 128 Slice, Parameter Scanning / Akuisisi: Scan type: Cardiac, Cardiac mode: Snapshot Segment Helical, Detector coverage: 40 mm, Helical thickness: 0,625 mm, Tegangan tabung (kV): 100, Arus tabung (mA): 250–450, Field of View (FOV): 25 cm, Coverage area: 12 - 13,8 cm (dari bawah carina hingga basal cardiac), Delay time: Teknik bolus tracking, dengan nilai ambang (threshold) 80 HU pada aorta ascenden.

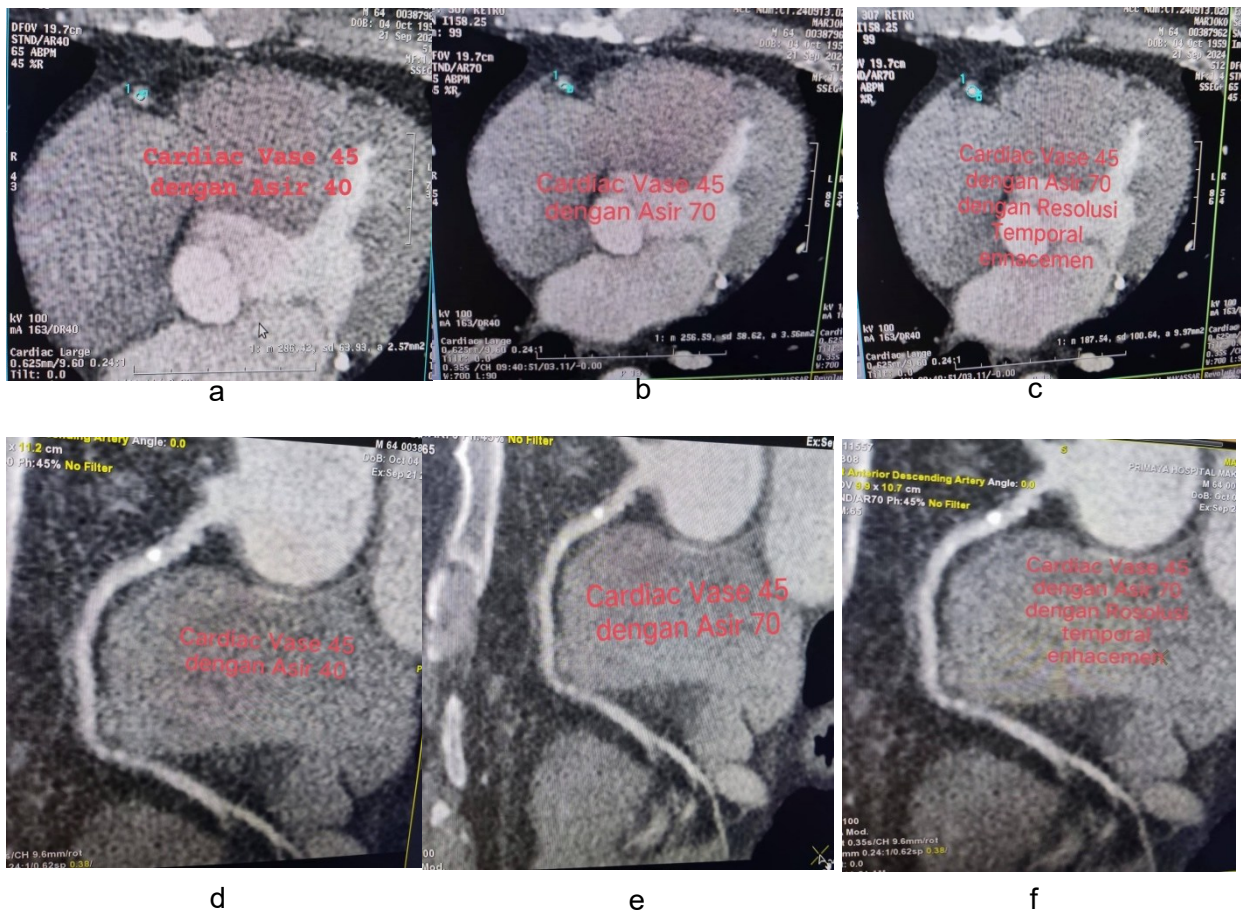
Kontras Media: Jenis: Low Osmolar Hexiol Contrast Media (LOCM) dengan konsentrasi 350 mg I/ml, Volume: 60 ml, disuntikkan dengan teknik injeksi otomatis.

Proses Rekonstruksi: Gambar direkonstruksi untuk fase sistole dan diastole. Fokus penelitian adalah fase systole. Variabel Bebas: Teknik rekonstruksi menggunakan, ASIR 40%, ASIR 70%, ASIR 70% dengan Temporal Resolution Enhancement. Variabel Terikat: Kualitas citra dalam hal ini ketajaman citra (sharpness) RCA. Variabel Kontrol: Parameter scanning, penggunaan kontras media, dan persiapan pasien, Evaluasi Kualitas Citra. Kuantitatif SNR Nilai SNR dihitung dengan menempatkan Region of Interest (ROI) pada area proximal RCA, Data SNR dari setiap teknik rekonstruksi ditabulasi untuk analisis statistic. Kualitatif (penilaian subjektif), Penilaian dilakukan oleh 2 observer radiografer yang berpengalaman dalam Cardiac CT Angiography, Ketajaman citra RCA dinilai menggunakan skala Likert 1–5: 1 : gambar sangat tidak tajam (sangat kabur) dan 5 : gambar sangat tajam. Hasil evaluasi dicatat untuk analisis statistic.

Analisis Data Kuantitatif: Data SNR dianalisis menggunakan uji statistik deskriptif dan inferensial (ANOVA atau uji t) untuk membandingkan perbedaan antar teknik rekonstruksi. Kualitatif: Skor Likert dari kedua observer dihitung reratanya, dan perbedaan antar teknik rekonstruksi dianalisis menggunakan uji non-parametrik, seperti Friedman Test atau Wilcoxon Signed Rank Test jika distribusi data tidak normal.

Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbaikan kualitas citra fase sistole pada Cardiac CT Coronary Angiography dengan fokus pada Right Coronary Artery (RCA) menggunakan pendekatan rekonstruksi ASIR (Adaptive Statistical Iterative Reconstruction) pada tingkat 40%, 70%, dan 70% dengan tambahan Temporal Resolution Enhancement. Penelitian dilakukan pada 10 pasien yang menjalani pemeriksaan dengan protokol Snapshot Segment Helical menggunakan CT scan GE Maxima 128 Slice. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam terkait pengaruh teknologi rekonstruksi modern terhadap kualitas citra fase sistole, terutama dalam konteks pengurangan noise (Signal-to-Noise Ratio, SNR) dan peningkatan ketajaman gambar (sharpness) pada evaluasi arteri koroner kanan.



Gambar 1. Hasil citra potongan axial dan multiplanar reconstruction curved (MPRC) fase systole (45%) Right Coronary Artery (RCA) menggunakan algoritma Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) 40 % (gambar a, d), 70% (gambar b, e), 70% + Temporal Resolution Enhancement (gambar c, f). Dari gambar 1 nilai signal, noise dan signal to noise ratio (SNR) algoritma ASIR 40%, 70% dan 70% + Algoritma Temporal Resolution Enhancement dilakukan dengan menggunakan analisis statistik uji T-Test berdasarkan data tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai signal, noise dan Signal to Noise Ratio (SNR) dari Right Coronary Artery (RCA) algoritma ASIR 40%, 70% dan ASIR 70% + Temporal **Resolution Enhancement**

No.	ROI RCA (HU)	ASIR (40%)			ASIR (70%)			ASIR (70%) + TE		
		Signal	Noice	SNR	Signal	Noice	SNR	Signal	Noice	SNR
1	Pasien 1	263	42.58	6.18	260	30.42	8.55	255	26.89	9.48
2	Pasien 2	371	56.05	6.62	303	23	13.17	350	37	9.46
3	Pasien 3	295	43.5	6.78	295	15.98	18.46	292.6	19.91	14.70
4	Pasien 4	215.88	44.7	4.83	205.14	30.94	6.63	200.33	28.73	6.97
5	Pasien 5	377	48	7.85	338	31.75	10.65	331	23.16	14.29
6	Pasien 6	322	52.06	6.19	321.62	40	8.04	329	38.88	8.46
7	Pasien 7	293	49.5	5.92	289	28.7	10.07	265	23.3	11.37
8	Pasien 8	274	46.89	5.84	276	33.43	8.26	293	19.55	14.99
9	Pasien 9	266	50.12	5.31	286	35.64	8.02	324	36.4	8.90
10	Pasien 10	326	49	6.65	265	33.65	7.88	326	39.2	8.32

Berdasarkan tabel 1 di atas terlihat nilai signal ASIR 40% nilai rata rata 300,29, nilai rata rata signal ASIR 70 % 283,88, dan nilai rata-rata signal ASIR 70% + Resolution Temporal Enchancement 296,59 berdasarkan hasil uji statistic T-Test untuk perbandingan signal ASIR 40% vs ASIR 70% menghasilkan nilai T-Test = 0,413 dan p-value 0,097656 . berdasarkan uji statistic ini nilai signal ASIR 40% dan ASIR 70% tidak mengalami perbedaan yang signifikan oleh karena nilai P-value > 0,05. Perbandingan nilai noise ASIR 40% vs 70% menghasilkan nilai T-Test 1,0839 dengan p-value 0,001953 dari hasil uji statistic ini terdapat perbedaan yang signifikan untuk nilai noise oleh karena nilai p-value < 0,05. Terlihat semakin tinggi nilai ASIR maka nilai noise semakin turun. Signal To Noise Ratio (SNR) ASIR 40% dan 70% menghasilkan nilai T-Test 0,00486 dengan p-value 0,001953, hal ini menunjukkan kenaikan nilai ASIR akan diikuti kenaikan nilai Signal to Noise Ratio dengan perbedaan yang signifikan oleh karena nilai p-value < 0,05. Perbandingan signal pada ASIR 70% dan 70% + Temporal Resolution Enhancement menghasilkan nilai T-Test 0,5004 dengan p-value 0,3222 hasil ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan nilai signal penggunaan ASIR 70% dan ASIR 70% + Temporal Resolution Enhancement oleh karena nilai p-value > 0.05. Demikian pula terhadap nilai noise dan nilai signal to noise ratio (SNR) masing masing menghasilkan nilai T-Test 0,7529 dengan p-value 0,6953 untuk noise sedangkan signal to noise ratio menghasilkan nilai T-Test 0,7915 dengan p-value 0,3222 dari hasil ini memperlihatkan algoritma ASIR 70% dan 70% + Temporal Resolution Enhancement baik signal, noise dan signal to noise ratio tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan oleh karena masing-masing nilai p-value didapatkan hasil > 0,05. Penelitian berikutnya dilanjutkan evaluasi citra melalui pendekatan kualitatif untuk menilai parameter ketajaman gambar dari masing masing algoritma recontruksi cardiac CT angiografi untuk Right Coronary Artery (RCA) fase systole (45%) oleh 2 orang observer radiografer yang mempunyai pengalaman dan kompetensi CT Cardiac.

Tabel 2. Hasil evaluasi kualitas citra parameter ketajaman (sharpness) oleh 2 observer yang berbeda algoritma ASIR 40%, 70% dan ASIR 70% + Temporal Resolution Enhancement.

Penilai	ASR 40%		ASR 70%		ASR 70%+TE	
	Rata-Rata	Kategori	Rata-Rata	Kategori	Rata-Rata	Kategori
Observer 1	3.4	Normal	1.7	Buruk	4.3	Baik
Observer 2	3.6	Baik	1.7	Buruk	4.3	Baik

Buruk = Kurang Tajam

Normal = cukup tajam

Baik = Tajam

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam kualitas gambar parameter ketajaman ASIR 40%, ASIR 70%, dan ASIR 70% + Temporal Resolution Enhancement. Analisis statistic mengungkapkan bahwa ASIR 40% menghasilkan kualitas gambar yang lebih baik (lebih tajam) dibandingkan ASIR 70%, dengan rata-rata skor masing-masing sebesar 3.6 dan 1.8. Perbedaan yang signifikan ini ($p\text{-value} = 0,001953125$) mengindikasikan bahwa pengaturan ASIR 40% lebih optimal dari pada ASIR 70%. Selain itu, penambahan Temporal Resolution Enhancement pada ASIR 70% menghasilkan peningkatan kualitas gambar yang substansial, dengan skor meningkat 1.8 menjadi 4.4, menunjukkan efektivitas Temporal enhancement sebagai factor yang sangat krusial. Hal ini didukung dari uji statistic yang masing masing menghasilkan nilai $p\text{-value} = 0,001953$ dan $0,001953$.

Pembahasan

Hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang mendalam mengenai pengaruh penggunaan teknik rekonstruksi ASIR dengan level berbeda, serta kombinasi Temporal Resolution Enhancement (TRE), terhadap kualitas citra Cardiac CT Coronary Angiography pada fase sistole. Fokus evaluasi ditujukan pada Right Coronary Artery (RCA) dengan tiga parameter utama: signal, noise, dan Signal-to-Noise Ratio (SNR). Perbandingan antara ASIR 40% dan ASIR 70%, nilai rata-rata signal ASIR 40% lebih tinggi (300,29) dibandingkan ASIR 70% (283,88). Namun, berdasarkan uji statistik T-Test (nilai T-Test = 0,413, $p\text{-value} = 0,097656$), tidak terdapat perbedaan signifikan antara keduanya ($p\text{-value} > 0,05$). Demikian pula, perbandingan ASIR 70% dengan ASIR 70% + TRE, rata-rata signal tidak menunjukkan perbedaan signifikan (T-Test = 0,5004, $p\text{-value} = 0,3222$). Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan algoritma Temporal Resolution Enhancement tidak memengaruhi nilai signal secara substansial (Luan et al., 2022).

Nilai noise menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan level ASIR. Pada perbandingan ASIR 40% dengan ASIR 70%, terdapat perbedaan yang signifikan (T-Test = 1,0839, $p\text{-value} = 0,001953$), di mana ASIR 70% mampu menurunkan noise lebih efektif dibandingkan ASIR 40%. Penurunan noise ini selaras dengan prinsip algoritma ASIR yang memanfaatkan metode iteratif untuk mengurangi komponen noise pada citra. Namun, pada perbandingan antara ASIR 70% dan ASIR 70% + TRE, nilai noise tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (T-Test = 0,7529, $p\text{-value} = 0,6953$). Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Temporal Resolution Enhancement (TRE) tidak berkontribusi secara signifikan terhadap penurunan noise yang telah dioptimalkan pada level ASIR 70%. SNR menunjukkan peningkatan signifikan dengan peningkatan level ASIR. Pada perbandingan ASIR 40% dan ASIR 70%, nilai SNR menunjukkan perbedaan yang signifikan (T-Test = 0,00486, $p\text{-value} = 0,001953$). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan level ASIR tidak hanya menurunkan noise tetapi juga memperbaiki kualitas citra secara keseluruhan. Namun, pada perbandingan ASIR 70% dengan ASIR 70% + Temporal Resolution Enhancement (TRE), SNR tidak menunjukkan perbedaan signifikan (T-Test = 0,7915, $p\text{-value} = 0,3222$). Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan Temporal Resolution Enhancement tidak memberikan peningkatan yang signifikan pada parameter SNR di RCA (Song et al., 2022).

Hasil penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa algoritma ASIR mampu menurunkan noise dan meningkatkan SNR, terutama pada nilai ASIR yang lebih tinggi (Han et al., 2020). Pendekatan rekonstruksi iteratif lebih efektif dalam mengurangi noise tanpa meningkatkan dosis radiasi. Meski Temporal Resolution Enhancement dirancang untuk meningkatkan ketajaman gambar, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma ini tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap parameter signal, noise, maupun SNR pada RCA. Manfaat algoritma temporal lebih terlihat pada kondisi klinis tertentu, seperti arteri dengan pergerakan dinamis tinggi. Peningkatan level ASIR memberikan manfaat nyata dalam mengoptimalkan kualitas citra dengan noise yang lebih rendah (Knollmann et al., 2022). Namun, hasil penelitian ini juga mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap efektivitas penambahan algoritma Temporal Resolution Enhancement, terutama dalam aplikasi yang lebih kompleks seperti pada pasien dengan variabilitas detak jantung yang tinggi (Shuai et al., 2021).

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam kualitas gambar antara ASIR 40%, ASIR 70%, dan ASIR 70% + TRE, yang memberikan implikasi penting terhadap optimalisasi protokol rekonstruksi gambar (Mushtaq et al., 2020). Dari hasil analisis statistik, ASIR 40% menghasilkan kualitas gambar yang lebih tajam dibandingkan ASIR 70% dengan rata-rata skor ketajaman masing-masing sebesar 3,6 dan 1,8. Perbedaan ini signifikan secara statistik ($p\text{-value} = 0,001953125$) dan menunjukkan bahwa pengaturan ASIR 40% lebih unggul dalam menghasilkan citra yang tajam dibandingkan ASIR 70%. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui prinsip dasar Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR), di mana peningkatan level ASIR (misalnya dari 40% ke 70%) secara signifikan mengurangi noise. Namun, penurunan noise yang terlalu besar juga dapat menyebabkan smoothing effect pada citra, sehingga mengurangi ketajaman gambar. Temuan ini selaras dengan penelitian oleh Vardhanabhuti et al. (2013) yang menunjukkan bahwa penggunaan level ASIR yang terlalu tinggi dapat menyebabkan hilangnya detail anatomi karena efek smoothing yang berlebihan (Wang et al., 2021).

Penambahan Temporal Resolution Enhancement (TRE) pada pengaturan ASIR 70% memberikan peningkatan kualitas gambar yang substansial, dengan skor rata-rata ketajaman meningkat dari 1,8 menjadi 4,4. Analisis statistik menunjukkan bahwa peningkatan ini signifikan secara statistik ($p\text{-value} = 0,001953$), yang mengindikasikan efektivitas algoritma TRE dalam mengoptimalkan ketajaman gambar. Penambahan TRE memperbaiki kekurangan ASIR 70% dengan mempertahankan detail anatomi dan meningkatkan resolusi temporal, yang sangat penting dalam evaluasi struktur kecil atau bergerak seperti arteri koroner (Benz et al., 2020). Hasil ini didukung oleh penelitian Matsumoto et al. (2016), yang menyatakan bahwa algoritma TRE secara signifikan meningkatkan ketajaman gambar tanpa meningkatkan noise atau mengurangi SNR, terutama pada aplikasi Cardiac CT (Liu et al., 2021). Meskipun ASIR 40% memiliki keunggulan dalam ketajaman dibandingkan ASIR 70%, penambahan Temporal Resolution Enhancement pada ASIR 70% menghasilkan kualitas gambar dengan ketajaman yang jauh lebih baik dibandingkan ASIR 40%. Dengan skor rata-rata ketajaman 4,4 pada ASIR 70% + Temporal Resolution Enhancement (TRE), kualitas gambar menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan ASIR 40% ($p\text{-value} = 0,001953$). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi algoritma iteratif (ASIR) dengan algoritma resolusi temporal (TRE) dapat memberikan solusi yang optimal, mengurangi noise secara efektif sekaligus mempertahankan detail citra. Kombinasi pendekatan rekonstruksi iteratif dengan algoritma berbasis resolusi temporal mampu meningkatkan deteksi detail kecil pada evaluasi arteri koroner, tanpa mengorbankan parameter penting lainnya seperti SNR (Kamani et al., 2022).

Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat ASIR dan penggunaan Temporal Resolution Enhancement (TRE) memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas citra, khususnya pada fase sistole dalam Cardiac CT Coronary Angiography (CCTA) untuk evaluasi arteri koroner kanan (Right Coronary Artery). Pengaturan ASIR 40% menghasilkan kualitas citra yang lebih tajam dibandingkan ASIR 70%, dengan skor ketajaman rata-rata masing-masing sebesar 3,6 dan 1,8, akibat efek smoothing yang lebih rendah pada ASIR 40%. Perbedaan ini signifikan secara statistik ($p\text{-value} = 0,001953125$). Namun, penggunaan ASIR 70% ditambah dengan Temporal Resolution Enhancement (TRE) secara substansial meningkatkan kualitas citra, dengan skor ketajaman meningkat menjadi 4,4, menunjukkan bahwa TRE sangat efektif dalam memperbaiki resolusi temporal, mempertahankan detail anatomi, dan meningkatkan ketajaman citra tanpa meningkatkan noise secara signifikan. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kombinasi ASIR 70% + adalah protokol yang optimal untuk mengatasi tantangan dalam fase sistole, khususnya untuk mempertahankan kualitas citra pada Right Coronary Artery (RCA). Hasil ini memberikan kontribusi penting dalam optimalisasi parameter akuisisi dan rekonstruksi citra pada metode Snapshot Segment Helical, sehingga dapat digunakan sebagai rekomendasi klinis untuk meningkatkan hasil diagnostik dalam pemeriksaan Cardiac CT Angiography.

Daftar Rujukan

- Benz, D. C., Benetos, G., Rampidis, G., von Felten, E., Bakula, A., Sustar, A., Kudura, K., Messerli, M., Fuchs, T. A., Gebhard, C., Pazhenkottil, A. P., Kaufmann, P. A., & Buechel, R. R. (2020). Validation of deep-learning image reconstruction for coronary computed tomography angiography: Impact on noise, image quality and diagnostic accuracy. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 14(5), 444–451. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcct.2020.01.002>
- Graby, J., Metters, R., Kandan, S. R., McKenzie, D., Lowe, R., Carson, K., Hudson, B. J., & Rodrigues, J. C. L. (2021). Real-world clinical and cost analysis of CT coronary angiography and CT coronary angiography-derived fractional flow reserve (FFRCT)-guided care in the National Health Service. *Clinical Radiology*, 76(11), 862.e19–862.e28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crad.2021.06.009>
- Hajhosseiny, R., Rashid, I., Bustin, A., Munoz, C., Cruz, G., Nazir, M. S., Grigoryan, K., Ismail, T. F., Preston, R., Neji, R., Kunze, K., Razavi, R., Chiribiri, A., Masci, P. G., Rajani, R., Prieto, C., & Botnar, R. M. (2021). Clinical comparison of sub-mm high-resolution non-contrast coronary CMR angiography against coronary CT angiography in patients with low-intermediate risk of coronary artery disease: a single center trial. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 23(1), 57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12968-021-00758-9>
- Han, D., Liu, J., Sun, Z., Cui, Y., He, Y., & Yang, Z. (2020). Deep learning analysis in coronary computed tomographic angiography imaging for the assessment of patients with coronary artery stenosis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 196, 105651. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105651>
- Horinouchi, H., Sofue, K., Nishii, T., Maruyama, K., Sasaki, K., Gentsu, T., Ueshima, E., Okada, T., Yamaguchi, M., Sugimoto, K., & Murakami, T. (2020). CT angiography with 15 mL contrast material injection on time-resolved imaging for endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *European Journal of Radiology*, 126, 108861. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108861>
- Johansen, C. B., Martinsen, A. C. T., Enden, T. R., & Svanteson, M. (2022). The potential of iodinated contrast reduction in dual-energy CT thoracic angiography; an evaluation of image quality.

- Radiography*, 28(1), 2–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.07.006>
- Kamani, C. H., Huang, W., Lutz, J., Giannopoulos, A. A., Patriki, D., von Felten, E., Schwyzer, M., Gebhard, C., Benz, D. C., Fuchs, T. A., Gräni, C., Pazhenkottil, A. P., Kaufmann, P. A., & Buechel, R. R. (2022). Impact of Adaptive Statistical Iterative Reconstruction-V on Coronary Artery Calcium Scores Obtained From Low-Tube-Voltage Computed Tomography – A Patient Study. *Academic Radiology*, 29, S11–S16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.10.025>
- Knollmann, F., Chu, L., & Lang, J. A. (2022). CT Angiography for the Detection of Pulmonary Embolism: Role of Tube Voltage and Contrast Injection Rate on Diagnostic Confidence. *Academic Radiology*, 29, S91–S97. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.acra.2021.01.020>
- Liang, C. R., Ong, C. C., Chai, P., & Teo, L. L. S. (2021). Comparison of radiation dose, contrast enhancement and image quality of prospective ECG-Gated CT coronary angiography: Single versus dual source CT. *Radiography*, 27(3), 831–839. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.01.004>
- Liu, J., Xue, H., Liu, W., Yan, J., Pan, W., Li, B., Xu, K., Wang, Y., Li, P., Xiao, Y., & Jin, Z. (2021). CT colonography with spectral filtration and advanced modeled iterative reconstruction in the third-generation dual-source CT: image quality, radiation dose and performance in clinical utility. *Academic Radiology*, 28(5), e127–e136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.03.040>
- Luan, X., Gao, Z., Sun, J., Chen, G., Song, H., Yao, J., Yan, S., Yu, H., & Song, P. (2022). Feasibility of an ultra-low dose contrast media protocol for coronary CT angiography. *Clinical Radiology*, 77(9), e705–e710. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.05.029>
- Mørup, S. D., Stowe, J., Precht, H., Gervig, M. H., & Foley, S. (2022). Design of a 3D printed coronary artery model for CT optimization. *Radiography*, 28(2), 426–432. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.09.001>
- Mushtaq, S., Conte, E., Pontone, G., Pompilio, G., Guglielmo, M., Annoni, A., Baggiano, A., Formenti, A., Mancini, M. E., Muscogiuri, G., Nicoli, F., Giannitto, C., Magatelli, M., Tanzilli, A., Consiglio, E., Fiorentini, C., Bartorelli, A. L., Pirillo, S. P., Pepi, M., & Andreini, D. (2020). Interpretability of coronary CT angiography performed with a novel whole-heart coverage high-definition CT scanner in 300 consecutive patients with coronary artery bypass grafts. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 14(2), 137–143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcct.2019.08.004>
- Schindler, P., Kehl, H.-G., Wildgruber, M., Heindel, W., & Schülke, C. (2020). Cardiac CT in the Preoperative Diagnostics of Neonates with Congenital Heart Disease: Radiation Dose Optimization by Omitting Test Bolus or Bolus Tracking. *Academic Radiology*, 27(5), e102–e108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.07.019>
- Shuai, T., Li, W., You, Y., Deng, L., Li, J., Peng, L., & Li, Z. (2021). Combined Coronary CT Angiography and Evaluation of Access Vessels for TAVR Patients in Free-Breathing with Single Contrast Medium Injection Using a 16-cm-Wide Detector CT. *Academic Radiology*, 28(12), 1662–1668. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.08.003>
- Song, Y., Ren, S., Lu, Y., Fu, X., & Wong, K. K. L. (2022). Deep learning-based automatic segmentation of images in cardiac radiography: A promising challenge. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 220, 106821. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.106821>
- Takafuji, M., Kitagawa, K., Mizutani, S., Oka, R., Kisou, R., Sakaguchi, S., Ichikawa, K., Izumi, D., & Sakuma, H. (2022). Deep-learning reconstruction to improve image quality of myocardial

- dynamic CT perfusion: comparison with hybrid iterative reconstruction. *Clinical Radiology*, 77(10), e771–e775. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.06.013>
- Takagi, H., Leipsic, J. A., Indraratna, P., Gulsin, G., Khasanova, E., Tzimas, G., Lin, F. Y., Shaw, L. J., Lee, S.-E., Andreini, D., Al-Mallah, M. H., Budoff, M. J., Cademartiri, F., Chinnaiyan, K., Choi, J. H., Conte, E., Marques, H., de Araújo Gonçalves, P., Gottlieb, I., ... Chang, H.-J. (2021). Association of Tube Voltage With Plaque Composition on Coronary CT Angiography: Results From PARADIGM Registry. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 14(12), 2429–2440. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.07.011>
- Talha, S. M. U., Mairaj, T., & Yousuf, W. Bin. (2021). Novel FBP based sparse-view CT reconstruction scheme using self-shaping spatial filter based morphological operations and scaled reprojections. *Biomedical Signal Processing and Control*, 64, 102323. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102323>
- Vecsey-Nagy, M., Jermendy, Á. L., Suhai, F. I., Panajotu, A., Csöre, J., Borzsák, S., Fontanini, D. M., Kolossváry, M., Vattay, B., Boussoussou, M., Csobay-Novák, C., Merkely, B., Maurovich-Horvat, P., & Szilveszter, B. (2021). Model-based adaptive filter for a dedicated cardiovascular CT scanner: Assessment of image noise, sharpness and quality. *European Journal of Radiology*, 145, 110032. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.110032>
- Wang, S., Xiao, T., Liu, Q., & Zheng, H. (2021). Deep learning for fast MR imaging: A review for learning reconstruction from incomplete k-space data. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102579. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102579>