

PERANAN *ADAPTIVE ITERATIVE DOSE REDUCTION 3D (AIDR 3D)* DALAM MENINGKATKAN KUALITAS CITRA *MSCT ABDOMEN*

Nur Ainayah¹ Sigit Wijokongko² Nanang Sulaksono³

¹*RSUD Dr. Saiful Anwar Malang*

²*RS Tugurejo Semarang*

³*Poltekkes Kemenkes Semarang*

Corresponding author: Nur Ainayah
e-mail: ainiyaeni79@gmail.com

ABSTRACT

Background: Abdominal MSCT has better sensitivity and specificity, however its radiation exposure is high. Adaptive Iterative Dose Reduction (AIDR) 3D is an iterative reconstruction technology on Toshiba which produces a better image quality by reducing noise and streak artifacts in low dose. Based on author's observation, abdominal MSCT performed at the hospital uses a standard routine abdominal MSCT protocol without adjusting the level of AIDR 3D. AIDR 3D has several strength level allowing an optimal image quality. This study was aimed to explain the role of AIDR 3D in improving the image quality and radiation dose of abdominal MSCT.

Methods: This research method is descriptive with the literature study approach, by collecting articles from ProQuest, Google Scholar, PubMed, SpringerLink, and ScienceDirect about the role of AIDR 3D on abdominal MSCT published 2013-2020. The articles were selected according to the inclusion criteria. So there were 4 relevant journals which were then analyzed by making a journal summary, evaluating, giving opinions so that conclusions and suggestions can be drawn.

Result: The results showed that AIDR 3D can improve the image quality of abdominal MSCT by reducing noise, artifacts and increasing CNR, SNR, image sharpness. Noise reduction and CNR increase, the most prominent SNR is found in AIDR 3D Strong, followed by Standard and Mild. AIDR 3D can reduce radiation doses better without reducing image quality

Conclusion: AIDR 3D can improve image quality on abdominal MSCT and the use of integrated AIDR 3D ^{SURE}Exposure 3D can reduce radiation doses better without reducing image quality. Reduction of radiation dose between 23% to 76%.

Keyword : *AIDR 3D, Image Quality, Radiation Dose, Abdominal MSCT*

Pendahuluan

Pada MSCT *abdomen* untuk membedakan jaringan normal dan kelainan patologi diperjelas dengan penambahan media kontras dan dapat dilakukan dengan MSCT *abdomen singlephase* atau *multiphase* (fase *arteri*, fase *vena*, dan fase *delay*). Penggunaan MSCT *abdomen* ini akan menambah informasi diagnostik juga menambah paparan radiasi kepada pasien karena dilakukan *scanning* beberapa kali (Lampignano & Kendrick, 2018). Pemeriksaan MSCT *abdomen* memiliki tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang lebih baik, akan tetapi kekurangannya adalah adanya paparan

radiasi yang yang tinggi yaitu dosis radiasi efektif kumulatifnya lebih dari dua pertiga dari seluruh pencitraan diagnostik. Paparan radiasi dengan dosis efektif kumulatif yang tinggi sangat merugikan pasien dan meningkatkan kekhawatiran terhadap efek bahaya dari dosis radiasi yang diterima oleh pasien dan tenaga kesehatan lainnya (Scharf dkk., 2017).

Pengurangan dosis radiasi atau penurunan paparan radiasi akan menghasilkan peningkatan *noise* pada teknik rekonstruksi citra *Filtered Back Projection (FBP)*, sehingga akan menghasilkan kualitas citra yang rendah. Semakin meningkatnya *noise* kualitas citra menjadi turun, dan sebaliknya

semakin rendah *noise* maka kualitas citra semakin meningkat (Seeram, 2016).

Seiring dengan perkembangan MSCT, kekhawatiran tentang paparan radiasi telah meningkatkan perhatian untuk mengurangi dosis radiasi, namun mengakibatkan *noise* citra yang meningkat dan kualitas citra menurun, karena keterbatasan standar rekonstruksi algoritma *Filtered Back Projection* (FBP) yang saat ini digunakan pada semua MSCT. Metode untuk menurunkan *noise* telah dikembangkan berdasarkan rekonstruksi algoritma *iterative* (Matsuki dkk., 2013).

Baru-baru ini, berbagai algoritma rekonstruksi berulang telah diperkenalkan. Beberapa algoritma rekonstruksi berulang tersedia terutama bekerja dalam domain data gambar, seperti *Adaptive Statistical Iterative Reconstruction* (ASIR) dan *Iterative Reconstruction in Image Space* (IRIS). Selain itu, ada juga rekonstruksi berulang yang dominan bekerja di domain *raw data*, seperti *Sinogram-Affirmed Iterative Reconstruction* (SAFIRE), Hybrid Iterative Reconstruction (HIR), dan *Adaptive Iterative Dose Reduction* (AIDR) 3D (Nikolaou dkk., 2019).

Adaptive Iterative Dose Reduction (AIDR) 3D merupakan teknologi rekonstruksi *iterative* yang terdapat pada Toshiba yang didesain terintegrasi dengan *Automatic Exposure Control* (AEC) yang bisa memperbaiki kualitas citra dengan menurunkan *noise* dan *streak artifact* (Toshiba, 2012). Proses rekonstruksi AIDR 3D menggabungkan *raw data* dan optimasi *noise* di *image space*. Meskipun AIDR 3D didesain otomatis untuk memilih parameter yang sesuai jenis pemeriksaan, radiografer dapat memilih secara manual karena AIDR 3D memiliki level kekuatan yang bisa dipilih *Mild*, *Standard*, *Strong*. Level AIDR 3D mempunyai tingkat *strength*, semakin *strength* semakin tinggi *noise* filternya. Pengaturan *standard* direkomendasikan untuk sebagian besar protokol, akan tetapi semua pengaturan yang tersedia untuk tujuan penelitian (Toshiba, 2012).

Menurut Penelitian Chen dkk. (2016), dengan membandingkan rekonstruksi algoritma (FBP, AIDR 3D level *mild*, *standard*, dan *strong*) pada MSCT *abdomen* hasilnya menunjukkan rekonstruksi AIDR 3D dengan level *strong* bisa mengurangi dosis 72% pada phantom dan 47,1% pada pasien daripada dengan menggunakan rekonstruksi algoritma FBP, perbedaan ini dikarenakan *atenuasi* obyek yang berbeda. Pada level *strong* didapatkan *noise* terendah dan *Signal*

to Noise Ratio (SNR) tertinggi dibandingkan dengan rekonstruksi algoritma FBP maupun variasi AIDR 3D lainnya. Ketajaman citra dari FBP signifikan berbeda dari variasi level AIDR 3D, sehingga kualitas citra dari AIDR 3D signifikan lebih menguntungkan daripada FBP.

Penelitian yang dilakukan Kim dkk. (2014) bahwa AIDR 3D signifikan mengurangi *noise* daripada dengan FBP dan meningkatkan SNR dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) dengan memperbaiki kualitas citra. Ketika rekonstruksi algoritma yang paling kuat digunakan maka peningkatan SNR dan CNR paling besar serta pengurangan *noise*. Pengaruh reduksi *noise* dari AIDR 3D secara signifikan lebih besar pada phantom dengan ukuran yang lebih besar daripada ukuran yang lebih kecil.

Penelitian yang dilakukan Yoon dkk. (2014) bahwa penerapan AIDR 3D pada Akuisisi *Half-dose* dapat dicapai pada pasien berukuran kecil tanpa menghambat kinerja diagnostik, sementara itu dapat meningkatkan kinerja diagnostik pada pasien berukuran sedang dan besar tanpa meningkatkan dosis radiasi. *Noise*, kualitas citra, dan konsesi lesi pada kelompok akuisisi *Half-dose* setara dengan FBP pada akuisisi *Full-dose* setelah menerapkan AIDR 3D di semua phantom. Dalam phantom yang berukuran kecil, kelompok akuisisi *Half-dose* direkonstruksi dengan AIDR 3D menunjukkan sensitivitas yang sama dalam memvisualisasikan kontras rendah pada *Focal Liver Lesion* (FLLs) daripada dengan FBP pada akuisisi *Full-dose*. Dalam phantom berukuran sedang dan besar, AIDR 3D mengurangi jumlah FLL kontras rendah yang hilang.

Penelitian yang dilakukan Nakamoto dkk. (2013) bahwa AIDR 3D mengurangi *noise* citra objektif dan meningkatkan CNR daripada dengan FBP di semua pengaturan kVp dan mA. Di antara *preset* AIDR 3D, *Strong* paling menonjol dalam pengurangan *noise* citra, diikuti oleh *Standard* dan *Mild*. Pada pengaturan 120 kVp, *noise* citra objektif dan kualitas citra subjektif pada 100 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan akuisisi 400mA dengan FBP. Hasil ini menunjukkan bahwa menggunakan AIDR 3D dapat memungkinkan pengurangan dosis radiasi hingga 75% dengan mempertahankan *noise* citra yang dapat diterima pada pengaturan 120 kVp. Pada pengaturan 80 kVp, kualitas citra subjektif pada 400 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan akuisisi 580mA dengan FBP, meskipun *noise* citra objektif pada 200 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan akuisisi pada 580mA dengan FBP.

Dengan demikian, pengurangan dosis pada pengaturan 80 kVp akan tetap pada 31-66%. Pada pengaturan kVp yang lebih rendah, jumlah *noise* citra meningkat secara nyata ketika arus tabung menurun, dan AIDR 3D mungkin memiliki batasan dalam menghilangkan *noise* citra dan peningkatan kualitas citra subjektif dalam pengaturan dosis rendah.

Penulis telah melakukan studi pendahuluan dengan observasi di rumah sakit Islam Aisyiyah Malang yang menggunakan pesawat Toshiba, pemeriksaan MSCT *abdomen* yang dilakukan di rumah sakit berdasarkan pengamatan penulis menggunakan protokol *abdomen* rutin. AIDR 3D yang digunakan secara otomatis dengan *setting standard* tanpa pernah mengubah level dari AIDR 3D. Hal ini dikarenakan kurangnya pengetahuan Radiografer tentang rekonstruksi algoritma AIDR 3D, bahwa AIDR 3D terdapat pengaturan level *strength* yang dapat dipilih untuk menghasilkan kualitas citra optimal.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penulis tertarik untuk mengkaji secara teoritis tentang peranan penggunaan AIDR 3D pada MSCT *abdomen* dan menuangkannya dalam skripsi dengan judul **“PERANAN ADAPTIVE ITERATIVE DOSE REDUCTION 3D (AIDR 3D) DALAM MENINGKATKAN KUALITAS CITRA MSCT ABDOMEN”**

Metode

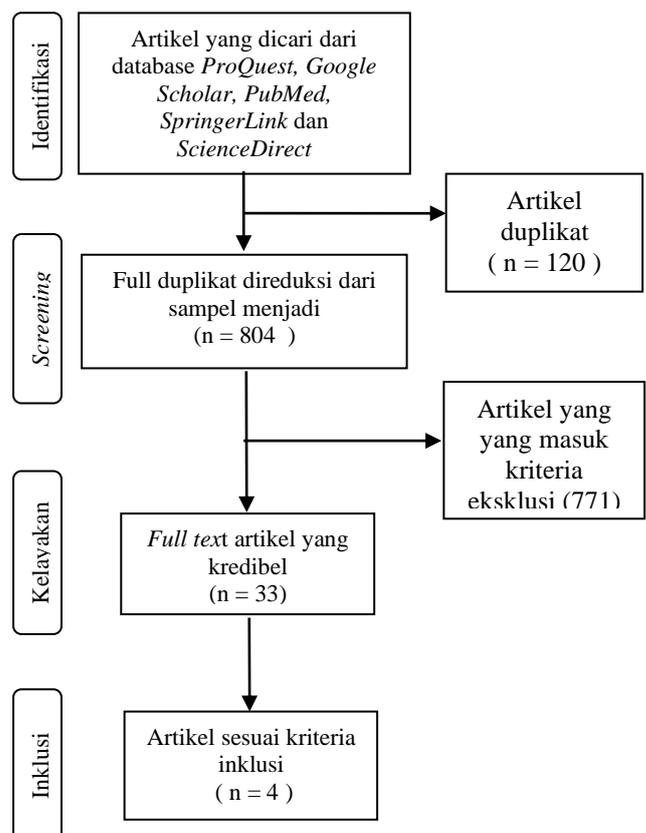
Jenis penelitian adalah penelitian deskriptif dengan metode *Literature Review* (Studi Literatur) tentang peranan *Adaptive Iterative Dose Reduction 3D* pada peningkatan kualitas citra MSCT *abdomen*. Pengambilan data dalam penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2020 sampai dengan Mei 2020. Sedangkan metode penelitian yang digunakan penulis adalah kajian teori / studi literatur / studi pustaka. Studi literatur ini dimulai dari pencarian artikel dengan menggunakan kata kunci “AIDR 3D, *Iterative Reconstruction*, *Image quality*, *Dose Radiation*, *Abdominal MSCT*” di basis data (*database*) atau *search engine* yang berisi jurnal internasional yang kredibel. Basis data yang digunakan adalah *ProQuest*, *Google Scholar*, *PubMed*, *SpringerLink*, dan *ScienceDirect*. Pencarian dibatasi untuk jurnal yang diterbitkan pada tahun 2013 hingga 2020.

Jurnal-jurnal tersebut kemudian direduksi dengan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Adapun kriteria inklusi pada studi literatur ini adalah sebagai berikut :

1. Artikel ilmiah yang utuh, manuskrip dipandang utuh jika memuat judul, nama pengarang, penerbit, abstrak serta terdapat isi artikel yang lengkap hingga daftar pustaka.
2. Artikel yang dipilih adalah artikel yang dipublikasikan baik nasional maupun internasional (dengan menggunakan bahasa Inggris) antara tahun 2013–2020.
3. Artikel yang dipilih adalah artikel penelitian yang asli yang membahas tentang peranan AIDR 3D pada peningkatan kualitas citra MSCT *abdomen*, dan khususnya pada penggunaan variasi *strength* AIDR 3D.
4. Subyek penelitian di literatur pada manusia maupun phantom, dan akuisisi pemeriksaan pada MSCT *abdomen*.

Kriteria Eksklusi :

1. Artikel yang berupa *review* jurnal (artikel duplikat).
2. Repositori yang tidak dipublikasikan baik nasional maupun internasional. Artikel ilmiah yang belum memiliki DOI (*Digital Object Identifier*) adalah artikel yang belum dipublikasikan.
3. Subyek pada hewan atau anak-anak.



Gambar 1 Bagan Konsep Telusur Pustaka

Setelah sumber/ bahan pustaka didapatkan maka selanjutnya peneliti merumuskan masalah

dalam jurnal/ artikel yang didapatkan. Kemudian mengevaluasi dan mengkaji literatur atau buku secara kritis dan melakukan pengolahan data dengan membuat tabulasi deskripsi rangkuman jurnal yang meliputi judul jurnal, asal jurnal, nama penulis, tahun terbit, volume dan halaman jurnal, tujuan, metode, subjek penelitian, hasil studi, dan kesimpulan. Kemudian membuat persamaan dan perbedaan hasil masing-masing jurnal. Analisis data dilakukan dengan menggunakan rangkuman jurnal tersebut, kemudian analisis isi yang ada pada tujuan dan hasil temuan penelitian. Analisis isi jurnal akan mendapatkan persamaan dan perbedaan masing-masing jurnal. Mengevaluasi secara kritis, memberikan pendapat sehingga mudah ditarik kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dari studi ini sehubungan dengan peranan AIDR 3D pada kualitas citra *MSCT abdomen*. Kemudian memberikan saran pada akhir kajian.

Hasil dan Pembahasan

Penerapan AIDR 3D dapat mengurangi dosis CT pada pasien tergantung dari jenis pemeriksaan klinisnya, ukuran tubuh pasien, lokasi anatomis. AIDR 3D merupakan evolusi teknologi *Iterative Reconstruction* yang baru dari Toshiba, teknologi ini telah sepenuhnya terintegrasi ke dalam rantai pencitraan untuk mengoptimalkan pengurangan dosis dan meningkatkan kualitas citra. Hal ini dirancang untuk mengurangi dosis dengan cara mengurangi besarnya *noise* citra dengan tetap mempertahankan detail citra dan memungkinkan untuk akuisisi dosis yang lebih rendah (Toshiba, 2012).

Penulis melakukan pengkajian lebih mendalam tentang peranan *Adaptive Iterative Dose Reduction 3D* pada peningkatan kualitas citra *MSCT abdomen* dengan melakukan studi literatur dari artikel atau jurnal penelitian yang meneliti tentang tingkat kekuatan AIDR 3D pada kualitas citra *MSCT abdomen*.

Dalam penelitian ini, penulis memaparkan informasi dari empat jurnal penelitian sebagai data yang akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Empat jurnal tersebut memenuhi kriteria inklusi yang berhubungan dengan topik dan memiliki tahun terbit dari 2013 sampai 2016.

Hasil penelitian Chen dkk. (2016) pada analisis kuantitatif dari studi pasien, bahwa *mean atenuasi ROI* pada lobus kanan dan kiri *hepar*, *aorta*, dan *musculus psoas* tidak signifikan secara statistik

untuk FBP atau AIDR 3D *standard* dan *strong*. *Mean noise* gambar paling rendah pada algoritma AIDR 3D *strong* pada semua studi dan pada dua subkelompok D_{eff} (*Diameter Effective*). *Mean* pengurangan *noise* pada semua ROI dengan algoritma AIDR 3D *standard* dan *strong* dengan FBP adalah 23,2% vs 34,6%, 16,2% vs 28,5%, dan 35,2% vs 45,1%, berurutan. Hal yang sama juga pada SNR yang lebih baik pada algoritma AIDR *standard* dan *strong* daripada FBP.

Sedangkan analisis kualitatif algoritma AIDR *standard* dan *strong* pada pasien dengan $D_{\text{eff}} < 29$ cm memiliki ketajaman citra dan artefak yang lebih baik daripada FBP, tetapi tidak pada kualitas citra dan *noise*. Sebaliknya, pada pasien dengan $D_{\text{eff}} \geq 29$ cm memiliki ketajaman citra pada kualitas citra, *noise*, dan artefak. Untuk $D_{\text{eff}} \geq 29$ cm, secara subjektif algoritma AIDR 3D *strong* memiliki *noise* citra yang lebih sedikit daripada algoritma AIDR 3D *standard* kecuali ketajaman citra pada pasien dengan $D_{\text{eff}} < 29$ cm seperti pada gambar 2 dan 3 di bawah ini :



Gambar 2 Hasil citra *MSCT abdomen* setelah *follow up* terapi *Ca.colon* (BB 80kg, BMI 27,7kg/m², D_{eff} 30cm) pada level porta dengan (A) FBP (B) AIDR 3D *Standard*, dan (C) AIDR 3D *Strong*. Rekonstruksi FBP menghasilkan *noise* citra yang lebih tinggi daripada AIDR 3D. Ketiga gambar tajam secara subyektif (Chen dkk., 2016)



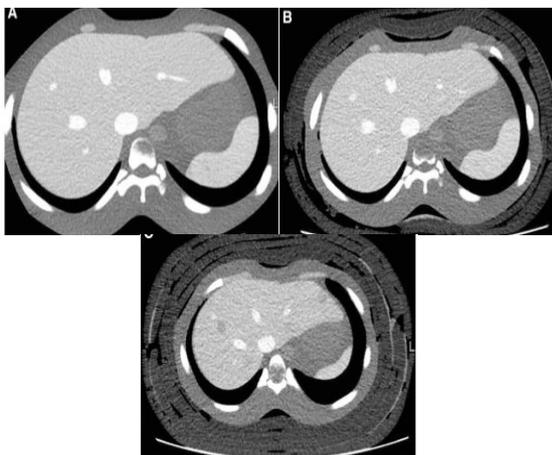
Gambar 3 Hasil citra *MSCT abdomen* setelah *follow up* terapi *Ca.colon* (BB 53kg, BMI 19,9 kg/m², D_{eff} 24cm) pada level porta dengan (A) FBP, (B) AIDR 3D *standard*, dan (C) AIDR 3D *Strong*. Kualitas citra keseluruhan AIDR 3D hampir sama dengan FBP, terdapat ketajaman citra subyektif yang sedikit kurang, terutama dengan AIDR 3D *Strong* namun informasi diagnostik tidak terpengaruh (Chen dkk., 2016).

Pada studi phantom AIDR 3D *Mild* menunjukkan pengurangan dosis 30% daripada dengan FBP, dimana AIDR 3D *Standard* dan *Strong* menunjukkan pengurangan dosis 72%. Sedangkan dosis radiasi pada studi pasien, penurunan dosis rata-rata dengan algoritma AIDR 3D pada subkelompok Deff < 29cm dan ≥ 29 cm adalah 55,3% dan 32,8%.

Algoritma AIDR 3D dapat mengurangi dosis radiasi dengan tetap menjaga kualitas citra. Kemampuan untuk mendeteksi lesi dengan kontras rendah memang sangatlah penting karena lesi pada organ solid abdomen termasuk *liver* biasanya menunjukkan kontras rendah. Dengan mempertimbangkan bahwa selain penggunaan algoritma IR, teknik *Automatic Tube Current Modulation* (ATCM) dan habitus tubuh pasien juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi kemampuan dalam mendeteksi lesi lokal pada organ solid abdomen.

Hasil penelitian Yoon dkk. menunjukkan bahwa pada analisis kualitatif, *noise* citra dengan *Half-Dose Mild*, *Standard* dan *Strong* setara dengan citra akuisisi dengan *Full-Dose* FBP dari ketiga phantom. Namun, citra akuisisi dengan *Quarter-Dose* cenderung menunjukkan *noise* pada citra yang jauh lebih banyak daripada dengan citra akuisisi dengan *Full-Dose* FBP pada semua phantom kecuali citra rekonstruksi *Strong*.

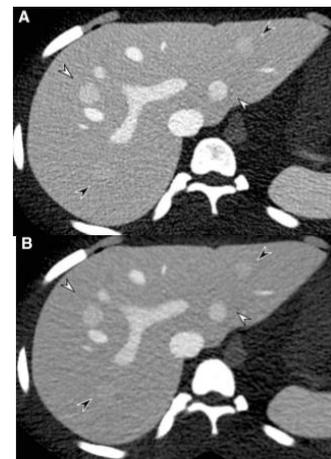
Sedangkan pada evaluasi kuantitatif, citra dengan AIDR 3D mengalami penurunan *noise* daripada FBP pada semua phantom. Pengurangan *noise* dapat lebih bermakna ketika ukuran phantom meningkat dan ketika dosis radiasi menurun, seperti pada gambar 4:



Gambar 4 CT scan pada phantom antropomorfik berbagai ukuran. (A) Gambar phantom ukuran kecil, (B) sedang (C) besar akuisisi dengan 120 kVp *Full-Dose*,

direkonstruksi menggunakan AIDR 3D *Mild* (Yoon dkk., 2014).

Kejelasan FLL kontras rendah bergantung pada dosis radiasi, algoritma rekonstruksi, dan ukuran phantom. Dari setiap kelompok dosis radiasi, kejelasan lesi FLL kontras rendah secara signifikan menurun karena dosis radiasi menurun pada phantom medium dan phantom besar daripada dengan FBP. Namun, dengan rekonstruksi AIDR 3D, citra dengan akuisisi dengan *Half-Dose* hampir sama daripada citra dengan akuisisi dengan *Full-Dose* FBP pada ketiga phantom. Pada grup *Full-Dose* FBP, kejelasan lesi menurun secara signifikan sejalan dengan peningkatan ukuran phantom. Hanya phantom ukuran besar yang menunjukkan peningkatan kejelasan FLL kontras rendah yang signifikan setelah rekonstruksi AIDR 3D dengan dengan *Full-Dose*, sedangkan phantom kecil dan sedang dengan rekonstruksi AIDR 3D menunjukkan kejelasan lesi yang serupa dengan gambar FBP dengan *Full-Dose*. Seperti pada gambar 5:



Gambar 5 Gambar CT phantom antropomorfik kecil. (A)*FullDose* FBP dan (B)*Half-Dose Strong* memperlihatkan dua FLL kontras rendah (panah hitam) dan kontras tinggi (panah putih) yang serupa (Yoon dkk., 2014)

Selain itu, jumlah FLL kontras rendah tak terlihat dinilai menurut berbagai tingkat kekuatan rekonstruksi. Jumlah FLL kontras rendah yang tak terlihat meningkat secara signifikan seiring penurunan dosis radiasi. Pada citra akuisisi dengan *Half-Dose* AIDR 3D dan *Full-Dose* FBP, jumlah FLL kontras rendah yang tidak terlihat bervariasi bergantung pada ukuran phantom. Pada phantom ukuran besar, jumlah lesi yang tidak terlihat melebihi 20% pada citra dengan *Full-Dose* FBP, dan tingginya tingkat FLL yang tidak terlihat dapat

diperbaiki setelah menerapkan AIDR 3D dengan rekonstruksi *Standard* dan dengan rekonstruksi *Strong*. Semua FLL kontras tinggi menunjukkan kejelasan lesi yang lebih baik daripada kontras rendah dalam kondisi pemindaian dan rekonstruksi yang sama.

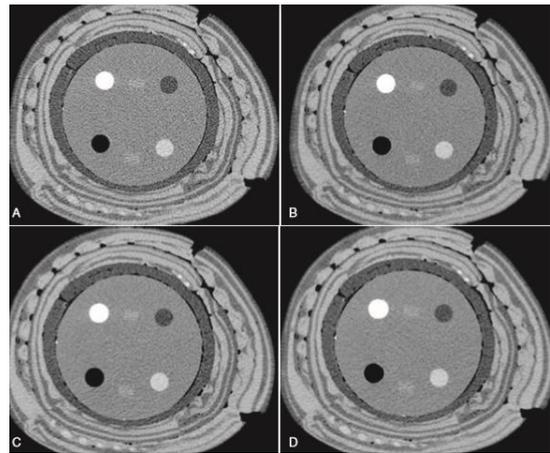
Dalam semua phantom, dosis radiasi secara signifikan menurun dengan menggabungkan tingkat *noise* (SD) yang meningkat dan mengubah jenis pemindaian dari FBP ke *Mild* atau *Standard*, pengurangan DLP hingga 86,6%, 83,9%, dan 78,6% pada phantom kecil, sedang, dan besar.

Teknik IR dapat mencapai penurunan dosis yang lebih baik daripada rekonstruksi FBP. Namun, beberapa peneliti telah mengalami masalah kualitas citra seperti tekstur buatan atau *blotchy appearance* ketika kekuatan tinggi IR digunakan. Secara teoritis, AIDR 3D dapat menurunkan dosis 50-75%, terlepas dari ukuran tubuh pasien dan juga dapat memilih kekuatan IR yang berbeda untuk meningkatkan resolusi spasial.

Pada analisa kuantitatif, ketika FBP dan AIDR 3D digunakan dari tiga model phantom yang diperoleh dengan 8 nilai arus tabung yang berbeda (100–290 mA) dibandingkan untuk *noise*, SNR dan CNR, nilai-nilai *noise* dari citra yang direkonstruksi AIDR 3D lebih rendah daripada gambar FBP terlepas dari tingkat kekuatannya. Selain itu, rata-rata CNR dan SNR dari set gambar AIDR 3D lebih tinggi daripada set gambar FBP.

Ketika AIDR 3D digunakan, terdapat perubahan relatif dalam *noise*, SNR dan CNR dalam persentase, mengkonfirmasi *raw data* serta semua parameter kuantitatif meningkat dengan pesat. SNR, CNR, dan penurunan *noise* yang lebih baik dicapai ketika algoritma rekonstruksi yang lebih kuat digunakan. Secara khusus, dalam model phantom 24cm, rata-rata penurunan *noise* citra 11,7%, 22,6%, dan 30,5% dicapai menggunakan AIDR 3D masing-masing *Mild*, *Standard* dan *Strong*.

Sedangkan dampak habitus tubuh pada efektivitas AIDR 3D untuk penurunan *noise* citra, AIDR 3D lebih efektif pada phantom dengan ukuran 40cm daripada dengan phantom ukuran 24cm dan 30cm. Persentase penurunan *noise* AIDR 3D juga lebih besar pada phantom 30cm daripada phantom 24cm. Persentase rata-rata penurunan *noise* dari pengaturan AIDR 3D *Standard* daripada FBP pada phantom 24cm, 30cm, dan 40cm masing-masing adalah 22,6%, 35,9%, dan 51,3%. Mengenai penurunan *noise*, rekonstruksi algoritma AIDR 3D lebih efektif pada phantom berukuran lebih besar seperti pada gambar 6:



Gambar 6 Rekonstruksi CT dengan A) FBP B) AIDR 3D *Mild* C) AIDR 3D *Standard* D) AIDR 3D *Strong* (Kim dkk., 2014)

Dampak algoritma AIDR 3D pada *noise*, lesi, dan kualitas citra berbeda menurut ukuran phantom dengan penilaian kualitatif. *Noise* meningkat secara signifikan dengan AIDR 3D daripada dengan FBP, walaupun kualitas citra keseluruhan berbeda secara signifikan antara FBP dan mode rekonstruksi AIDR 3D *Strong* saja. Selain itu, lesi *conspicuity* juga meningkat dengan pengaturan *Standard* dan *Strong* daripada FBP. Untuk model phantom ukuran 40cm, baik *noise* dan kualitas citra keseluruhan meningkat dengan penggunaan AIDR 3D *Standard* dan *Strong*. Juga, khususnya, *noise* meningkat dengan semua algoritma AIDR 3D pada phantom ukuran 40cm. Sehubungan dengan lesi yang mencolok, ada peningkatan yang signifikan pada phantom 30cm dengan algoritma AIDR 3D *Standard* dan *Strong* saja.

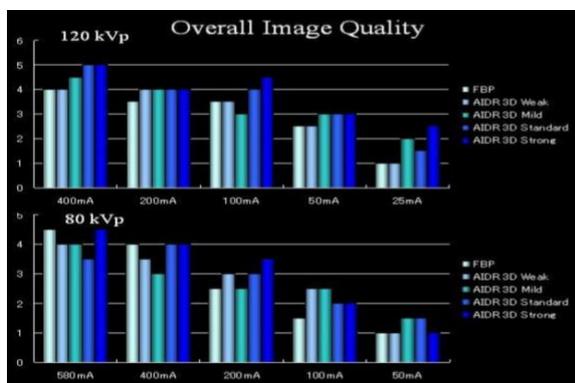
Pada dosis radiasi untuk CTDI_{vol} dan DLP dari CT scan pada masing-masing mAs berada dalam kisaran 12,2-35,1 mGy dan 362,8-1052 mGy·cm.

Dosis radiasi MSCT *abdomen* diharapkan dapat dikurangi menggunakan algoritma AIDR 3D dengan tetap menjaga kualitas citra. Namun, hanya sedikit laporan penelitian yang menyelidiki kualitas citra MSCT *abdomen* dosis rendah yang direkonstruksi dengan AIDR 3D. Nakamoto dkk. ingin mengetahui AIDR 3D dengan menggunakan tingkat kekuatan yang berbeda dengan FBP dalam dosis radiasi yang berbeda terhadap kualitas citra pada MSCT *abdomen*.

Noise dan CNR dari gambar dengan dosis standar dan dosis rendah menggunakan lima protokol rekonstruksi yang berbeda pada setiap pengaturan kVp dan mA, AIDR 3D menghasilkan penurunan *noise* sebesar 8%-68% dan peningkatan CNR sebesar 8% -230% daripada dengan FBP. Pengurangan *noise* dan peningkatan CNR yang paling menonjol diantara empat kekuatan

didapatkan pada AIDR 3D *Strong*. Pada pengaturan 120 kVp, *noise* dan CNR pada 100mA dengan AIDR 3D *Strong* (masing-masing 6,1 dan 4,5) setara dengan pada 400 mA dengan FBP (masing-masing 6,7 dan 4,4). Pada pengaturan 80 kVp, *noise* dan CNR pada 200 mA dengan AIDR 3D *Strong* (masing-masing 8,3 dan 4,5) setara dengan 580mA dengan FBP (masing-masing 10,2 dan 3,7).

Pada pengaturan 120 kVp, *mean* skor visual untuk kualitas citra pada 100 mA dengan AIDR 3D *Strong* dan *Standard* (masing-masing 4,5 dan 4,0) setara dengan gambar 400 mA dengan FBP (4,0). Pada pengaturan 80 kVp, *mean* skor visual dari keseluruhan kualitas citra untuk 400 mA AIDR 3D *Strong* dan *Standard* (masing-masing 4,0 dan 4,0) setara dengan 580 mA dengan FBP (4,5). Diagram kualitas citra secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 7:



Gambar 7 *Mean* skor subjektif dari keseluruhan kualitas citra (Nakamoto dkk., 2013)

Pada pengaturan 120 kVp *noise* objektif dan kualitas citra subjektif pada 100 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan FBP 400 mA. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan AIDR 3D pada pengaturan 120 kVp dapat mengurangi dosis radiasi hingga 75% dengan tetap menjaga *noise* citra pada nilai yang dapat diterima. Pada pengaturan 80 kVp, kualitas citra subjektif pada 400 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan FBP 580 mA, meskipun *noise* citra objektif pada pengaturan 200 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan yang FBP 580mA. Jadi, pengurangan dosis pada pengaturan 80 kVp akan tetap berada pada kisaran 31-66%.

Peranan AIDR 3D pada peningkatan kualitas citra MSCT abdomen

MSCT Abdomen merupakan pencitraan *multiphase* untuk menilai organ dan kelainan

patologi pada fase arteri, fase vena dan fase *delay* dalam penyngatan kontras. Penggunaan MSCT Abdomen *multiphase* ini menambah informasi diagnostik juga menambah paparan radiasi kepada pasien karena dilakukan scanning beberapa kali. Protokol MSCT terbaru dirancang untuk menekan dosis radiasi menjadi serendah mungkin untuk mendapatkan citra yang dapat terima. Penurunan dosis radiasi akan menghasilkan *noise*, sehingga akan menghasilkan citra dengan kualitas yang rendah (Nikolaou dkk., 2019). Menurut Seeram (2016) semakin tinggi nilai *noise* maka dapat dikatakan bahwa kualitas citra akan menurun.

Menurut Seeram (2016), salah satu metode untuk mengurangi *noise* adalah dengan menggunakan *Iterative Reconstruction (IR)*. IR merupakan teknologi CT scan yang berkonsentrasi pada penyngatan kualitas citra, dimana IR sendiri merupakan rekonstruksi algoritma dan merupakan filter rekonstruksi pengurangan *noise* yang membantu mempertahankan kualitas citra tanpa kehilangan kejelasan gambar struktur anatomi.

AIDR 3D merupakan Teknik IR yang diperkenalkan oleh Toshiba *Medical Systems*. AIDR 3D ini termasuk rekonstruksi algoritma yang bekerja pada *raw data domain* dan *image space data* dengan pengaturan level *Strong*, *Standard*, dan *Mild* (Toshiba, 2012). Dalam studi ini penulis menganalisis peranan dari AIDR 3D pada MSCT abdomen terhadap kualitas citra berdasarkan kajian jurnal, kualitas citra yang dimaksud dalam studi ini meliputi evaluasi *noise*, SNR, CNR, artefak dan ketajaman citra (*sharpness*).

Chen dkk. (2016) mengevaluasi performa dari AIDR 3D dan FBP dengan menguji ketiga kekuatan dan hasilnya bahwa AIDR 3D *Strong* memiliki potensi pengurangan *noise* terbesar dan meningkatkan SNR tertinggi daripada kekuatan lainnya maupun FBP. Hasil ini juga serupa dengan hasil penelitian Kim dkk. (2014), Nakamoto dkk. (2013) bahwa AIDR 3D mampu menurunkan *noise* citra secara signifikan, Meningkatkan SNR dan CNR pada phantom tanpa *degradasi* kualitas citra, menurunkan *noise* terbanyak dan meningkatkan SNR dan CNR tertinggi pada kekuatan AIDR 3D *Strong*. Begitu juga Yoon dkk. (2014) menunjukkan bahwa *noise* citra, kualitas citra, dan kejelasan lesi FLL kontras rendah dapat ditingkatkan dengan menerapkan AIDR 3D pada ketiga phantom ukuran berbeda dengan dosis radiasi yang sama. Hasil penelitian diatas sesuai dengan penelitian sebelumnya tentang algoritma IR. Juga menunjukkan bahwa AIDR 3D dapat

mengurangi *noise* citra serta meningkatkan SNR dan CNR (Gervaise dkk., 2012).

Penurunan *noise* ini terjadi karena proses IR yang terdapat pada AIDR 3D. Menurut Toshiba (2012), proses IR pada AIDR 3D ini untuk memperbaiki karakteristik *noise* dalam ruang proyeksi, jumlah *foton* dianalisis pada tiap posisi dalam *raw data*, dan algoritma adaptif diterapkan berdasarkan teknik statistik dan model scanner yang canggih. Komponen *raw data space* dapat mempertahankan kualitas spasial resolusi dengan mengurangi besarnya *noise* secara keseluruhan, serta manifestasi dari *noise* struktural pada gambar yang disebabkan karena jumlah *foton* yang rendah, seperti *streak artifact*. Komponen reduksi *noise* berbasis *voxel* dalam *image space* beradaptasi untuk menonjolkan *gradien voxel*, sehingga dapat mengurangi besarnya *noise* pada setiap ulangan rekonstruksi, sambil tetap mempertahankan detail gambar seperti misalnya garis dan tepi. Dalam setiap ulangan, AIDR 3D memperbaiki hasil ini pada pemeriksaan khusus, sehingga menyeimbangkan hubungan antara pengurangan *noise* dan terjaganya spasial resolusi.

Penurunan *noise* ini sesuai dengan teori yang disebutkan oleh Nikolaou dkk. (2019), *noise* citra mengalami penurunan berdasarkan peningkatan level kekuatan dari IR, dimana pada level IR *noise* citra mengalami penurunan *noise* dibandingkan dengan rekonstruksi tanpa IR. Menurut Feger dkk. (2015), juga menyebutkan perubahan penggunaan AIDR 3D menghasilkan penurunan *noise* dan peningkatan SNR dan CNR seiring dengan kenaikan level *strength*. Dan pada teori (Seeram, 2016) memaparkan bahwa telah ada "peningkatan yang mengesankan" dalam pengurangan *noise* dari -7% menjadi -50%, dan dalam kualitas citra menggunakan AIDR 3D.

Berdasarkan hasil data literatur juga diketahui nilai *noise* akan mempengaruhi artefak, visibilitas lesi atau ketajaman citra. Dimana hasil gambaran dengan AIDR 3D memberikan visibilitas lesi atau ketajaman citra yang lebih baik daripada FBP. Hal ini dikarenakan adanya penggunaan rekonstruksi algoritma AIDR 3D, dimana AIDR 3D ini merupakan teknik IR yang berkonsentrasi pada penyngatan citra.

Penurunan *noise* yang lebih besar tidak mengakibatkan penurunan ketajaman citra. Ketajaman citra dan kualitas citra secara keseluruhan lebih baik pada AIDR 3D *Strong* daripada dengan AIDR 3D *standard* pada studi phantom dengan ukuran 30cm oleh Kim dkk. (2014). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Feger

dkk. (2015) yang meneliti tentang pengaruh tingkat kekuatan AIDR 3D pada CTA Coronaria.

Menurut penulis, hasil gambaran AIDR 3D lebih tampak halus (*smooth*), namun ketajaman (*sharpness*) citra tetap optimal, dan kejelasan dari struktur anatominya tetap optimal. Hal ini sesuai dengan teori menurut Toshiba (2012), Seeram (2016), Nikolaou dkk. (2019) dimana dengan penggunaan teknik *Iterative Reconstruction (IR)* mampu mengurangi *noise*, namun tetap mempertahankan kualitas citra tanpa kehilangan detail penggambaran struktur anatomi. Menurut Seeram (2016), semakin tinggi nilai *noise* maka dapat dikatakan bahwa kualitas gambaran CT scan akan menurun. Selain itu, menurut Toshiba (2012), rekonstruksi AIDR 3D mempertahankan informasi diagnostik, spasial resolusi, dan tekstur gambar dengan membuang *noise*, bukan hanya dengan cara menghaluskannya. Meskipun menghaluskan gambar dapat mengurangi *noise*, teknik ini juga dapat menghaluskan bagian tepi, menurunkan spasial resolusi, dan mungkin menghaluskan informasi diagnostik penting.

Penulis sepakat bahwa peranan AIDR 3D pada kualitas citra MSCT *abdomen* pada dasarnya sama pada empat penelitian diatas yang menyatakan bahwa AIDR 3D dapat mengurangi *noise* citra objektif dan artefak serta meningkatkan CNR, SNR, dan ketajaman (*sharpness*) pada seluruh pengaturan kVp dan mA. Pengurangan *noise* dan peningkatan CNR, SNR yang paling menonjol didapatkan pada AIDR 3D *Strong*, diikuti dengan *Standard* dan *Mild*. Kualitas citra dioptimalkan dengan menggunakan level *Strong* pada AIDR 3D tertinggi untuk kedua SNR dan CNR, dengan mengurangi *noise* yang paling efisien. Dengan demikian, bila digunakan pada dosis radiasi yang sama, merekonstruksi dengan AIDR 3D *Strong* akan menghasilkan kualitas citra yang lebih baik.

Peranan penggunaan AIDR 3D dalam pengurangan dosis radiasi MSCT *abdomen*

Secara keseluruhan berdasarkan hasil dari keempat penelitian diatas, penggunaan AIDR 3D pada MSCT *abdomen* dapat menurunkan dosis radiasi yang signifikan. Pengurangan dosis radiasi yang dilaporkan bervariasi dari 23% hingga 76%, dengan kualitas citra tetap terjaga.

Performa AIDR 3D menggunakan pengurangan dosis yang lebih besar atau lebih kecil telah dianalisa oleh peneliti tersebut diatas, berbagai pengurangan dosis yang dicapai sebagian dapat dijelaskan oleh perbedaan dalam indeks

massa tubuh (BMI). Misalnya, pada hasil jurnal I / Chen dkk. (2016) menemukan penurunan dosis rata-rata dengan algoritma AIDR 3D pada subkelompok $Deff < 29\text{cm}$ dan $\geq 29\text{cm}$ adalah 55,3% dan 32,8%, berurutan. Karena atenuasi radiasi pengion lebih menonjol pada pasien dengan nilai BMI lebih tinggi, pengurangan dosis lebih sedikit dapat dicapai pada pasien ini. Namun, *noise* juga bisa bermasalah dalam pasien dengan BMI normal dan rendah. Karena evaluasi organ *abdomen* mungkin rumit karena jumlah yang lebih kecil dari lemak *intraabdomen*. Oleh karena itu, pengurangan dosis yang dapat dicapai juga terbatas pada pasien kecil.

Begitu juga pada jurnal II / Yoon dkk. (2014), peningkatan kualitas citra oleh AIDR 3D memungkinkan pengurangan pada dosis radiasi hingga 50%, dengan kualitas citra yang tetap setara dengan citra FBP pada dosis penuh. Pengurangan dosis radiasi dari *Sure Exposure 3D*, yang dapat menyesuaikan arus tabung untuk mencapai kualitas citra target dengan parameter akuisisi arus tabung untuk mencapai kualitas citra target dengan parameter akuisisi dan rekonstruksi yang berbeda. Hal ini juga memiliki fitur unik karena sepenuhnya terintegrasi dengan AIDR 3D (Geleijns & Irwan, 2012), dan karena AIDR 3D digunakan bersama dengan program *Sure Exposure*, program ini dapat menyederhanakan alur kerja dan secara teori tidak akan terlalu terpengaruh oleh penghalusan gambar dengan pengurangan dosis radiasi (Gervaise dkk., 2012).

Dan hasil jurnal IV / Nakamoto dkk. (2013) juga menyimpulkan penggunaan AIDR 3D pada pengaturan 120 kVp memungkinkan pengurangan dosis radiasi hingga 75% dengan tetap menjaga *noise* citra pada nilai yang dapat diterima. Pada pengaturan 80 kVp, kualitas citra subjektif pada 400 mA dengan AIDR 3D *Strong* setara dengan FBP 580 mA, meskipun *noise* citra objektif pada pengaturan 200 mA dengan AIDR 3D *Strong* sebanding dengan yang FBP 580 mA. Jadi, pengurangan dosis pada pengaturan 80 kVp akan tetap berada pada kisaran 31-66%. Sedangkan pada hasil penelitian jurnal III / Kim dkk., (2014), hanya menyatakan dosis antara penggunaan AIDR 3D dan FBP bahwa $CTDI_{vol}$ dan DLP masing-masing mAs berada dalam kisaran 12,2-35,1 mGy dan 362,8-1052 mGy•cm, masing-masing.

Berdasarkan empat penelitian diatas penulis sepakat bahwa AIDR 3D yang terintegrasi *SURE Exposure 3D* memungkinkan reduksi otomatis dosis radiasi dengan tetap mempertahankan kualitas citra pada pengaturan dosis rendah.

Pengurangan dosis radiasi yang dilaporkan bervariasi dari 31% hingga 75%, dengan kualitas citra tetap terjaga. Hal ini sesuai dengan teorinya (Geleijns & Irwan, 2012), dan juga sesuai dengan beberapa penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti dengan jenis pemeriksaan yang berbeda. Seperti penelitian Rodrigues dkk. (2016) menghasilkan rekonstruksi AIDR 3D mampu menurunkan dosis radiasi hingga 75% pada pemeriksaan CT *Coronary artery calcium scoring*.

Penurunan dosis radiasi pada penggunaan AIDR 3D dikarenakan penggunaan AIDR 3D pada secara khusus dirancang untuk bekerja secara *iterative* pada dimensi data rekonstruksi dan *raw data*. Proses AIDR 3D menghasilkan pengurangan *noise* yang kuat, yang sangat penting untuk untuk pencapaian pemeriksaan dosis sangat rendah dalam pencitraan CT. Integrasi teknologi pengurangan dosis adalah penting untuk manajemen dosis optimal. Oleh karena itu AIDR 3D telah terintegrasi dengan *Sure Exposure 3D*. Kombinasi ini memberikan solusi yang baik untuk manajemen dosis yang kuat, karena dapat menghitung paparan radiasi minimum yang diperlukan untuk pemeriksaan pada setiap pasien, hal ini sesuai teori dari Tack dkk. (2012).

Penulis setuju bahwa penggunaan AIDR 3D dapat berpengaruh terhadap kualitas citra pengurangan artefak. Dengan demikian, adalah mungkin untuk menggunakan parameter akuisisi tingkat yang lebih rendah dan karena itu mengurangi dosis untuk pasien. Dalam pandangan penulis penggunaan AIDR 3D dapat mengurangi dosis radiasi MSCT *abdomen*, berkurang antara 31% hingga 75%. Temuan positif ini konsisten dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* / dosis serendah mungkin yang dapat dicapai secara optimal) dimana paparan radiasi serendah mungkin harus diterapkan di semua pemeriksaan radiasi pengion tanpa mengurangi kualitas citra (Seeram, 2016).

Simpulan

Peranan AIDR 3D dapat meningkatkan kualitas citra MSCT *abdomen* dengan mengurangi *noise* dan artefak serta meningkatkan CNR, SNR ketajaman citra dan peranan penggunaan AIDR 3D yang terintegrasi *SURE Exposure 3D* dapat mengurangi dosis radiasi yang lebih baik tanpa mengurangi kualitas citra. Pengurangan dosis radiasi antara 23% hingga 76%.

Daftar Pustaka

- Chen, C. M., Lin, Y. Y., Hsu, M. Y., Hung, C. F., Liao, Y. L., & Tsai, H. Y. (2016). Performance of adaptive iterative dose reduction 3D integrated with automatic tube current modulation in radiation dose and image noise reduction compared with filtered-back projection for 80-kVp abdominal CT: Anthropomorphic phantom and patient study. *European Journal of Radiology*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.07.002>
- Feger, S., Rief, M., Zimmermann, E., Martus, P., Schuijf, J. D., Blobel, J., Richter, F., & Dewey, M. (2015). The impact of different levels of adaptive iterative dose reduction 3D on image quality of 320-row coronary CT angiography: A clinical trial. *PLoS ONE*, *10*(5), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125943>
- Geleijns, J., & Irwan, R. (2012). *Practical Approaches to Dose Reduction: Toshiba Perspective*. 633–645. https://doi.org/10.1007/174_2011_501
- Gervaise, A., Osemont, B., Lecocq, S., Noel, A., Micard, E., Felblinger, J., & Blum, A. (2012). CT image quality improvement using adaptive iterative dose reduction with wide-volume acquisition on 320-detector CT. *European Radiology*, *22*(2), 295–301. <https://doi.org/10.1007/s00330-011-2271-7>
- Kim, M., Lee, J. M., Yoon, J. H., Son, H., Choi, J. W., Han, J. K., & Choi, B. I. (2014). Adaptive iterative dose reduction algorithm in CT: Effect on image quality compared with filtered back projection in body phantoms of different sizes. *Korean Journal of Radiology*. <https://doi.org/10.3348/kjr.2014.15.2.195>
- Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. (2018). *Radiographic Positioning and Related Anatomy*.
- Matsuki, M., Murakami, T., Juri, H., Yoshikawa, S., & Narumi, Y. (2013). Impact of adaptive iterative dose reduction (AIDR) 3D on low-dose abdominal CT: Comparison with routine-dose CT using filtered back projection. *Acta Radiologica*. <https://doi.org/10.1177/0284185113488576>
- Nakamoto, A., Kim, T., Hori, M., Onishi, H., Tatsumi, M., Tsuboyama, T., & Tomiyama, N. (2013). *Low-dose abdominal CT using adaptive iterative dose reduction 3D (AIDR 3D) : Evaluation of radiation dose and image quality with an anthropomorphic phantom*.
- Nikolaou, K., Bamberg, F., Laghi, A., & Rubin, G. D. (2019). *Multislice CT* (Fourth Edi). <https://doi.org/10.1259/bjr/19919145>
- Rodrigues, M. A., Williams, M. C., Fitzgerald, T., Connell, M., Weir, N. W., Newby, D. E., Van Beek, E. J. R., & Mirsadraee, S. (2016). Iterative reconstruction can permit the use of lower X-ray tube current in CT coronary artery calcium scoring. *British Journal of Radiology*, *89*(1064), 1–10. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150780>
- Scharf, M., Brendel, S., Melzer, K., Hentschke, C., May, M., Uder, M., & Lell, M. M. (2017). Image quality, diagnostic accuracy, and potential for radiation dose reduction in thoracoabdominal CT, using Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction (SAFIRE) technique in a longitudinal study. *PLoS ONE*, *12*(7), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180302>
- Seeram, E. (2016). *COMPUTED TOMOGRAPHY Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control FOURTH EDITION*. http://evolve.elsevier.com/Seeram/YOU'VEJU_STPURCHASED
- Tack, D., K.Kalra, M., & Gevonnois, P. A. (2012). *Radiation Dose from Multidetector CT* (Second Edi). <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85381-7>
- Toshiba, M. S. (2012). AIDR 3D Iterative Reconstruction: Integrated, Automated and Adaptive Dose Reduction. *White Paper*, 1–10.
- Yoon, J. H., Lee, J. M., Hur, B. Y., Baek, J., Shim, H., Han, J. K., & Choi, B. I. (2014). *Influence of the adaptive iterative dose reduction 3D algorithm on the detectability of low-contrast lesions and radiation dose repeatability in abdominal computed tomography : a phantom study*. <https://doi.org/10.1007/s00261-014-0333-4>