

KOMPARASI KUALITAS CITRA HASIL REKONSTRUKSI METODE ALGEBRAIC RECONSTRUCTION TECHNIQUE (ART) ADITIF DAN MULTIPLIKATIF (MART) PADA CT SCAN

Choirul Anam dan K. Sofjan Firdausi

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstract

Image reconstruction for CT scan by the methods of additive ART and multiplicative ART (MART) have been carried out using Matlab software. The object used is Sheep-Logan phantom with matrix size 50x50, used a parallel beam and angle interval 1° , 5° , 10° , 15° and 20° , respectively. It is obtained that additive ART produces many artifacts, while MART produces fewer artifacts. Additive ART produces a contrast between objects and background with relatively high, while MART produces relatively lower contrast. It is obtained that in the additive ART, interval angle affects the quality of image. This does not happen to MART. So, the MART reconstruct CT image faster, because it can be obtained relatively good image despite the angle interval is large.

Keywords: Image reconstruction, Additive ART, Multiplicative ART (MART)

Abstrak

Telah dilakukan rekonstruksi citra CT scan dengan metode ART aditif dan multiplikatif (MART) menggunakan software Matlab. Obyek yang dicitrakan adalah phantom Shepp-Logan dengan ukuran matriks 50x50, menggunakan berkas paralel dan menggunakan interval sudut 1° , 5° , 10° , 15° dan 20° . Diperoleh bahwa metode ART aditif menghasilkan banyak artifak, sementara metode ART multiplikatif lebih sedikit artifak, bahkan di luar obyek tidak tampak ada artifak. Metode ART aditif menghasilkan kontras antara obyek dengan background relatif tinggi, sementara metode MART menghasilkan kontras yang relatif lebih rendah. Diperoleh juga bahwa pada metode ART aditif, interval sudut yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas citra. Hal ini tidak terjadi pada MART. Metode MART memungkinkan rekonstruksi yang lebih cepat, karena dapat diperoleh citra dengan kualitas yang relatif sudah baik meskipun dengan interval sudut yang besar.

Kata kunci: Rekonstruksi citra, ART aditif, ART multiplikatif (MART)

1. Pendahuluan

Dalam CT scan, diperoleh data proyeksi objek dari berbagai sudut, selanjutnya dari data proyeksi tersebut dilakukan rekonstruksi sehingga diperoleh citra obyek [1-6]. Terdapat berbagai metode untuk rekonstruksi ini. Metode paling sederhana dan paling cepat adalah metode proyeksi balik [7]. Namun metode ini menghasilkan blur pada citra yang sangat mengganggu. Metode ini dapat diatasi salah satunya dengan memanfaatkan filter matematika [7-9] atau juga dapat menggunakan metode jaringan syaraf tiruan [10].

Metode lain dalam rekonstruksi untuk mendapatkan citra dengan blur yang rendah adalah teknik rekonstruksi aljabar, *Algebraic Reconstruction Technique* (ART) [11]. Hanya saja metode ART ini relatif lebih lambat dibanding dengan metode proyeksi balik terfilter (FBP) [12], karena itu dalam aplikasi klinis digunakan metode FBP. Namun metode ART ini menjadi pilihan, saat digunakan interval sudut yang relatif besar dalam rangka mengurangi dosis pada pasien [12].

Dalam metode ART ini, setiap diperoleh hasil proyeksi pada setiap sudut, hasil proyeksi ini dibandingkan

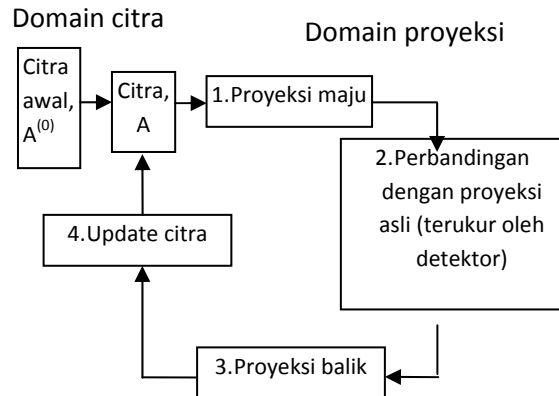
dengan hasil proyeksi asli. Kemudian selisih proyeksi ini (dinyatakan sebagai faktor koreksi) diproyeksi balik dan digunakan untuk memperbaiki citra. Perbaikan citra dengan faktor koreksi ini dalam prakteknya dapat dilakukan dengan menambahkan pada citra yang kemudian dinamakan ART aditif dan dapat dilakukan dengan mengalikan pada citra, yang kemudian dinamakan ART multiplikatif (MART).

Riset ini berusaha merealisasi metode rekonstruksi citra dengan ART aditif dan MART, lalu membandingkan kedua hasilnya.

2. Dasar Teori

ART merupakan penyelesaian sistem rekonstruksi citra menggunakan persamaan aljabar linier dengan metode iteratif [13]. ART merupakan cara iteratif yang pada awalnya diperkenalkan oleh Kaczmarz pada tahun 1937. ART adalah salah satu metode yang pertama kali digunakan di dalam CT scan komersial. ART dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu persamaan dengan solusi yang dihasilkan merupakan citra *axial* dalam bentuk digital [11].

Cara kerja rekonstruksi metode ART ditunjukkan oleh Gambar 1. Pada awalnya citra dianggap setiap pikselnya bernilai tertentu, kemudian dilakukan proyeksi maju untuk sudut tertentu. Hasil dari proyeksi ini dibandingkan dengan proyeksi asli (yang terukur oleh detektor). Lalu dilakukan proyeksi balik untuk memperbaiki citra. Lalu hasil proyeksi balik tersebut dilakukan proyeksi lagi untuk sudut berikutnya. Hal ini dilakukan secara berulang untuk beberapa sudut hingga sudut 180⁰ untuk berkas paralel.



Gambar 1. Diagram rekonstruksi metode ART

Terdapat beberapa jenis ART, di antaranya adalah aditif dan multiplikatif. Algoritma ART aditif untuk perbaikan citra dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A_{xy}^{q+1} = A_{xy}^q + \frac{p_{\alpha_i}(t) - p_{\alpha_i}^q(t)}{N} \tag{1}$$

dengan A_{xy}^{q+1} merupakan nilai piksel citra yang baru pada piksel (x,y) , A_{xy}^q merupakan nilai piksel citra sebelumnya pada piksel (x,y) dan $p_{\alpha_i}(t)$ merupakan proyeksi asli pada sudut α_i , dan $p_{\alpha_i}^q(t)$ merupakan proyeksi untuk citra A_{xy}^q sebelumnya pada sudut α_i . N merupakan jumlah elemen dalam proyeksi.

Dari persamaan (1) tampak bahwa proyeksi citra yang direkonstruksi dikurangi dengan proyeksi citra asli. Selisihnya kemudian dijumlahkan pada citra yang direkonstruksi.

Sedangkan Algoritma MART, perbaikan citra dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A_{xy}^{q+1} = A_{xy}^q \frac{p_{\alpha_i}(t)}{p_{\alpha_i}^q(t)} \quad (2)$$

Dari persamaan (2) tampak bahwa proyeksi citra yang direkonstruksi dibagi dengan proyeksi citra asli, kemudian hasilnya dikalikan dengan citra yang direkonstruksi.

Nilai awal piksel pada MART dihitung dengan persamaan:

$$A_{x,y}^1 = \frac{\sum_t p_{\alpha_i}}{N} \quad (3)$$

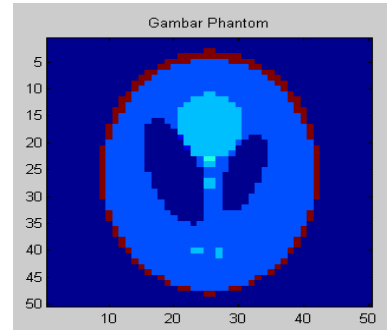
dengan $\sum_t p_{\alpha_i}$ merupakan penjumlahan dari nilai proyeksi pada suatu sudut α_i atau juga dapat dikatakan sebagai jumlah dari semua nilai piksel citra asli. N merupakan jumlah piksel citra.

3. Metode

Dalam riset ini dibuat program untuk rekonstruksi citra pada CT dengan metode ART aditif dan MART. Program direalisasi menggunakan software Matlab.

Obyek yang digunakan adalah fantom Shapp-Logan yang sudah ada pada Matlab (Gambar 2). Pemanggilan file tersebut dilakukan dengan perintah $A=phantom$. Matriks fantom Shapp-Logan diset dengan ukuran $n \times n = 50 \times 50$.

Sementara untuk mendapatkan proyeksi objek pada sudut-sudut tertentu diperlukan medan yang akan membawa informasi tersebut. Medan tersebut sering dinamakan matriks pembobot (W). Matriks pembobot menggambarkan arah sinar-X. Dalam riset ini sinar-X berupa berkas paralel.



Gambar 2. Fantom Shepp-Logan

Untuk merotasi matriks pembobot ini digunakan perintah *rotate*. Matriks pembobot diputar dari sudut 0^0 hingga 180^0 dengan interval sudut $1^0, 5^0, 10^0, 15^0$ dan 20^0 .

Setelah diperoleh matriks pembobot dan matriks objek, maka dilakukan proses untuk mendapatkan matriks proyeksi. Secara matematik, proses ini dilakukan dengan perkalian antara matriks pembobot dengan matriks obyek ($P = W * A$).

Setelah diperoleh proyeksi untuk setiap sudut, kemudian dilakukan proyeksi balik. Proses ini dilakukan dengan mengalikan transpose dari matriks pembobot dengan matriks proyeksi ($A = W^{-1} * P$). Setelah diperoleh citra, lalu diproyeksi lagi dan hasilnya dibandingkan dengan hasil proyeksi obyek asli.

Pada ART aditif, proyeksi dari citra yang direkonstruksi dikurangi dengan proyeksi citra asli, selisihnya digunakan untuk memperbaiki citra dengan cara menambahkannya pada citra. Sementara pada MART, proyeksi dari citra yang direkonstruksi dibagi dengan proyeksi citra asli, lalu dikalikan dengan matriks citra.

4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil rekonstruksi citra metode ART aditif dan multiplikatif (MART), ditunjukkan oleh Gambar 3. Gambar 3.a merupakan aditif interval sudut 1^0 , b. multiplikatif dengan interval sudut 1^0 , c. aditif dengan interval sudut 5^0 , d. multiplikatif dengan interval sudut 5^0 , e. aditif dengan interval sudut 10^0 , f. multiplikatif dengan interval sudut 10^0 , g. aditif dengan interval sudut 15^0 , h. multiplikatif dengan interval sudut 15^0 , i. aditif dengan interval sudut 20^0 , dan j. multiplikatif dengan interval sudut 20^0 .

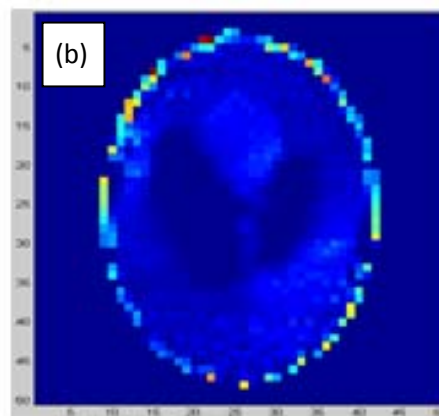
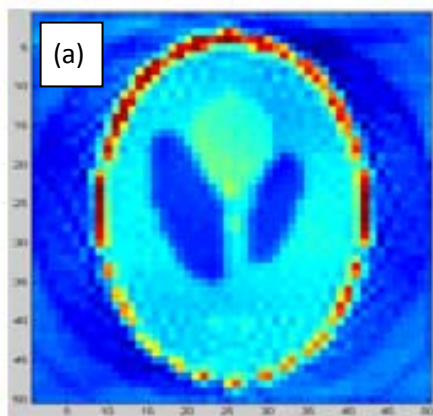
Dari gambar 3 tampak bahwa metode ART aditif menghasilkan banyak artifak atau munculnya obyek lain di luar obyek asli. Artifak itu muncul sebagai akibat dari proyeksi balik, sehingga setiap piksel akan terisi oleh nilai-nilai tertentu. Proyeksi balik hanya akan bernilai nol, jika $p_{\alpha_i}(t) - p_{\alpha_i}^q(t)$ bernilai nol dan ini sangat jarang terjadi. Sementara untuk metode MART lebih sedikit artifak, bahkan di luar obyek tidak tampak ada artifak. Hal ini karena di luar obyek nilai proyeksi dari obyek asli adalah nol, sehingga pada persamaan (1),

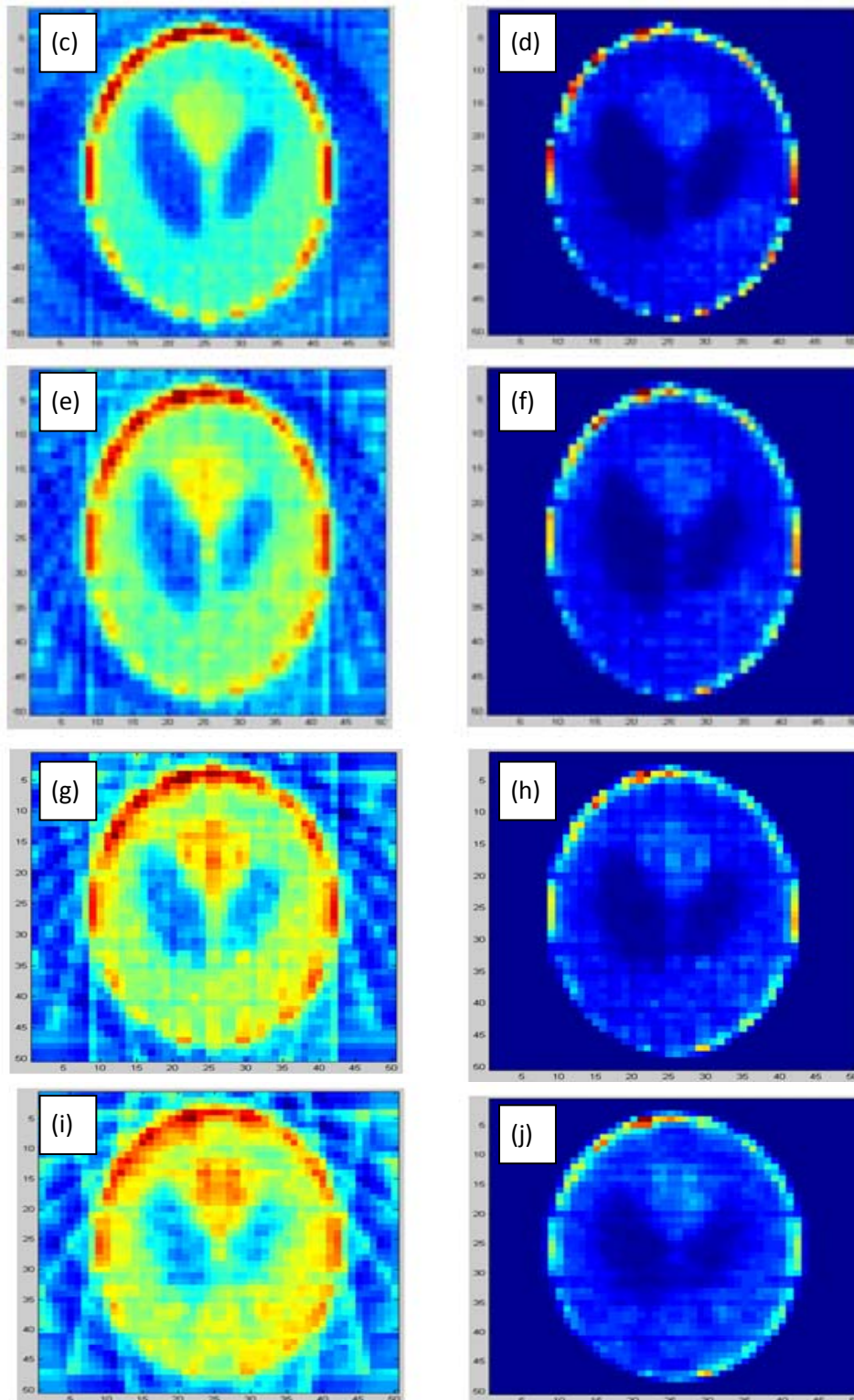
nilai A_{xy}^{q+1} akan selalu bernilai nol karena $\frac{p_{\alpha_i}(t)}{p_{\alpha_i}^q(t)}$ bernilai nol. Perubahan nilai piksel

hanya terjadi pada obyek atau pada piksel-piksel yang proyeksinya tidak nol.

Meski metode ART aditif menghasilkan artifak lebih besar, tetapi kontras antara obyek dengan *background* relatif tinggi. Sementara pada metode MART kontras *background* dan obyek relatif kecil.

Tampak juga pada metode ART aditif bahwa interval sudut yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas citra. Pada interval sudut yang kecil menghasilkan citra yang semakin baik. Ini karena setiap interval selalu dilakukan perbaikan citra, untuk interval sudut semakin kecil, perbaikan citra akan semakin banyak dilakukan. Namun, hal ini berbeda dengan metode MART multiplikatif, interval sudut kecil (1^0) dan sudut yang besar (20^0) menghasilkan citra dengan kualitas yang relatif hampir sama. Dengan fenomena ini, metode MART ini memungkinkan rekonstruksi yang lebih cepat, karena dapat diperoleh citra dengan kualitas yang relatif sudah baik meskipun dengan interval sudut yang besar.





Gambar 3. Hasil rekonstruksi metode ART aditif dan multiplikatif a) aditif interval sudut 1° b) multiplikatif interval sudut 1° c) aditif interval sudut 5° d) multiplikatif interval sudut 5° e) aditif interval sudut 10° f) multiplikatif interval sudut 10° g) aditif interval sudut 15° h) multiplikatif interval sudut 15° i) aditif interval sudut 20° j) multiplikatif interval sudut 20°

5. Kesimpulan

Telah berhasil dibuat rekonstruksi citra dengan metode ART aditif dan MART. Dari citra hasil rekonstruksi diperoleh bahwa metode ART aditif menghasilkan banyak artifak, sementara metode ART multiplikatif lebih sedikit artifak, bahkan di luar obyek tidak tampak ada artifak. Metode ART aditif menghasilkan kontras antara obyek dengan background relatif tinggi. Diperoleh juga bahwa metode ART aditif, interval sudut yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas citra. Hal ini tidak terjadi pada MART.

6. Referensi

- [1] Wolbarst AB, "Physics of Radiology", Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 2005
- [2] Johns HE & Cuningham JR, "The Physics of Radiology", Charles Thomas Publisher, Illinois, USA, 1983
- [3] Bushberg, JT, Seibert, JA, dan Boone, JM, Boone, "The Essential Physics of Medical Imaging", Lippicott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2002
- [4] Dendy, PP dan Heaton B, "Physics for Diagnostic Radiology", Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1999
- [5] Handee, WR dan Ritenour ER, "Medical Imaging Physics", Wiley-Liss, Inc, New York, 2002
- [6] Dowsett D.J. and Johnston R.E., "The Physics of Diagnostic Imaging", Hodder Arnold, London, 2006
- [7] Sutapa, G.N., dan Anam C., "Uji Kecepatan Rekonstruksi Citra pada CT-Scan Metode Back Projection (BP) dan Metode Filtered Back Projection (FBP) dengan Pemfilteran pada Domain Spasial", Jurnal Berkala Fisika Vol. 14, No.2, pp. 33-40, 2011
- [8] Cho S, Xia D, Pellizzari CA, Pan X, "A BPF-FBP tandem algorithm for image reconstruction in reverse helical cone-beam CT", Med.Phys. 37 (1), 2010
- [9] Mazin SR & Pelc NJ, "Fourier Properties of the Fan Beam Sinogram", Med. Phys. 37 (4), 2010
- [10] Nakao, Z., Chen, Y.W., Noborikawa, M., Tobaru, S., & Tengan, T. "Reconstruction of gray images by neural networks, Methodologies for the Conception, Design, and Application of Intelligent Systems" (ed. by T.Yamakawa, & G. Matsumoto), pp.537-540, World Scientific, 1996.
- [11] Singh S, Muralidhar K, Munshi, "Image Reconstruction from Incomplete Projection Data Using Combined ART-CBP Algorithm", Defence Science Journal, Vol. 52, No. 3, pp. 303-3016, 2002
- [12] Feeman, T.G., "The Mathematics of Medical Imaging", Springer, New York, USA, 2000
- [13] Howard, A. dan Rorres C., "Aljabar Linier Elementer Versi Aplikasi", Edisi Kedelapan, Jilid 2, (diterjemahkan oleh: Harmein, I. dan Julian, G.), Erlangga, Jakarta, 2005