

Rancang Perangkat Lunak Rekonstruksi Gambar 2-Dimensi Dari Data Transmisi 4 Sudut Penyinaran

Roni Stiawan^{1,a)}, Sparisoma Viridi^{2,b)}

¹Program Magister Fisika,
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Departemen Fisika,
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} stiawan@students.itb.ac.id (corresponding author)

^{b)} dudung@fi.itb.ac.id

Abstrak

Perangkat lunak rekonstruksi gambar 2 dimensi dari data penyerapan radiasi telah berhasil dibuat menggunakan pemrograman java. Proses rekonstruksi gambar pada penelitian ini menggunakan teknik proyeksi iteratif. Data yang dibutuhkan untuk dapat merekonstruksi gambar menggunakan aplikasi ini adalah data-data penyinaran dari empat sudut dengan tiap sudut memiliki selisih sebesar 45 derajat. Hasil pencitraan berbentuk persegi dan dapat berupa grayscale dan warna. Aplikasi ini dapat menunjukkan bagian yang memiliki dosis penyerapan radiasi yang tertinggi dengan jelas dan dapat membedakan posisi dua objek yang berdekatan dengan ukuran berbeda, namun tidak dapat memberikan detail yang baik untuk objek dengan permukaan yang tidak teratur.

Kata-kata kunci: Pencitraan, Rekonstruksi Iteratif, empat sudut penyinaran

PENDAHULUAN

Proses pencitraan sering dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari untuk mengetahui bagaimana struktur dalam dari suatu benda tanpa harus membuka atau merusak bagian luar dari benda tersebut. Hasil dari proses pencitraan dapat memberikan perkiraan struktur dalam dari suatu objek yang didapatkan dengan memanfaatkan fenomena fisis dari gelombang suara maupun gelombang elektromagnetik. Hasil pencitraan umumnya berupa gambar, baik gambar dua dimensi atau tiga dimensi. Teknik pencitraan ini paling banyak diaplikasikan di bidang medis dan keamanan.

Dalam dunia medis, proses pencitraan merupakan tahapan yang paling utama dalam proses radioterapi. Pencitraan dilakukan untuk mengetahui kelainan, seperti kanker atau tumor, yang ada di dalam tubuh pasien. Dari gambar hasil pencitraan, dapat ditentukan volume dari tumor sehingga dapat dilakukan rencana penyinaran yang tepat. Proses pencitraan ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat radiologi, salah satunya adalah *Computed Tomography Scan* atau *CT Scan*.

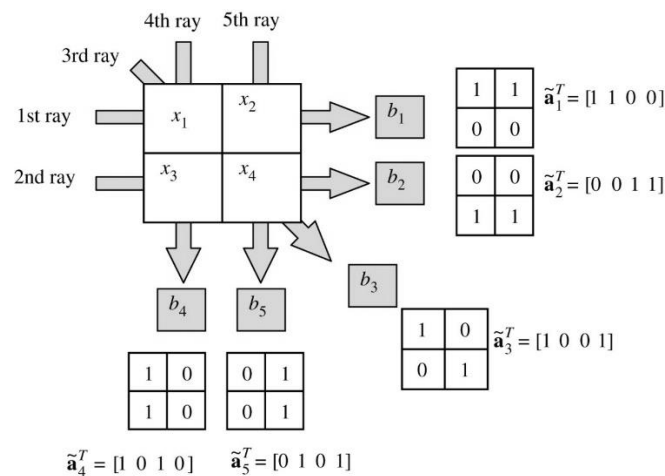


Gambar 1. Contoh hasil pencitraan medis pada organ kepala manusia. Terlihat pada gambar terdapat tumor yang ditunjukkan tanda panah [5].

Dalam CT scan sinar-x yang keluar akan menembus organ dan mengalami atenuasi (pelemahan) yang nilai serapnya bergantung pada koefisien serap masing-masing organ yang dilewatinya. Dengan beberapa proses dalam CT scan maka akan diperoleh data hasil proyeksi objek dari berbagai sudut. Data tersebut akan diolah dan direkonstruksi dengan menggunakan beberapa teknik. Salah satu teknik rekontruksi yang digunakan dalam rekontruksi citra adalah *Algebraic Reconstruction Technique* (ART).

TEKNIK ALGEBRAIC RECONSTRUCTION TECHNIQUE (ART)

ART merupakan suatu teknik penyelesaian sistem rekonstruksi gambar menggunakan persamaan aljabar linier dengan metode iteratif [1]. ART pertama kali diperkenalkan oleh Gordon, Bender & Herman (1970) untuk menyelesaikan rekonstruksi gambar dari proyeksi mikroskop elektron dan radiologi. Algoritma ART diformulasikan dalam bentuk parsial, dibagi dalam jumlah subregion berhingga [3]. Pada awalnya, dalam pengambilan gambar digunakan dua proyeksi, yaitu arah vertikal dan horizontal [2]. Data yang diperoleh dari penyinaran objek awalnya direpresentasikan dalam bentuk matriks dua dimensi. Nilai setiap elemen dari matriks ini akan dikonversi menjadi gambar dalam derajat hitam putih [4]. Proses rekonstruksi gambar menggunakan teknik ART ini diilustrasikan pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Ilustrasi proses menentukan nilai dari setiap elemen matriks berukuran persegi [6]. Nilai elemen dihitung berdasarkan nilai $b_1, b_2, b_3, b_4,$ dan b_5 yang merupakan data transmisi yang terukur pada detektor.

Kualitas gambar yang dihasilkan dari proses rekonstruksi bergantung dari banyaknya data yang digunakan dan berapa kali iterasi perhitungan dilakukan. Semakin banyak data penyinaran yang digunakan untuk rekonstruksi gambar, maka hasilnya akan semakin baik. Namun, objek juga tidak dapat ditembak dengan radiasi sinar-x terlalu sering karena dapat merusak organ tubuh. Oleh karena itu, banyaknya penyinaran yang dilakukan dalam proses pencitraan sangat perlu diperhatikan, bagaimana mendapatkan gambar dengan kualitas baik namun dengan penyinaran yang sedikit mungkin.

Dalam penelitian ini dibuat program komputer untuk merekonstruksi gambar 2 dimensi dari data 4 penyinaran dengan sudut berbeda menggunakan teknik ART. Dengan menggunakan data penyinaran dari 4 sudut yang berbeda, diharapkan aplikasi ini memberikan hasil pencitraan yang jelas dan dapat menunjukkan bagian bagian mana yang memiliki dosis penyerapan radiasi tertinggi atau terendah. Program rekonstruksi

gambar ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal seperti pemeriksaan homogenitas larutan dan sistem deteksi benda bergerak.

METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa matriks yang diperlukan untuk merekonstruksi gambar, yaitu matriks M , x , y , d , dan sd . M merupakan matriks berukuran persegi yang merepresentasikan gambar hasil rekonstruksi. Sedangkan x, y, d , dan sd merupakan matriks baris atau dalam program disebut array. Array x berisi hasil penjumlahan baris pada kolom yang sama, array y berisi penjumlahan kolom pada baris yang sama. Array d berisi penjumlahan arah diagonal, dan array sd berisi hasil penjumlahan pada arah diagonal kedua.

Perumusan Matematis

Untuk dapat melakukan proses perhitungan matriks dibutuhkan persamaan matematis yang memiliki pola pengulangan agar dapat melakukan perhitungan dengan ukuran matriks yang sembarang. Berikut adalah persamaan matematis yang digunakan pada penelitian ini

1. Persamaan Matematis Penjumlahan Setiap Kolom Matriks

$$x_i = \sum_{j=0}^{N-1} M_{j,i} \tag{1}$$

Dengan i menunjukkan baris ke- i , N menunjukkan banyaknya kolom, j menunjukkan indeks kolom, dan x_i menunjukkan nilai elemen matriks x pada indeks i .

2. Persamaan Matematis Penjumlahan Setiap Baris Matriks

$$y_j = \sum_{i=0}^{N-1} M_{j,i} \tag{2}$$

Dengan y_j menunjukkan nilai elemen matriks y pada indeks j .

3. Pola Penjumlahan Arah Diagonal Utama dan Diagonal Sekunder Matriks

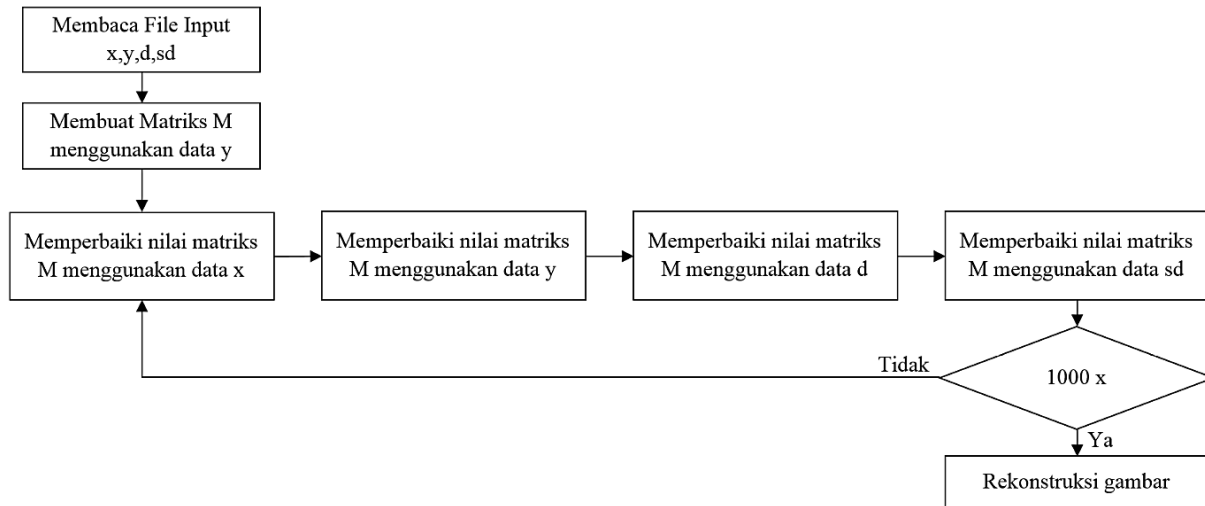
Pola penjumlahan pada arah diagonal memiliki pola yang lebih rumit karena tidak memiliki jumlah elemen yang konstan. Untuk mempermudah, penjumlahan diagonal masing-masing dibagi menjadi dua bagian seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Pola penjumlahan arah diagonal utama dan sekunder matriks

Pola penjumlahan arah diagonal utama matriks		Pola penjumlahan arah diagonal sekunder matriks	
Bagian I	Bagian II	Bagian I	Bagian II
$d_0 = \sum_{i=0}^0 M_{N-1+i,i}$	$d_{N+1} = \sum_{i=0}^{N-2} M_{i,i+1}$	$sd_0 = \sum_{i=0}^0 M_{i,0-i}$	$sd_{N+1} = \sum_{i=1}^{N-1} M_{i,N-i}$
$d_1 = \sum_{i=0}^1 M_{N-2+i,i}$	$d_{N+2} = \sum_{i=0}^{N-3} M_{i,i+2}$	$sd_1 = \sum_{i=0}^1 M_{i,1-i}$	$sd_{N+2} = \sum_{i=2}^{N-1} M_{i,N+1-i}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$d_N = \sum_{i=0}^{N-1} M_{i,i}$	$d_{2N-2} = \sum_{i=0}^0 M_{i,i+N-1}$	$sd_N = \sum_{i=0}^{N-1} M_{i,N-i}$	$sd_{2N-2} = M_{N,N}$

Algoritma Pemrograman

Terdapat dua bagian utama dalam proses pembuatan algoritma yaitu proses iterasi perhitungan matriks dan proses rekonstruksi gambar dari matriks yang telah dihitung. Secara sederhana, proses rekonstruksi digambarkan pada bagan berikut,



Gambar 3. Bagan alir proses rekonstruksi gambar

Proses Pembuatan Gambar dari Matriks

Untuk dapat mengubah matriks menjadi gambar, harus ditentukan dahulu ukuran setiap kotak atau pixel dengan tepat agar seluruh bagian canvas tertutupi. Penentuan ukuran pixel dapat dilakukan dengan membagi lebar canvas dengan banyaknya kolom matriks M dan membagi tinggi canvas dengan banyaknya baris pada matriks M . Pada penelitian ini, matriks yang digunakan memiliki jumlah kolom dan baris yang sama untuk mempermudah proses rekonstruksi gambar dan menyederhanakan pola perhitungan matriks. Untuk menggambar sebuah pixel pada canvas, dibutuhkan dua titik koordinat, yaitu titik pojok kiri atas dan titik pojok kanan bawah. Sehingga langkah pertama yang harus dilakukan untuk rekonstruksi gambar adalah mengubah indeks matriks menjadi koordinat canvas.

Pembuatan Sampel

Untuk menguji kualitas dari hasil rekonstruksi gambar dari aplikasi yang dibuat, perlu dilakukan pengujian dengan berbagai bentuk data. Pembuatan sampel terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu

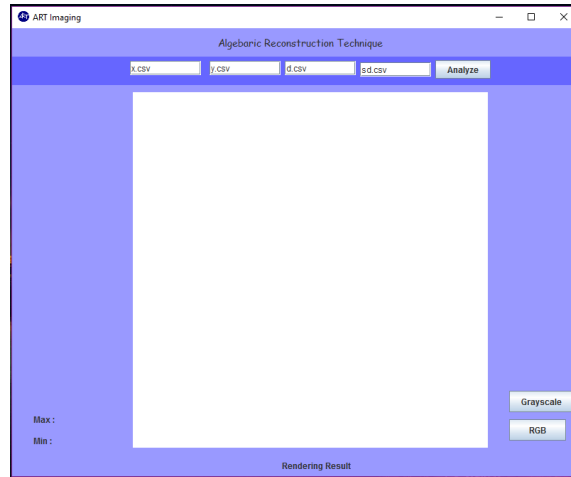
1. Pembuatan gambar menggunakan aplikasi desain grafis dua dimensi, *inkscape*. Proses ini menggunakan aplikasi desain grafis untuk mempermudah proses pembentukan sampel sesuai dengan yang diinginkan.
2. Mentransformasikan gambar yang telah dibuat menjadi data digital (berupa matriks dua dimensi) dan disimpan dalam sebuah file.
3. Menghitung matriks baris x (penjumlahan baris), y (penjumlahan kolom), d (penjumlahan arah diagonal utama), dan sd (penjumlahan arah diagonal kedua), dan menyimpannya dalam 4 file yang berbeda. Proses ini dilakukan dengan menggunakan pemrograman java.

HASIL REKONSTRUKSI DAN PEMBAHASAN

Tampilan Antarmuka Aplikasi

Aplikasi yang dibuat pada penelitian ini bernama ART Imaging, terdiri dari satu *frame* dengan bagian utama yaitu empat *input* data, tiga tombol, sebuah canvas dan beberapa label. *Input* data digunakan untuk memasukkan data-data matriks x , y , d , dan sd . *Input* ini dapat diisi langsung menggunakan data atau mengisi nama *file* yang berisi data yang akan dianalisis.

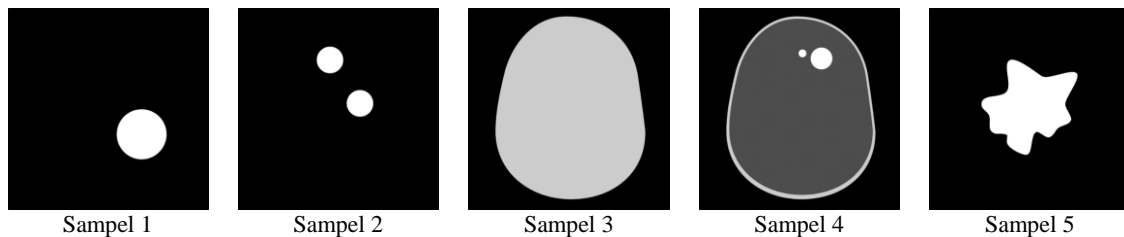
Tombol *Analyze* berfungsi untuk membaca data-data pada *input* dan memulai proses perhitungan dan rekonstruksi gambar pada canvas. Tombol *Greyscale* dan *RGB* berfungsi untuk menampilkan gambar dalam bentuk derajat keabuan atau dalam bentuk warna. Hal ini untuk memudahkan peneliti memilih bentuk gambar sesuai dengan yang dibutuhkan.



Gambar 4. Tampilan antarmuka program komputer untuk rekonstruksi gambar. Tampilan terdiri dari beberapa komponen yaitu input data, canvas, dan beberapa tombol.

Bentuk Sampel

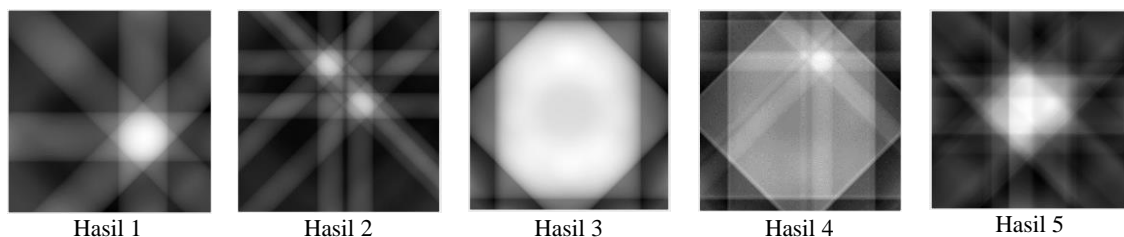
Terdapat lima bentuk sampel yang berbeda untuk menguji kemampuan aplikasi untuk merekonstruksi gambar dengan beberapa variasi. Sampel 1 dan sampel 2 dibuat dengan tujuan untuk mengetahui apakah aplikasi dapat membedakan antara satu atau dua objek. Sampel 3 digunakan untuk menguji apakah aplikasi dapat merekonstruksi gambar dengan ukuran besar. Sampel 4 digunakan untuk menguji apakah aplikasi dapat membedakan antara suatu objek dengan objek lain yang lebih besar dengan jarak yang berdekatan. Dan sampel 5 digunakan untuk mengetahui sebaik apa aplikasi dapat menunjukkan detail dari objek dengan bentuk yang tidak beraturan. Berikut adalah sampel yang dibuat dan digunakan pada penelitian ini.



Gambar 5. Beberapa sampel data yang digunakan untuk menguji hasil rekonstruksi gambar dari aplikasi yang dibuat

Hasil Rekonstruksi

Sampel yang telah dibuat di atas kemudian direkonstruksi satu persatu menggunakan program yang telah dibuat. Berikut ini adalah gambar hasil rekonstruksi dari masing-masing sampel di atas.



Gambar 6. Hasil rekonstruksi dari beberapa sampel menggunakan program *ART Imaging*

Pada hasil rekonstruksi gambar sampel 1 dan sampel 2, terlihat bahwa aplikasi ART dapat membedakan antara satu objek dan dua objek yang terdapat pada daerah pengamatan. Gambar hasil rekonstruksi sampel 3 menunjukkan bahwa aplikasi yang dibuat ini telah dapat merekonstruksi benda dengan ukuran besar dan mendekati bentuk objek yang sebenarnya. Namun, bentuk batasan atau pinggir permukaan belum dapat

ditunjukkan dengan detail yang tepat. Hasil rekonstruksi sampel 4 menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat membedakan antara dua objek dengan ukuran yang berbeda meskipun jaraknya relatif dekat satu sama lain. Sedangkan hasil rekonstruksi pada sampel 5 menunjukkan bahwa dengan menggunakan 4 sudut penyinaran belum mampu menghasilkan gambar yang menunjukkan batasan objek dengan detail yang jelas, namun gambar masih dapat digunakan untuk memperkirakan ukuran objek.

Dari hasil rekonstruksi sampel 1 sampai 5, terlihat bahwa aplikasi ART ini selalu dapat memberikan informasi posisi bagian objek dengan nilai tertinggi, dapat menunjukkan dua objek (yang menjadi masalah ketika menggunakan hanya dua sudut penyinaran), serta dapat digunakan untuk memperkirakan ukuran objek. Meskipun demikian, dengan hanya menggunakan data 4 sudut penyinaran, aplikasi ini belum dapat memberikan detail yang baik dan volume yang tepat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang rekonstruksi gambar yang dihasilkan oleh aplikasi yang dibuat pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa poin berikut:

1. Aplikasi rekonstruksi gambar digital dari data 4 sudut penyinaran telah berhasil dibuat.
2. Gambar yang dihasilkan dapat menunjukkan bagian yang memiliki tingkat penyerapan yang paling tinggi dengan jelas.
3. Aplikasi ini tidak dapat menunjukkan detail yang tepat untuk objek dengan bentuk yang tidak beraturan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Putri Mustika W., Rani Nuraini, Lale Putri N.H, dan Kisna Pertiwi yang telah membantu dalam penulisan makalah ini. Penelitian ini didanai oleh Institut Teknologi Bandung.

REFERENSI

1. Gordon, R., Bender, R., & Herman, G. T. (1970). *Algebraic reconstruction techniques (ART) for three-dimensional electron microscopy and X-ray photography*. Journal of theoretical Biology, 29(3), 471-476.
2. Raparia, D., Alessi, J., & Kponou, A. (1997, May). *The algebraic reconstruction technique (Art)*. In *Particle Accelerator Conference, 1997. Proceedings of the 1997* (Vol. 2, pp. 2023-2025). IEEE.
3. R Gordon .1974. *A Tutorial on ART (Algebraic Reconstruction Techniques)*.IEEE Transaction on Nuclear Science 21 1 – 16.
4. BS Nugroho. 2004. *Inspeksi Pemalsuan Produk dengan Teropong Otak* . ISSN 2086-5325
5. Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER). (n.d.). CT scan images of the brain. Diakses dari <http://www.mayoclinic.org/tests-procedures/ct-scan/multimedia/ct-scan-images-of-the-brain/img-20008347>.
6. Soleimani, M., & Pengpen, T. (2015). *Introduction: a brief overview of iterative algorithms in X-ray computed tomography*.