

# Pemanfaatan Interpolasi Linear untuk Efisiensi Rekonstruksi Data CT Scan

Dita Maheswari 13523125

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13523125@std.stei.itb.ac.id, ditamaheswari05@gmail.com

**Abstract**—CT Scan data reconstruction requires efficient methods to produce high-quality images in a short time. The main challenges include the need for substantial computational resources and the often incomplete data processing, especially in low-dose scans. In this paper, the utilization of linear interpolation methods to improve the efficiency of CT Scan data reconstruction is examined. Linear interpolation is used to fill in data gaps and estimate X-ray intensity values in the projection domain, thereby accelerating the reconstruction process without requiring complex algorithms. Although linear interpolation has accuracy limitations, this method is capable of bridging the challenges of efficiency and accuracy, providing a practical solution in producing high-quality CT Scan data with shorter processing times.

**Keywords:** linear interpolation, data reconstruction, CT Scan, efficiency, accuracy.

## I. PENDAHULUAN

Saat ini, kemajuan di bidang teknologi dan informasi semakin meningkat. Tidak hanya yang berhubungan di bidang komunikasi saja, tetapi teknologi di bidang lain juga sudah maju, seperti bidang transportasi dan kesehatan. Semakin berkembang zaman, semakin banyak juga permasalahan kesehatan atau penyakit-penyakit yang bermunculan. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan seluruh permasalahan penyakit saat ini, diperlukan teknologi yang mendukung dan canggih.

Salah satu teknologi yang digunakan dalam bidang kesehatan adalah CT Scan (Computed Tomography Scan). CT scan sangat penting di dunia kesehatan karena mampu mendeteksi hingga mendiagnosis penyakit secara akurat berdasarkan hasil gambar dari tubuh manusia dengan tingkat kejelasan yang tinggi. Selain itu, gambar yang dihasilkan CT scan dapat membantu dokter untuk menemukan pengobatan dan memantau pasca-pengobatan terhadap penyakit pasien.

CT scan berbeda dengan sinar-X biasa atau rontgen karena CT scan dapat memberikan detail gambar 3D yang memungkinkan visualisasi kompleks organ-organ tubuh, tulang, jaringan, hingga pembuluh darah terlihat lebih jelas. CT scan juga relatif lebih cepat dan memberikan hasil dengan akurasi tinggi sehingga sangat membantu

medis dalam situasi darurat.

Terdapat tantangan efisiensi dan akurasi dalam memproses data dari CT scan. Tantangan efisiensi disini merujuk pada kecepatan dan kebutuhan sumber daya komputasi untuk menghasilkan gambar diagnostik. CT scan menghasilkan volume data yang sangat besar sehingga memerlukan waktu dan kapasitas komputasi yang signifikan. Dalam situasi darurat, gambar harus sudah ada dalam waktu singkat sehingga rekonstruksi data memerlukan perangkat keras yang memadai seperti GBU atau superkomputer.

Tantangan akurasi disini berkaitan dengan kemampuan rekonstruksi data untuk menghasilkan gambar yang merepresentasikan struktur tubuh dengan jelas. Dalam rekonstruksi data, terkadang terjadi ketidaksempurnaan yang dapat menghasilkan artefak, seperti garis buram, noise, atau kecacatan lainnya sehingga dapat mempersulit diagnosis dan mempengaruhi pengambilan keputusan klinis. Selain itu, sering kali dilakukan pemindaian dengan dosis sinar-X yang rendah untuk mengurangi risiko radiasi pada pasien. Namun, hal tersebut mengakibatkan CT scan menghasilkan data mentah yang kurang informatif sehingga sulit untuk direkonstruksi dengan akurasi tinggi. Setiap jenis jaringan tubuh memiliki densitasnya masing-masing. Kesalahan-kesalahan kecil dalam proses rekonstruksi dapat menghasilkan data atau gambar yang salah untuk jaringan tertentu.

Rekonstruksi data pada CT scan memerlukan algoritma untuk meningkatkan akurasi. Oleh karena itu, proses rekonstruksi data menjadi lama karena memiliki kompleksitas algoritma yang tinggi. Trade-off antara efisiensi dan akurasi seringkali menjadi dilema dalam dunia medis.

Saat ini, penulis memiliki salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi dalam rekonstruksi data pada CT scan, yaitu menggunakan metode interpolasi linear. Interpolasi tersebut cukup sederhana namun dapat meningkatkan efisiensi. Metode ini dilakukan untuk mengurangi kompleksitas komputasi dan mengoptimalkan kecepatan proses. Walaupun metode interpolasi linear memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, metode ini dapat membantu menjembatani tantangan efisiensi dan akurasi dan memberikan solusi optimal untuk menghasilkan data

CT scan yang berkualitas dengan waktu pemrosesan yang lebih singkat.

## II. DASAR TEORI

### A. Computed Tomography Scan (CT Scan)

CT scan adalah prosedur pemindaian tubuh yang menggunakan sinar-X dan teknologi komputer untuk menghasilkan gambar bagian dalam tubuh. Gambar yang dihasilkan CT scan dapat menunjukkan struktur dan jaringan tubuh dari berbagai sudut. Berdasarkan fungsinya, CT scan mirip seperti rontgen. Akan tetapi, CT scan lebih unggul karena hasilnya lebih rinci dan spesifik dibandingkan rontgen, dapat mencakup pemeriksaan organ tertentu atau seluruh tubuh dalam sekali pemeriksaan, dan dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit.



Gambar 2.1 CT Scan

Prinsip kerja CT scan adalah CT scan mengukur intensitas sinar-X yang melewati tubuh kemudian menghasilkan data proyeksi. Data tersebut direkonstruksi menjadi gambar 2D melalui algoritma tertentu.

Proses rekonstruksi gambar dalam CT scan adalah proses matematika untuk menghasilkan gambar tomografi dari data proyeksi sinar-X yang diambil dari berbagai sudut di sekitar pasien. Kualitas gambar yang dihasilkan sangat bergantung pada metode rekonstruksi ini yang juga berpengaruh terhadap dosis radiasi yang diberikan. Untuk menjaga keseimbangan, gambar idealnya direkonstruksi dengan tingkat kebisingan yang rendah tanpa mengurangi keakuratan atau ketajaman detailnya. Dengan meningkatkan kualitas rekonstruksi, dosis radiasi yang diperlukan dapat dikurangi karena gambar berkualitas serupa bisa didapatkan meskipun menggunakan dosis yang lebih rendah.

### B. Interpolasi dan Interpolasi Linear

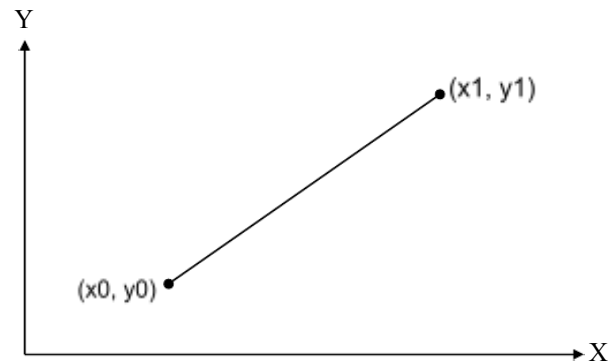
Interpolasi adalah proses menentukan dan menghitung nilai suatu fungsi yang grafiknya melewati sekumpulan titik tertentu.. Titik-titik tersebut mungkin merupakan hasil eksperimen dalam sebuah percobaan atau diperoleh dari suatu fungsi yang diketahui.

Interpolasi linear adalah interpolasi dua buah titik dengan sebuah garis lurus. Jika diberikan dua buah titik  $(x_0, y_0)$  dan  $(x_1, y_1)$ , polinom yang menginterpolasi

kedua titik itu adalah persamaan garis lurus yang berbentuk :

$$P(x) = a_0 + a_1x$$

Berikut adalah grafik garis lurus yang menginterpolasi titik  $(x_0, y_0)$  dan  $(x_1, y_1)$



Gambar 2.2 Grafik Interpolasi Linear

Persamaan garis lurus yang melalui dua titik  $P_1(x_1, y_1)$  dan  $P_2(x_2, y_2)$  dapat dituliskan dengan :

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

Persamaan di atas dapat disimpulkan menjadi persamaan di bawah menggunakan metode eliminasi dan substitusi :

$$y = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}(x - x_1) + y_1$$

Berikut adalah algoritma dari interpolasi linear :

1. Tentukan dua titik  $P_1$  dan  $P_2$  dengan koordinatnya masing-masing, yaitu  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$
2. Tentukan nilai  $x$  dari titik yang akan dicari
3. Hitung nilai  $y$  dengan persamaan di bawah :  

$$y = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}(x - x_1) + y_1$$
4. Tampilkan nilai titik yang baru, yaitu  $Q(x, y)$

Selain untuk rekonstruksi data rekam medis, interpolasi linear dapat diaplikasikan untuk :

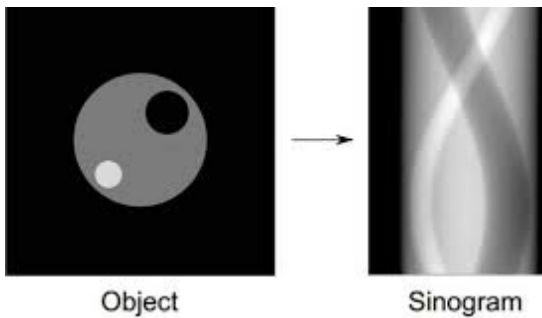
1. Pemrosesan citra digital  
Interpolasi linear digunakan untuk memperbesar atau memperkecil gambar dengan menghitung nilai piksel baru di antara piksel-piksel asli.
2. Grafis komputer  
Interpolasi linear digunakan untuk shading dan memperkirakan waktu atau intensitas cahaya pada permukaan objek.
3. Sistem navigasi dan geospasial  
Interpolasi linear digunakan untuk memperkirakan posisi berdasarkan titik data yang diketahui dari lintasan perjalanan.

### III. PEMBAHASAN

#### A. Penerapan Interpolasi Linear dalam Proses Rekonstruksi Data CT Scan

CT scan menghasilkan data mentah berupa proyeksi sinar-X melalui objek tubuh pada berbagai sudut dari tubuh manusia. Data tersebut harus direkonstruksi menjadi gambar 2D atau 3D agar dapat dianalisis. Adapun beberapa metode untuk merekonstruksi hasil dari data mentah CT scan :

##### 1. Rekonstruksi Sinogram



Gambar 3.1 Contoh data sinogram

Gambaran visual dari proyeksi data sinar-X yang diambil dari berbagai sudut di sekitar objek yang dipindai disebut sinogram. Sinogram menunjukkan bagaimana intensitas sinar-X berubah setelah melewati objek, dengan setiap proyeksi menunjukkan lintasan tertentu dari sinar-X.

Cara CT scan menghasilkan sinogram adalah dengan mengirim sinar-X ke objek dari berbagai sudut rotasi. Setelah melewati objek, detektor mencatat intensitas sinar-X. Intensitas yang dicatat di setiap sudut proyeksi dirangkum dalam sinogram. Akibatnya sinogram berisi proyeksi linear lengkap tentang struktur internal objek.

Pemrosesan data sinogram untuk rekonstruksi gambar CT scan adalah salah satu hubungan sinogram dan interpolasi linear. Interpolasi linear digunakan untuk mengolah data sinogram dalam berbagai tahapan rekonstruksi, termasuk pengisian data yang hilang atau penyesuaian posisi data proyeksi.

Dalam sinogram, interpolasi linear digunakan dalam situasi berikut :

- a. Pengisian data yang hilang saat bekerja dengan CT dosis rendah

Ketika data sinogram tidak lengkap, interpolasi linear dapat memperkirakan nilai proyeksi yang hilang. Hal ini dapat membantu meningkatkan kualitas rekonstruksi gambar, terutama saat bekerja dalam *low-dose* CT. Contoh

kasusnya sebagai berikut :

Jika diberikan hasil sinogram dengan data intensitas sinar-X yang sebagian hilang

| Posisi Detektor (x) | Intensitas (y) |
|---------------------|----------------|
| 1                   | 100            |
| 2                   | a (hilang)     |
| 3                   | b (hilang)     |
| 4                   | 400            |

Kita dapat menghitung dan menentukan perkiraan nilai intensitas (y) yang hilang, yaitu di posisi detektor x = 2 dan x = 3 menggunakan interpolasi linear dengan langkah perhitungan sebagai berikut :

##### Cari nilai di x = 2

Gunakan rumus

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

Substitusi

$$x = 2, x_1 = 1, x_2 = 4, y_1 = 100$$

$$y_2 = 400$$

Kemudian, lakukan perhitungan sebagai berikut :

$$y = \frac{400 - 100}{4 - 1} (2 - 1) + 100$$

$$y = \frac{1 \cdot 300}{3} + 100$$

$$y = 100 + 100 = 200$$

Jadi, intensitas di x = 2 adalah 200.

##### Cari nilai di x = 3

Gunakan rumus

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

Substitusi

$$x = 3, x_1 = 1, x_2 = 4, y_1 = 100$$

$$y_2 = 400$$

Kemudian lakukan perhitungan sebagai berikut :

$$y = \frac{400 - 100}{4 - 1} (3 - 1) + 100$$

$$y = \frac{2 \cdot 300}{3} + 100$$

$$y = 200 + 100 = 300$$

Jadi, intensitas di  $x = 3$  adalah 300.

Setelah melakukan interpolasi linear, data sinogram CT scan menjadi :

| Posisi Detektor (x) | Intensitas (y) |
|---------------------|----------------|
| 1                   | 100            |
| 2                   | 200            |
| 3                   | 300            |
| 4                   | 400            |

b. Re-sampling data sinogram

Re-sampling digunakan ketika grid posisi detektor sinogram perlu disesuaikan. Misalnya, untuk meningkatkan resolusi data atau menyesuaikan dengan grid baru. Jika sinogram asli memiliki data intensitas sinar-X pada posisi detektor tertentu dan ingin memperkirakan nilai intensitas untuk posisi detektor baru di antara data yang diketahui, maka kita dapat mengimplementasi interpolasi linear untuk menentukan nilai intensitas pada posisi detektor baru.

Jika diberikan data intensitas sinogram :

| Posisi detektor (x) | Intensitas (y) |
|---------------------|----------------|
| 1.0                 | 100            |
| 2.0                 | 150            |
| 3.0                 | 300            |
| 4.0                 | 500            |
| 5.0                 | 750            |

Dan kita menginginkan grid baru untuk posisi detektor ( $x'$ ) pada:

$$x' = [1.5, 2.5, 3.5, 4.5]$$

Kita dapat menghitung nilai intensitas ( $y'$ ) pada posisi ( $x'$ ) dengan interpolasi linear.

**Untuk  $x' = 1.5$ :**

Substitusi

$$x' = 1.5, x_1 = 1.0, x_2 = 2.0,$$

$$y_1 = 100, y_2 = 150$$

Kemudian lakukan perhitungan menggunakan persamaan interpolasi linear :

$$y' = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x' - x_1) + y_1$$

$$y' = \frac{150 - 100}{2.0 - 1.0} (1.5 - 1.0) + 100$$

$$y' = \frac{0.5 \cdot 50}{1.0} + 100$$

$$y' = 25 + 100$$

$$y' = 125$$

Jadi, nilai intensitas ( $y'$ ) pada posisi  $x' = 1.5$  adalah 125

**Untuk  $x' = 2.5$  :**

Substitusi

$$x' = 2.5, x_1 = 2.0, x_2 = 3.0,$$

$$y_1 = 150, y_2 = 300$$

Kemudian lakukan perhitungan menggunakan persamaan interpolasi linear :

$$y' = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x' - x_1) + y_1$$

$$y' = \frac{(300 - 150)}{(3.0 - 2.0)} (2.5 - 2.0) + 150$$

$$y' = \frac{150 \cdot 0.5}{1.0} + 150$$

$$y' = 75 + 150$$

$$y' = 225$$

Jadi, nilai intensitas ( $y'$ ) pada posisi  $x' = 2.5$  adalah 225.

**Untuk  $x' = 3.5$ :**

Substitusi

$$x' = 3.5, x_1 = 3.0, x_2 = 4.0,$$

$$y_1 = 300, y_2 = 500$$

Kemudian lakukan perhitungan menggunakan persamaan interpolasi linear :

$$y' = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x' - x_1) + y_1$$

$$y' = \frac{(500 - 300)}{(4.0 - 3.0)} (3.5 - 3.0) + 300$$

$$y' = \frac{200 \cdot 0.5}{1.0} + 300$$

$$y' = 100 + 300$$

$$y' = 400$$

Jadi, nilai intensitas ( $y'$ ) pada posisi  $x'$

= 3.5 adalah 400.

**Untuk  $x' = 4.5$ :**

Substitusi

$$x' = 4.5, x_1 = 4.0, x_2 = 5.0,$$

$$y_1 = 500, y_2 = 750$$

Kemudian lakukan perhitungan menggunakan persamaan interpolasi linear :

$$y' = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x' - x_1) + y_1$$

$$y' = \frac{(750 - 500)}{(5.0 - 4.0)} (4.5 - 4.0) + 500$$

$$y' = \frac{(250 \cdot 0.5)}{1.0} + 500$$

$$y' = 125 + 500$$

$$y' = 625$$

Jadi, nilai intensitas ( $y'$ ) pada posisi  $x' = 4.5$  adalah 625.

Setelah melakukan proses interpolasi, intensitas untuk posisi detektor baru ( $x'$ ) adalah:

| Posisi detektor baru ( $x'$ ) | Intensitas baru ( $y'$ ) |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1.5                           | 125                      |
| 2.5                           | 225                      |
| 3.5                           | 400                      |
| 4.5                           | 625                      |

Re-sampling data sinogram ini biasa digunakan untuk menyesuaikan resolusi grid sinogram (posisi detektor) sebelum rekonstruksi, meningkatkan ketepatan proyeksi balik, dan mengisi nilai intensitas pada posisi detektor yang lebih halus untuk meningkatkan akurasi hasil rekonstruksi data CT scan.

- c. Memperkirakan nilai proyeksi sinar-X pada sudut yang tidak tersedia

Aplikasi ini berfungsi untuk membantu memperkirakan data proyeksi pada sudut yang hilang saat melakukan CT dosis rendah dan interpolasi linear ini cukup sederhana untuk kasus dengan distribusi data yang linear atau relatif

halus, seperti contoh di bawah ini :

| Sudut ( $\theta$ ) | Intensitas ( $y$ ) |
|--------------------|--------------------|
| 30°                | 100                |
| 45°                | x (hilang)         |
| 60°                | 450                |

Substitusi

$$\theta = 45^\circ, \theta_1 = 30^\circ, \theta_2 = 60^\circ,$$

$$y_1 = 100, y_2 = 450$$

Masukan nilai-nilai di atas ke dalam rumus :

$$y = y_1 + \frac{(\theta - \theta_1)(y_2 - y_1)}{\theta_2 - \theta_1}$$

$$y = 100 + \frac{(45 - 30)(450 - 100)}{60 - 30}$$

$$y = 100 + \frac{15 \cdot 350}{30}$$

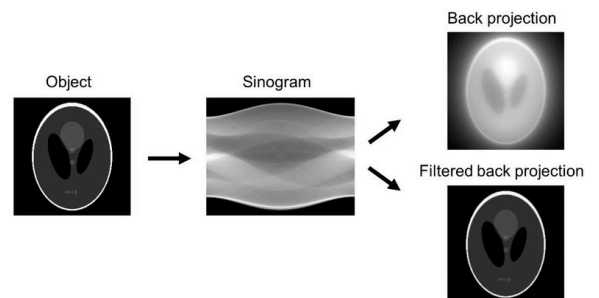
$$y = 100 + 175$$

$$y = 275$$

Jadi, intensitas sinar-X pada sudut 45° adalah 275.

## 2. Proses *Back Projection*

*Back Projection* adalah metode rekonstruksi proyeksi tertua dan paling sederhana. Metode ini digunakan pertama kali oleh Oldendorf (1961) untuk tomografi transmisi radiografi. Kemudian diikuti oleh Kuhl (1963) dan Edward (1968) untuk merekonstruksi tomografi emisi. Kelebihan dari metode ini adalah sederhana secara konseptual dan mudah digunakan dalam program komputer. Namun, akurasi dari hasil rekonstruksi masih sangat terbatas dan hasil citra rekonstruksi masih kabur.



Gambar 3.2 Metode back projection

*Back Projection* merupakan metode untuk memetakan kembali data proyeksi dari sinogram ke domain spasial dan membentuk gambar 2D dari data CT. Hasil proyeksi tidak selalu sempurna karena piksel gambar spasial mungkin berada di antara dua atau lebih nilai data proyeksi yang diketahui. Hal ini dapat menyebabkan hasil gambar menjadi buram atau kasar.

Contoh perhitungan intensitas pada proses *back projection* (menghubungkan dengan interpolasi linear):

Diberikan data hasil proyeksi CT scan dari dua sudut

- Pada sudut  $\theta_1 = 0$ , intensitas proyeksi di titik  $x_1 = 5$  adalah  $I_1 = 100$  dan di  $x_2 = 6$  adalah  $I_2 = 150$ .
- Pada sudut  $\theta_2 = 90^\circ$ , intensitas proyeksi di titik  $y_1 = 4$  adalah  $I_1 = 80$  dan di  $y_2 = 6$  adalah  $I_2 = 120$ .

Berapakah nilai intensitas pada piksel  $P(x, y)$  di koordinat  $(5.5, 5)$  dalam domain spasial menggunakan interpolasi linear?

Jawab:

- a. Interpolasi dalam proyeksi sudut  $\theta_1 = 0$

Gunakan rumus interpolasi linear :

$$I(x) = I_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (I_2 - I_1)$$

$$I(5.5) = 100 + \frac{(5.5 - 5)}{(6 - 5)} \times (150 - 100)$$

$$I(5.5) = 100 + 0.5 \times 50$$

$$I(5.5) = 100 + 25$$

$$I(5.5) = 125$$

Jadi, intensitas pada posisi  $x = 5.5$  untuk sudut 0 adalah 125

- b. Interpolasi dalam proyeksi sudut  $\theta_2 = 90^\circ$

Gunakan rumus interpolasi linear:

$$I(y) = I_1 + \frac{(y - y_1)}{(y_2 - y_1)} (I_2 - I_1)$$

$$I(5) = 80 + \frac{(5 - 4)}{(6 - 4)} (120 - 80)$$

$$I(5) = 80 + 0.5 \times 40$$

$$I(5) = 80 + 20$$

$$I(5) = 100$$

Jadi, intensitas pada posisi  $y = 5$  untuk

sudut  $90^\circ$  adalah 100

- c. Kombinasi nilai proyeksi (*back projection*)

Setelah mendapatkan nilai interpolasi dari sudut  $0$  dan  $90^\circ$ , kita gabungkan kedua nilai di atas untuk menghitung intensitas piksel  $P(5.5, 5)$ . Pada metode *back projection* sederhana, nilai piksel merupakan rata-rata dari kontribusi setiap proyeksi:

$$I(P) = \frac{I(5.5) + I(5)}{2}$$

$$I(P) = \frac{125 + 100}{2} = \frac{225}{2} = 112.5$$

Jadi, intensitas pada piksel  $P(5.5, 5)$  dalam domain spasial adalah 112.5

### 3. Proses *Filtered Back Projection*

*Filtered Back Projection* (FBP) ini merupakan salah satu metode rekonstruksi gambar dalam pemrosesan CT scan dan merupakan pengembangan dari *back projection* (BP). Metode ini menambahkan langkah filtering untuk meningkatkan kualitas gambar dengan mengurangi efek buram yang sering muncul pada metode *back projection* sederhana.

Metode ini menambahkan filter frekuensi pada data proyeksi sebelum langkah *back projection*. Filter ini dirancang untuk menekankan komponen frekuensi tinggi (yang membawa detail gambar) dan meredam komponen frekuensi rendah (yang menyebabkan blur). Keuntungan FBP dibanding BP adalah FBP menghasilkan gambar yang lebih tajam dibanding BP karena efek buram dari BP sederhana diminimalkan.

Perhitungan interpolasi linear pada FBP tetap sama seperti BP. Akan tetapi, data yang digunakan berbeda. Data yang digunakan FBP merupakan hasil dari proses filtering. Hal ini menyebabkan intensitas yang digunakan dalam interpolasi linear adalah nilai yang sudah dimodifikasi setelah proses filtering.

Jadi, proses *filtered back projection* lebih baik dibanding *back projection* sederhana karena FBP melalui proses filtering dan gambar akhir lebih tajam karena filtering membantu mengurangi artefak buram dari metode BP sederhana.

## B. Langkah-Langkah Teoritis dalam Rekonstruksi menggunakan Interpolasi Linear

Berikut adalah langkah-langkah untuk merekonstruksi data CT scan dengan mengimplementasikan interpolasi linear:

### 1. Akuisisi Data Proyeksi

Data yang dikumpulkan melalui sinar-X CT Scan digambarkan dalam proyeksi sinar-X dari berbagai sudut pandang. Intensitas sinar yang diukur setelah menembus objek biasanya berupa tubuh pasien yang melakukan CT scan.

Proyeksi dari sudut-sudut tertentu disusun menjadi sinogram, yaitu representasi data dalam domain sudut dan jarak. Akan tetapi, tidak semua sudut atau proyeksi dapat diambil karena keterbatasan alat, waktu, atau dosis radiasi. Akibatnya, terdapat celah data yang perlu diisi.

### 2. Interpolasi Data dalam Domain Proyeksi

Pada tahap ini, interpolasi linear digunakan untuk memperkirakan nilai intensitas sinar pada sudut atau jarak tertentu yang tidak diukur langsung.

Jika terdapat dua titik data  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$ , nilai  $y$  pada  $x$  di antara keduanya dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

Kemudian, dalam sinogram,  $x$  merepresentasikan sudut atau posisi pada domain proyeksi. Sedangkan,  $y$  adalah intensitas sinar. Interpolasi digunakan untuk mengisi nilai intensitas pada sudut atau posisi yang tidak terukur.

### 3. Transformasi ke Domain Spasial (Rekonstruksi Gambar)

Data proyeksi dari proses sebelumnya akan digunakan untuk merekonstruksi gambar dalam domain spasial (2D atau 3D) menggunakan metode *back projection*, yaitu dengan cara memproyeksi dari berbagai sudut lalu digabungkan kembali ke domain spasial. Namun, dikarenakan data yang tidak lengkap, gambar yang dihasilkan tanpa interpolasi akan buram atau mengandung artefak.

Saat ingin meningkatkan kualitas hasil dari data tersebut, kita dapat menerapkan interpolasi linear untuk menghitung nilai intensitas piksel dalam gambar yang berada di antara dua garis proyeksi yang diketahui. Untuk sebuah piksel  $P(x, y)$ ,

intensitasnya dihitung sebagai rata-rata dari semua proyeksi yang berpotongan dengan lokasi tersebut. Jika intensitas di antara dua proyeksi tidak diketahui, gunakanlah interpolasi linear.

### 4. Pengisian Nilai pada Data Volumetrik (3D reconstruction)

CT scan sering kali menghasilkan gambar dalam bentuk irisan (slice) dengan ketebalan tertentu. Untuk menghasilkan data volumetrik, interpolasi linear digunakan untuk menambah irisan di antara irisan asli.

Jika irisan pertama memiliki nilai intensitas  $I_1$  dan irisan berikutnya  $I_2$  interpolasi linear dapat memperkirakan nilai pada irisan di antara keduanya:

$$I(z) = I_1 + \frac{(z - z_1)}{(z_2 - z_1)} (I_2 - I_1)$$

dengan  $z$  adalah posisi di antara kedua irisan

### 5. Post-Processing

Setelah interpolasi dan rekonstruksi selesai, gambar yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas, seperti pengurangan noise, peningkatan kontras, dan filtering untuk mengurangi artefak.

## IV. KELEBIHAN DAN KEKURANGAN

Keuntungan Pendekatan Rekonstruksi Data CT Scan dengan Interpolasi Linear :

### 1. Sederhana dan cepat

Kemudahan implementasi di sini disebabkan karena menggunakan interpolasi linear yang hanya memerlukan dua titik untuk menghitung nilai di antara keduanya. Rumus yang digunakan cukup sederhana dan tidak memerlukan metode kompleks seperti polinomial orde tinggi atau spline. Selain itu, perhitungannya hanya melibatkan operasi dasar (penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian) sehingga interpolasi linear sangat cepat dan cocok untuk digunakan dalam sistem CT Scan yang membutuhkan hasil *real-time*.

### 2. Efisiensi untuk data parsial

Dalam CT scan, keterbatasan perangkat, waktu pemeriksaan, dan dosis radiasi dapat menyebabkan data proyeksi tidak lengkap atau hilang. Data yang hilang pada sinogram sering menyebabkan artefak pada hasil akhir. Peran interpolasi linear disini adalah membantu mengisi celah data dengan cara yang sederhana dan nilai yang hilang dapat diestimasi sehingga menghasilkan data sinogram yang lebih lengkap

untuk proses rekonstruksi gambar hasil CT scan.

3. Hasil yang cukup halus  
Interpolasi linear menghasilkan nilai yang mengikuti garis linear antara dua titik pada data dan menciptakan transisi yang halus di antara dua piksel atau garis proyeksi. Transisi yang halus dapat membantu mengurangi artefak visual seperti ketidakrataan dalam intensitas gambar.

Kekurangan Pendekatan Rekonstruksi Data CT Scan dengan Interpolasi Linear:

1. Akurasi terbatas  
Interpolasi linear hanya memperkirakan nilai di antara dua titik berdasarkan hubungan garis lurus. Jika data pada CT scan memiliki perubahan non-linear, interpolasi linear tidak dapat digunakan atau merepresentasikan hasilnya secara akurat. Akibatnya, hasil dari CT scan tidak akan sempurna karena menghasilkan gambar dengan detail yang tidak akurat dan cukup berbahaya jika digunakan oleh tenaga medis.
2. Tidak menggunakan informasi tambahan  
Interpolasi linear tidak memanfaatkan informasi lebih dari dua titik antara, sehingga kehilangan konteks yang lebih luas dalam data. Jika data hilang dalam jumlah besar (bukan hanya di antara dua titik), interpolasi linear tidak mampu menghasilkan hasil yang baik karena hanya bekerja dalam jangkauan yang terbatas.
3. Ketergantungan pada kepadatan data  
Jika jarak antar titik data sangat besar (data sparse), interpolasi linear menghasilkan hasil yang buruk karena implementasi ini mengasumsikan bahwa perubahan di antara titik-titik tersebut bersifat linier tidak lagi valid. Hal ini menyebabkan data yang tidak lengkap dalam sinogram tidak dapat diselesaikan dengan interpolasi linear karena interpolasi linear menghasilkan estimasi yang tidak akurat di area kosong.

## V. KESIMPULAN

Metode interpolasi linear dalam proses rekonstruksi hasil data CT scan dapat menguntungkan dari sisi efisiensi, tetapi tidak dengan akurasi. Metode ini cukup sederhana dan dapat membantu mengisi kekurangan data serta efisien untuk menghasilkan data *real-time*. Selain itu, interpolasi linear dapat menjadi pilihan praktis untuk situasi di mana waktu dan komputasi menjadi prioritas utama tanpa mengorbankan kualitas rekonstruksi secara signifikan.

Akan tetapi, metode interpolasi linear memiliki keterbatasan dalam mengalami perubahan non-linear. Metode ini harus didampingi dengan teknik yang lebih

kompleks, seperti filtering dan interpolasi spline untuk mengatasi kekurangan serta menghasilkan hasil rekonstruksi yang lebih akurat.

## REFERENSI

- [1] "Interpolasi Linear," Scribd. Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/429134850/Interpolasi-Linear>
- [2] "Image Reconstruction Techniques," Image Wisely. Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Computed-Tomography/Image-Reconstruction-Techniques>
- [3] H. Yu and G. Wang, "Compressed Sensing Based Interior Tomography," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 55, no. 16, pp. 4823–4836, 2010.
- [4] "Interior Tomography: Advances in Image Reconstruction," Wiley Online Library. Accessed: Dec. 27, 2024. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/2228062>
- [5] "Penerapan Teknik Back Projection untuk Rekonstruksi Data," Universitas Gadjah Mada Repository. Accessed: Dec. 27, 2024. [Online]. Available: <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/84473>
- [6] "Back Projection," Scribd. Accessed: Dec. 27, 2024. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/455994347/BACK-PROJECTI-ON-docx>
- [7] "Filtered Back Projection (FBP): Illustrated Guide for Radiologic Technologists," How Radiology Works. Accessed: Dec. 27, 2024. [Online]. Available: <https://howradiologyworks.com/filtered-backprojection-fbp-illustrated-guide-for-radiologic-technologists/>

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Jatinangor, 1 Januari 2025



Dita Maheswari  
13523125