

Mangri Jansono

■ VOL. 1 TH. 2005

■ ISSN : 1907 - 2562

PROCEEDING

SNM-2005

SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA TAHUN 2005

Jakarta, 30 Juli 2005



Diselenggarakan Oleh :
Departemen Matematika FMIPA Universitas Indonesia

■ VOL. 1 TH. 2005

■ ISSN : 1907-2562

PROCEEDING

SNM-2005

SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA TAHUN 2005

Jakarta, 30 Juli 2005

PENYELEKSI MAKALAH :

Prof. Belawati H. Widjadja, PhD.

Dr. Ing. Djati Kerami

Bevina D Handari, PhD

Drs. Ponidi, MSi

Dr. Budi Nurani R

Drs. Hasoloan Siregar, MSi

TIM EDITOR :

Suryadi M. Thoyib

Denny Riama S

Lintang Patria

Rahmi Rusin

Mila Novita

Dhian Widya

Alamat Redaksi :

Gedung D Lantai 2 FMIPA UI, Kampus UI Depok, 16424

Telp. 021 – 7862719 Fax : 021 – 7863439

DAFTAR ISI

Sambutan Ketua Panitia	... i
Daftar Isi	... ii
A. PEMBICARA UTAMA	
<i>Nonparametric Estimation of a Decreasing Density</i> <i>H. P. Lopuhaa</i>	
<i>Support Vector Machine Sebagai Sarana Baru Komputasi Lunak : Pendekatan Analitis dan Pertimbangan Penerapan Praktis</i> <i>Djati Kerami, FMIPA UI</i>	... 1
B. PRESENTASI	
ALJABAR – ANALISIS	
<i>Tendensi Nilai-Nilai Eigen Matriks Tridiagonal Khusus Jika Orde Matriks Diperbesar</i> <i>Alit Bondan, STT PLN</i>	... 8
<i>Indeks Siklisitas Matriks Pada Aljabar Max-Plus</i> <i>Isah Aisah, FMIPA UNPAD</i>	... 12
<i>Masalah Syarat Batas Sistem Persamaan Diferensial Orde 1 Di Dua Titik</i> <i>Badrulfalah, Iin Irianingsih, FMIPA UNPAD</i>	... 15
<i>Penyelesaian Persamaan Differensial Tunda Linier Orde Satu Koefisien Konstan dengan Fungsi W Lambert</i> <i>Hengki Tasman, Kuntjoro Adji Sidarto, FMIPA UI</i>	... 19
<i>Basic Reproduction Ratio Number Dan Dinamika Suatu Model Epidemologi Demam Berdarah Dengue</i> <i>M Ardian, Ponidi, Hengki Tasman, FMIPA UI</i>	... 24i
<i>Turunan Di Dalam Ruang Berdimensi Tiga Dan Aplikasinya Pada Perencanaan Trace Jalan Raya</i> <i>Romelan Hamzah, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta</i>	... 24x
<i>Estimasi Nilai Rasio Reproduksi Dasar Untuk Model Penyebaran Penyakit SI Tanpa dan Dengan Struktur Usia</i> <i>Asep K. Supriatna, FMIPA UNPAD</i>	... 25

KOMPUTASI

Sistem Seleksi Penerimaan Pegawai Berbasis <i>Object Modeling Technique</i> <i>Atje Setiawan A, FMIPA UNPAD</i>	... 30
Metode Deret Taylor Orde Terendah Untuk Menyelesaikan Persamaan Kalor Sederhana <i>Sulistyo Puspito Djati, Universitas Gunadarma</i>	... 35
Top K-Join Dalam Xquery Dokumen XML <i>Juli Rejito, FMIPA UNPAD</i>	... 42
Studi Banding Metode Explicit Fuzzy, Fuzzy Parallelepiped dan Gaussian Maximum Likelihood pada Klasifikasi Citra Multispektral <i>Lintang Patria, FMIPA Universitas Terbuka</i>	... 48
Simulasi MATLAB Rekonstruksi Citra Tomografi Dengan Metode Proyeksi Balik <i>Margi Sasono, FMIPA Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta</i>	... 53
Algoritma Berbasis Kalkulus Predikat Dalam Penerjemahan Pola Kalimat Sederhana Bahasa Inggris Ke Dalam Bahasa Indonesia <i>Rily Tua A, Suryadi MT, Yudi Satria, FMIPA UI</i>	... 57
Pendekatan Baru Dalam Klasifikasi Data Multikategori Dengan Menggunakan Metode Generalized Eigenvalue Proximity Support Vector Machines <i>Taufik E Sutanto, Sarini Abdullah, FMIPA UI</i>	... 63
Sistem Temu-Kembali Informasi Metode <i>Boolean</i> Dengan Sistem Peringkat dan Metode Berbasis Jaringan Inferensi <i>Yahma Wisnani, FMIPA UI</i>	... 73
Model Checking Pada <i>Computational Tree Logic Star</i> Untuk Oven Mikrowave <i>Yahma Wisnani, FMIPA UI</i>	... 81

RISET OPERASI

Kinerja Algoritma Genetik dalam Menyelesaikan <i>Job Shop Scheduling Problem</i> <i>Denny Riama Silaban, Astri Octavianti, Yudi Satria, FMIPA UI</i>	... 89
Kinerja <i>Tabu Search</i> dalam Menyelesaikan <i>Job Shop Scheduling Problem</i> <i>Denny Riama Silaban, Dedet, FMIPA UI</i>	... 95
Aplikasi Transformasi Walsh Pada Kriptografi <i>Is Esti Firmanesa, Gandi Wibowo, Andriani Adi Lestari, Lembaga Sandi Negara</i>	... 100
Formulasi Invers Matriks dengan Sistem Sandi Klasik Route Untuk Aplikasi Kriptosistem Asimetrik <i>Is Esti Firmanesa, M.Taufik Yusuf, M.Yudhistira, Lembaga Sandi Negara</i>	... 103

Aplikasi Analisis Regresi Linear Dalam Pengujian Substitution Box (S-Box) ... 107
Retno Indah, Sari Agustini H, Andi Yusuf, Lembaga Sandi Negara

Aplikasi Transformasi Walsh Untuk Pengujian S-Box ... 112
Sri Rosdiana, Heri Herlambang, Sekolah Tinggi Sandi Negara

MATEMATIKA TERAPAN

Dinamik Penyebaran Penyakit Tuberculosis (TBC) Dalam Populasi Dengan Cluster Aktif ... 120
Rahmat H, Ponidi, Rahmi Rusin, FMIPA UI

Penentuan Harga Opsi Asia dengan Metode Monte Carlo disertai Prosedur Reduksi Variansi ... 129
Erwinna Chendra, M. Sjamsuddin, Wono Setya Budhi, FMIPA Universitas Katolik Parahyangan Bandung

Aplikasi Distribusi Gauss Invers Untuk Mengkonstruksi Hedging Portfolio Pada Asian Call Option ... 134
Benny Yong, M.Sjamsuddin, Wono Setya Budhi, FMIPA Universitas Katolik Parahyangan Bandung

Determinasi Harga Opsi Eropa dengan Metoda Black-Scholes ... 139
Ivonne Martin, Wono Setya Budhi, Erwinna Chendra, FMIPA Universitas Katolik Parahyangan Bandung

Penentuan Harga Opsi Asia Tipe Diskret ... 144
Liem Chin, M. Sjamsuddin, M. Wono Setya Budhi, FMIPA Universitas Katolik Parahyangan Bandung

Penggunaan Metode Kriging Untuk Prediksi Ketebalan Reservoir di Lokasi Sumur yang Tidak Tersampel ... 149
Budi Nurani R., FMIPA UNPAD

Evaluasi Hubungan Antara Profil NEM dan Prestasi Mahasiswa Jurusan Matematika FMIPA-UI Berdasarkan Analisis Korespondensi ... 155
Titin Siswantining, FMIPA UI

PENDIDIKAN

Strategi *Problem Solving* Dalam Matematika dan Penerapannya ... 160
Al Jupri, FPMIPA UPI Bandung

Kontribusi Asesmen Portfolio Untuk Mengevaluasi Daerah Afektif Siswa dalam Konteks Evaluasi Pembelajaran Matematika yang Komprehensif dan Kontinu ... 164
Asep Sapaat, C. Jacob, FPMIPA UPI Bandung

Penerapan Indeks Gini Untuk Deskripsi Indikator Mutu Pendidikan Tingkat SD <i>Atje Setiawan A., Budi Nurani R, Juli Rejito, FMIPA UNPAD</i>	... 169
Analisis Korespondensi Profil Kelayakan Guru SMA/MA Berdasarkan Kualifikasi Pendidikan <i>Atje Setiawan A., Budi Nurani R, Sutawanir Darwis, FMIPA UNPAD</i>	... 174
Aplikasi <i>Neural Networks</i> Pada Pengukuran Retensi Belajar IPA yang Dipengaruhi Oleh Strategi Pembelajaran Berbantuan Komputer <i>Suroyo, FMIPA Universitas Terbuka</i>	... 181
Matrikulasi Matematika Sebagai Penyegaran dan Pencapaian Prasyarat Untuk Mengikuti Perkuliahan Kalkulus I di Jurusan Teknik Sipil <i>Warsito, FMIPA Universitas Terbuka</i>	... 185

STATISTIK

Perbandingan Nilai Asumsi dan Nilai Aktual Pada Distribusi p_x Untuk Usia Pecahan <i>Farah Kristiani, M Syamsuddin, FMIPA Universitas Katolik Parahyangan Bandung</i>	... 192
Model Regresi Tersensor Kiri Pada Nilai Amatan Nol (<i>Left Censored Regression Model at Zero Observations Value</i>) <i>Fitria Virgantari, Siswadi, FMIPA Universitas Pakuan Bogor</i>	... 198
Aplikasi Analisis Faktor Untuk Mengestimasi Reliabilitas Konsistensi Internal Instrumen Pengukur Mitos Terhadap Matematika <i>Gaguk Margono, Fakultas Teknik UNJ</i>	... 203
Persamaan Inverted S-Curve dan Metoda Estimasi Parameter Tiga Data yang Diperluas <i>Hennie Husniah, Asep K. Supriatna, Universitas Langlangbuana Bandung</i>	... 212
Regresi Ridge Dengan Penduga Bayes Pada Data Kalibrasi <i>Nurul Gusriani, Budi Susetyo, Anang Kurnia, FMIPA UNPAD</i>	... 217
Perbandingan Model Cox-PH dan Model Parametrik Pada Studi Survival dengan Menggunakan Normal Deviate Residual dan Log-Odds Residual <i>Sarini Abdullah, Taufik Edy Sutanto, FMIPA UI</i>	... 222
Analisis Rata-Rata Berat Powder Dengan Menggunakan Bagan Kendali Shewart dan Bagan Kendali Cumulative Sum <i>Tentrem Puji Rahayu, Dian Lestari, Saskya Mary, FMIPA UI</i>	... 230
Transformasi Rank Pada Dua Sampel Independen Dan Dependen <i>Titin Siswantining, FMIPA UI</i>	... 237

Klasifikasi dengan Pendekatan: Statistik, *Neural Network*, dan *Machine Learning* ... 240
Yekti Widyaningsih, FMIPA UI

C. POSTER

ALJABAR – ANALISIS

Terjemahan Model Paradigm Untuk Anjungan Tunai Mandiri Berbentuk *Pseudo Code*
Dalam Logika Temporal Linear ... 247
Sulistomo Adie Suwarno, Yahma Wisnani, Siti Aminah, FMIPA UI

Topologi Plus dan Keterturunan Fungsi Dua Peubah ... 253
Nora Hariadi, Suarsih Utama, Debby Sandjaya, FMIPA UI

KOMPUTASI

Aspek Teori Metode Pseudo Runge-Kutta Untuk Penyelesaian Persamaan Diferensial
Biasa ... 258
Alit Bondan, Sekolah Tinggi Teknik PLN

Perbandingan Metode Iterasi, Rekursi Dan Look Up Table Pada Analisis Algoritma
Faktorial ... 263
Atje Setiawan A., FMIPA UNPAD

Clustering Secara Hirarki,
Siti Aminah, FMIPA UI ... 269

Pengenalan Kurva Non Linier Dengan Bantuan Operator Gradien ... 275
D.L. Crispina Pardede, Ray Fitri, Universitas Gunadarma

PENDIDIKAN

Model Persamaan Struktural dan Penerapannya dalam Identifikasi Faktor-Faktor yang
Mempengaruhi Kompetensi Guru dan Kaitannya dengan Prestasi Belajar Siswa ... 283
Atje Setiawan A., FMIPA UNPAD

STATISTIK

Menyiasati Data Tidak Lengkap Kategorik Menggunakan Imputasi Ganda dan
Probabilitas ... 290
Titin Siswantining, Rustina, Hobby Rajiman, FMIPA UI

Koreksi Pencaran Dalam Model Kalibrasi Peubah Ganda Pada Data Senyawa Aktif
Gingerol Serbuk Rimpang Jahe (*Zingiber Officinale Roscue*) ... 294
Arnita, Asep Saefuddin, Khairil A. Notodiputro, FMIPA IPB

SIMULASI MATLAB REKONSTRUKSI CITRA TOMOGRAFI DENGAN METODE PROYEKSI BALIK

Margi Sasono, almargis@lycos.com

Program Studi Fisika FMIPA, Pusat Studi Fisika Terapan (PUSFIT)
Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

ABSTRACT

A Matlab simulation of tomography image reconstruction using back projection method has been carried out. The image obtained were result of tomography based on X ray absorption in the CT scan tools. It is a very powerfull tool in the medicine. The acquisition of image raw data were collected from a number projection sample (phantom) in the different angles. In the mathematics, the method was known as Radon transformation. And then, the back-projection method was used to image reconstruction. The results showed that the more projection, the image reconstructed is more resemble of original sample. The all of reconstruction process can be simulated by Matlab program.

Keyword: tomography, image reconstruction, back-projection method

1. PENGANTAR

Di dalam bidang medis atau bidang-bidang yang lainnya adalah sesuatu yang tidak ternilai jika mampu mengamati struktur internal sampel (material) dengan tanpa membedahnya. Hal ini dapat dilakukan dengan teknik tomografi. Kata tomografi berasal dari kata Greek 'tomos' yang berarti irisan dan 'graph' yang berarti citra [6]. Tomografi terkomputerisasi (*computed tomography*) yang selanjutnya lebih dikenal sebagai alat *CT-scan*, telah menjadi aplikasi yang penting dalam bidang medis. Akhir-akhir ini, tomografi juga sudah diterapkan dalam bidang uji tak merusak pada material dan sampel-sampel industri lainnya [4].

Masalah matematik dari tomografi adalah mengestimasi suatu citra internal sampel dari sejumlah proyeksi yang diukur pada sudut dan arah berbeda, ketika berkas sinar (dalam hal ini radiasi sinar-X) dikenakan pada sampel (material) yang sedang diuji. Dalam makalah ini dibahas sebuah simulasi berbasis bahasa program Matlab untuk menggambarkan proses akuisisi

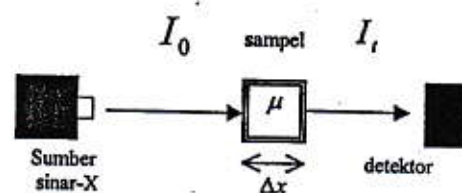
proyeksi sampel dan kemudian merekonstruksikannya menjadi citra dengan metode proyeksi balik (*back projection method*). Program ini mensimulasikan ide dasar teknik tomografi berbasis absorpsi sinar-X.

2. PRINSIP DASAR TOMOGRAFI

Ketika berkas sinar-X melalui suatu sampel, maka intensitas yang datang I_0 akan dilemahkan oleh proses absorpsi sampel menjadi I_t . Intensitas sinar-X yang terlemahkan ini akan direspon oleh suatu detektor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Berkas sinar-X ini diasumsikan berupa berkas pensil tipis (berkas paralel), radiasinya monoenerjik, dan tidak dihamburkan ketika sampai ke detektor. Secara matematik, fenomena ini dinyatakan oleh Hukum Beer-Lambert sebagai

$$I_t = I_0 \exp[-\mu \Delta x] \quad (1)$$

dengan μ adalah koefisien pelemahan linear sinar-X dan Δx ketebalan sampel penyerap.



Gambar 2.1. Proses pelemahan sinar-X oleh sampel

Jika sampel penyerap tidak homogen, maka koefisien μ tergantung pada ruang (posisi), sehingga persamaan (1) dapat ditulis sebagai

$$I_t = I_0 \exp \left[- \sum_k \mu_k \Delta x \right] \quad (2)$$

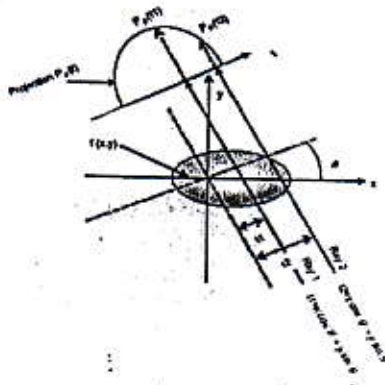
atau

$$\sum_k \mu_k \Delta x = \int_{-\infty}^{\infty} \mu(x) dx = -\ln \left(\frac{I_t}{I_0} \right) \quad (3)$$

Persamaan (3) dalam istilah tomografi disebut sebagai *ray-sum* atau integral garis [1]. Selanjutnya, nilai *ray-sum* ini diakuisisi menjadi data awal dari suatu citra sampel.

3. PROSES AKUISISI DATA

Dalam teknik tomografi hasil pengukuran intensitas terlemahkan oleh detektor dapat digunakan untuk merekonstruksi peta distribusi dua dimensi (2D) koefisien pelemahan $\mu(x, y)$ atau fungsi $f(x, y)$ di dalam irisan sampel.



Gambar 3.1. Proyeksi $P_\theta(t)$ dari sampel $\mu(x, y)$ yang diperoleh pada sudut θ [2]

Gambar 3.1 menunjukkan sebuah sampel 2D yang dilalui oleh 2 berkas paralel sinar-X. Menurut persamaan (3), intensitas yang dideteksi oleh detektor ditentukan oleh integral garis (*ray-sum*) koefisien pelemahan linear di sepanjang lintasan sinar (*ray-path*) sebagai

$$P_\theta(t) = \ln \left(\frac{I_0}{I_t} \right) = \int_{\text{garis}(\theta,t)} \mu(x, y) ds \quad (4)$$

dengan ds panjang lintasan integrasi di sepanjang suatu sinar (*ray*). Secara matematik, setiap sinar (*ray*) dapat dinyatakan sebagai

$$t = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (5)$$

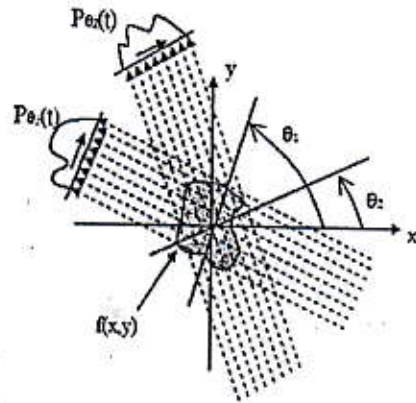
Dalam fungsi delta, persamaan (4) dapat ditulis kembali menjadi

$$P_\theta(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mu(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - t) dx dy \quad (6)$$

Fungsi $P_\theta(t)$ dikenal sebagai transformasi Radon dari fungsi $\mu(x, y)$. Penjelasan

terperinci tentang aspek matematika tomografi dapat ditemui pada [1].

Akuisisi data pada sistem tomografi meliputi pengumpulan proyeksi untuk seluruh sudut θ antara 0 sampai π karena berlaku $P_\theta(t) = P_{\theta+\pi}(-t)$ [6]. Secara teknis proses ini dapat dilakukan dengan memutar sistem sumber-detektor, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Data proyeksi sampel yang diperoleh dari pengukuran pada berbagai sudut dengan memutar sistem sumber-detektor [3]

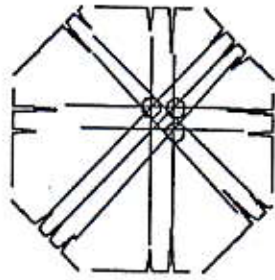
4. REKONSTRUKSI CITRA

Proses rekonstruksi citra adalah membalik persamaan (4) atau (6), yakni menentukan transformasi balik Radon dari data proyeksi. Karena proses akuisisi menggunakan lebar berkas sinar-X tertentu, maka metode rekonstruksi ini akan menghasilkan estimasi atau hanya penghampiran citra dari distribusi $\mu(x, y)$ sebenarnya [6].

Metode rekonstruksi paling sederhana adalah menggunakan proyeksi balik (*back-projection*) atau metode penjumlahan. Metode ini menjumlahkan data proyeksi $P_\theta(t)$ melintasi ruang citra (sampel), yakni penyusunan proyeksi 1D ke dalam proyeksi balik 2D, dan lalu menjumlahkannya. Secara matematik, proses ini dapat dinyatakan sebagai

$$\text{citra} = \mu(x, y) = \int P_\theta(t) d\theta \quad (7)$$

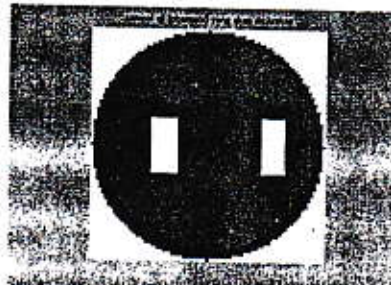
Gambar 4.1 mengilustrasikan proses rekonstruksi citra dengan metode proyeksi balik.



Gambar 4.1. Ilustrasi proses rekonstruksi citra dengan metode proyeksi balik [5]

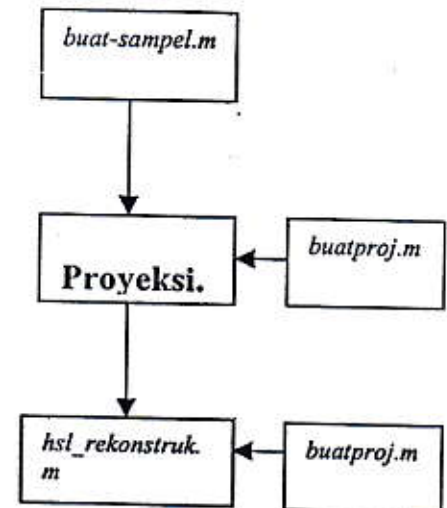
5. IMPLEMENTASI MATLAB

Proses akuisisi dan rekonstruksi dilakukan dengan Matlab versi 6.5. Karena berbasis pada simulasi, sampel riil yang akan dicitrakan tidak digunakan. Oleh karena itu, pembuatan sampel uji (phantom) perlu dilakukan. Dalam Matlab sampel uji ini dibangkitkan dengan fungsi file *buat_sampel.m*. Sampel uji ini berbentuk lingkaran hitam dengan 2 kotak putih persegi panjang di dalamnya. Hasilnya ditunjukkan seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Sampel uji (phantom) yang dibangkitkan dari fungsi file Matlab *buat_sampel.m*

Simulasi ini terdiri atas tahap pembuatan sampel uji dengan fungsi file *buat_sampel.m*, akuisisi data proyeksi dengan fungsi file *proyeksi.m* yang memanggil fungsi *buatproj.m*, dan tahap rekonstruksi citra dengan fungsi file *hsl_rekonstruk.m* yang juga memanggil fungsi *buatproj.m*. Hubungan antar file Matlab ini, secara diagram ditunjukkan pada Gambar 5.2.



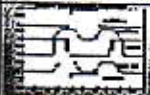









Gambar 5.2. Diagram hubungan antar file Matlab

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi ini ditunjukkan pada Gambar 6.1. Langkah pertama dalam teknik tomografi adalah mengambil (akuisisi) data proyeksi. Karena proyeksi adalah integral garis, maka fungsi file *proyeksi.m* melakukan penjumlahan nilai setiap kolom matrik sampel uji pada Gambar 5.1 untuk memperoleh proyeksinya. Lalu proses ini diulang pada sudut yang berbeda untuk memperoleh sejumlah proyeksi sampel uji yang diinginkan.

Simulasi ini mengambil 5 proyeksi, 10 proyeksi, 20 proyeksi, 60 proyeksi dan 100 proyeksi. Proses rekonstruksi dapat dimulai setelah seluruh proyeksi dikumpulkan. Proses ini dilakukan dengan fungsi file *hsl_rekonstruk.m*

Nampak pada Gambar 6.1, bahwa dengan data 5 proyeksi, hasil rekonstruksi citra masih belum kelihatan. Dengan 10 proyeksi 2 titik citra mulai nampak namun masih kabur. Semakin banyak proyeksi yang diambil, misalnya pada 100 proyeksi nampak citra yang terekonstruksi mulai kelihatan, namun masih kabur dan tidak menunjukkan ketajaman sampel. Hal ini sesuai dengan sifat yang melekat pada metode proyeksi balik yang akan selalu menghasilkan rekonstruksi citra kabur [1]. Metode proyeksi balik dapat dipahami sebagai penumpukan garis proyeksi melintasi ruang 2D sampel dan mencari titik-titik pertemuan garis proyeksi. Titik-titik pertemuan ini akan memiliki intensitas tertinggi, sehingga citra asli terekonstruksi mulai terbentuk [3].

Jumlah proyeksi	Hasil proyeksi	Hasil rekontruksi
5 proyeksi		
10 proyeksi		
20 proyeksi		
60 proyeksi		
100 proyeksi		

Gambar 6.1. Hasil proyeksi dan rekonstruksi citra pada 5, 10, 60 dan 100 proyeksi

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Karena kemampuannya dalam melakukan pengolahan citra dan memperlakukan matriks dengan baik, maka Matlab mampu dengan baik pula mensimulasikan proses rekonstruksi citra tomografi. Hasil simulasi menunjukkan semakin banyak proyeksi yang diambil, citra yang terekonstruksi semakin mendekati citra internal asli. Metode rekonstruksi proyeksi balik menghasilkan citra yang kabur. Untuk mengatasi masalah ini dilakukan filtering yang akan

dikembangkan lebih lanjut dalam simulasi Matlab ini

8. UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada saudara Suprihatin peneliti citra di Ilmu Komputer FMIPA UAD atas berbagai diskusi dan sarannya

9. REFERENSI

- [1]. Faridani A., 2003, "Introduction to the Mathematics of Computed Tomography", *MSRI Publications* Volume 47, 2003
- [2]. Mak S., 2003, "Study of Tomographic Reconstruction of Dense Point Particles", Final Report Project The University of Auckland School of Engineering
- [3]. Law W.W.L, 2003, "Package Software of Tomographic Reconstruction of Dense Point Particles", Final Report Project The University of Auckland School of Engineering
- [4]. Oliveira J.M, 2003, "Project, Construction and Test of a Mini Computerized Tomograph", *Brazilian Journal of Physics*, vol. 33, no. 2, June, 2003
- [5]. Sasono M., 2004, "Aspek Matematika dan Fisika dari Pencitraan Resonansi Magnetik", Master Thesis Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [6]. Suparta G.B, 1999, "Facussing Computed Tomography Scanner", Ph.D Thesis Monash University Australia