VISUALISASI GAMBAR BIOMEDIS TIGA DIMENSI DISERTAI APLIKASI SISTEM INFORMASI YANG INTERAKTIF

Yulia[1], Silvia Rostianingsih[2], Arif Wiratama P.[3]
[1,2]Dosen Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kristen Petra Surabaya
[3]Alumnus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kristen Petra Surabaya
E-mail: yulia@petra.ac.id , silvia@petra.ac.id

ABSTRAK: Kemajuan dunia penggambaran medikal untuk keperluan diagnosa telah mampu menghasilkan gambar beresolusi tinggi seperti CT (*Computed Tomography*) maupun MRI (*Magnetic Resonance Imaging*). Gambar-gambar tersebut memberikan informasi data tiga dimensi dari pasien yang disajikan dalam bentuk suatu set irisan gambar dua dimensi. Karena itu diperlukan aplikasi yang dapat menyajikan tumpukan gambar dua dimensi tersebut dalam suatu visualisasi tiga dimensi sehingga dapat membantu staf medis untuk memberikan diagnosa yang lebih akurat. Dalam penelitian ini telah dikembangkan suatu perangkat lunak yang dapat mentransformasikan kumpulan gambar medikal dua dimensi ke dalam suatu visualisasi tiga dimensi. Perangkat lunak tersebut juga diintegrasikan dengan suatu sistem informasi yang dapat memberikan detil gambar maupun informasi-informasi lain yang berkaitan dengan pasien.

Kata kunci: *computed tomography, magnetic resonance imaging,* visualisasi tiga dimensi.

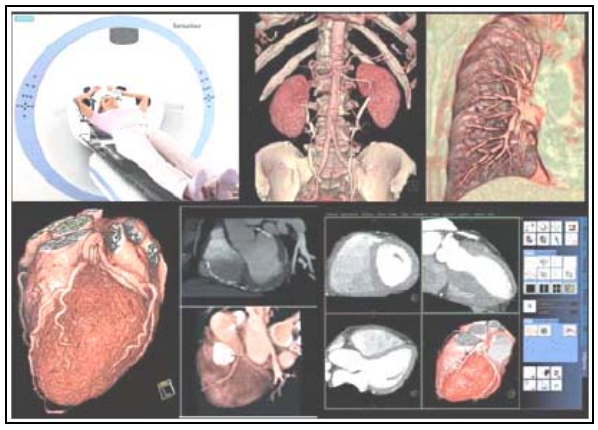
***ABSTRACT**: The medical imaging technologies for diagnostic purposes have increased significantly in the last three decades. This has been marked by the development of CT (Computed Tomography) and MRI (Magnetic Resonance Imaging) that can produce high resolution and high dimensionality images. Those images are presented as a set of two dimensional image sequences. In order to equip medical staff to better analyse the images, a visualization system is needed. In this research, a software that can transform the medical datasets into a three dimensional visualization has been developed. This software is also integrated with system information that can provide information regarding the images and also the patients.*

***Keywords**: computed tomography, magnetic resonance imaging, three dimensional visualization*

PENDAHULUAN

Dalam hanya tiga dekade terakhir, teknologi peralatan medis telah menggunakan *imaging sensor/scanner* yang menghasilkan gambar beresolusi tinggi seperti x-ray Computed Tomography (CT) dan Magnetic Resonance Imaging (MRI) yang sangat berguna untuk membantu mendiagnosa suatu penyakit sekaligus berperan dalam pelaksanaan *computer aided surgery*. Gambar 1 mengilustrasikan kemajuan teknologi dalam bidang gambar biomedis [11].

Banyaknya jenis sensor yang ada dalam bidang medis, atau yang disebut juga sebagai modalitas, memberikan kontribusi besar dalam menyajikan beragam jenis informasi yang diperlukan tim medis. Setiap modalitas tersebut memberikan hasil gambar yang berbeda dengan fitur-fitur tertentu, yang pada dasarnya dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu modalitas yang memberikan informasi struktural dan modalitas yang memberikan informasi fungsional [9].

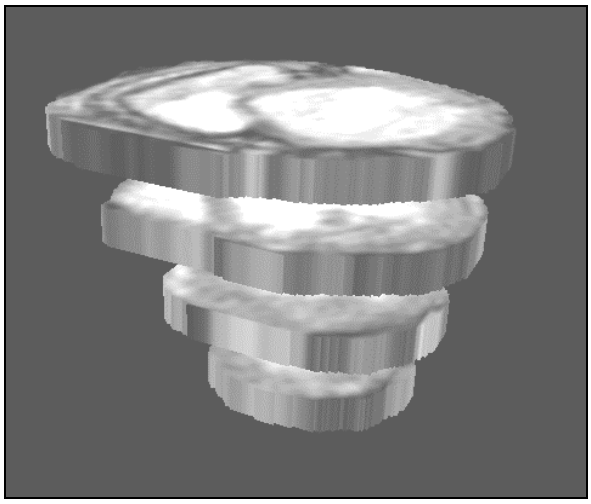


Gambar 1. Contoh Kemajuan Imaging System dalam Dunia Medis

Dengan kemajuan teknologi yang didorong oleh tuntutan untuk mendapatkan informasi yang selengkap-lengkapnya, kebanyakan modalitas saat ini telah menyediakan informasi gambar tiga dimensi (3D) bahkan gambar dinamik (disebut juga sebagai

Dibiayai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor: 007/SP2H/PP/DP2M/III/2007, tanggal 29 Maret 2007

4D) yang sangat detil. Gambar 3D umumnya berupa suatu kumpulan data gambar dua dimensi (2D) yang berupa irisan terurut dari sebuah volume (Gambar 2. Ilustrasi Potongan Gambar 2D yang Didapat dari Sebuah Volume 3D).



Gambar 2. Ilustrasi Potongan Gambar 2D yang Didapat dari Sebuah Volume 3D

Namun demikian, hasil kemajuan teknologi *imaging system* tersebut kurang dapat dimanfaatkan secara optimal apabila tidak disertai oleh suatu sistem penyajian tampilan yang baik dan akurat serta didukung oleh sistem informasi yang efektif dan interakti. Masih kurangnya suatu aplikasi yang terintegrasi dengan baik membuat para staf medis harus mempelajari kumpulan data gambar 2D dan melakukan intepretasi dari data satu per satu untuk kemudian membuat perkiraan parameter global secara manual [7]. Prosedur ini tentu saja kurang efektif.

Karena kebutuhan akan informasi yang dapat terbaca secara detil dan menyeluruh itulah diperlukan suatu aplikasi yang dapat mentransformasikan suatu kumpulan data gambar 2D ke dalam suatu visualisasi 3D yang mendekati bentuk aslinya sehingga dapat membantu para staf medis untuk mengintepretasikan informasi yang ada. Aplikasi ini juga harus didukung oleh interaksi manusia-komputer yang baik maupun sistem basis data yang efektif sehingga selain memberikan informasi mengenai detil gambar, aplikasi ini juga dapat memberikan informasi lain berkaitan dengan pasien yang bersangkutan.

MEDICAL IMAGING

Medical imaging, atau umumnya disebut radiologi, merupakan pengambilan gambar dari bagian tubuh manusia yang digunakan untuk keperluan medis. Dunia radiologi pada tiga dekade terakhir telah berkembang pesat dan mampu menghasilkan gambar beresolusi maupun berdimensional tinggi. Teknik baru ini melibatkan beberapa jenis *scanner*/pemindai yang berbeda, yang mampu merekonstruksi informasi tiga dimensi dari tubuh manusia dalam hitungan menit dan setiap pemindai yang berbeda akan memberikan informasi yang berbeda pula.

Computed Tomography (CT) atau juga dikenal dengan *Computer Assisted Tomography*/ *Computerized Axial Tomography* (CAT), merupakan salah satu teknologi medical imaging yang banyak digunakan saat ini. Untuk menghasilkan gambar CT, pasien dibaringkan di sebuah alas yang dapat bergerak sepanjang penyinaran sinar x yang dipancarkan dari tabung sinar x yang berputar mengelilingi tubuh pasien, kemudian sinar tersebut ditangkap oleh sensor/detektor. Hasil penangkapan sinar x oleh sensor tersebut kemudian direkonstruksikan menjadi rangkaian gambar irisan *axial* dua dimensi, yang tiap pixel dalam irisan-irisan tersebut memberikan informasi secara relatif seberapa banyak sinar x yang diserap oleh organ yang direpresentasikan oleh pixel tersebut. Dengan demikian CT merupakan suatu modalitas yang memberikan informasi anatomi atau struktural dari seorang pasien. Pemindai CT dapat menghasilkan lebih dari 100 irisan gambar berukuran 512 × 512 dengan ketebalan irisan sekitar 0.5 – 10 mm. Gambar 3 menyajikan contoh gambar CT. Setiap pixel memiliki *gray value* dari putih sekali (kepala panah) sampai hitam sekali (panah). R menyatakan bagian kanan dari pasien, sedangkan L menyatakan bagian kiri dari pasien. Pasien tersebut memiliki abses pada bagian hati (A).

Gambar 3. Gambar CT dari abdomen (perut). Sumber [1]

Magnetic Resonance Imaging (MRI), atau juga dikenal dengan Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

merupakan salah satu modalitas yang juga memberikan informasi anatomi/struktural dari pasien. Berbeda dengan CT yang menggunakan sinar x, MRI memberdayakan medan magnet dan gelombang radio untuk memperoleh informasi anatomi tubuh manusia. Resolusi sampling dari irisan MRI biasanya 512 × 512 atau 256 × 256 pixel dengan ketebalan 2-10 mm. Gambar 4 adalah contoh gambar MRI dari kepala manusia.

Gambar 4. Gambar MRI Kepala dengan Orientasi Sagittal. Sumber: Wikipedia

Kelebihan MRI dibanding dengan CT adalah MRI mampu menghasilkan gambar yang lebih jelas untuk *soft tissue* manusia, tidak mempunyai dampak radiasi bagi pasien, maupun dapat menghasilkan gambar dari berbagai orientasi (arah garis potong) seperti sagittal maupun coronal. Kekurangan MRI dibanding dengan CT adalah tidak adanya detil dari struktur tulang, waktu yang digunakan untuk scanning lebih lama, juga harga yang lebih mahal.

DCOM FILE

Format gambar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) adalah format standar yang digunakan untuk *medical imaging*. Selain berisi informasi untuk setiap pixel dalam sebuah gambar, format DICOM juga memuat informasi lain mengenai gambar, seperti jenis scanner yang dipakai, ketebalan irisan gambar, bit-depth; maupun data dari pasien yang bersangkutan, seperti nomor identitas pasien, jenis kelamin, dll. Informasi gambar dari format DICOM ini akan digunakan untuk visualisasi tiga dimensi sedangkan informasi mengenai pasien disimpan dalam suatu basis data yang terintegrasi dengan keseluruhan sistem untuk pengambilan data oleh staf medis.

SEGMENTASI

Seringkali dalam pemrosesan ataupun visualisasi gambar-gambar medikal, diperlukan ekstraksi dari suatu bagian tertentu dalam gambar tersebut. Bagian tertentu tersebut dikenal dengan sebutan Region of Interest (ROI) atau Volume of Interest (VOI). Proses ekstraksi ROI atau VOI itu juga disebut segmentasi gambar. Dalam aplikasi klinis, segmentasi gambar diperlukan untuk mengukur volume suatu penyakit seperti tumor, maupun untuk memeriksa struktur anatomi tubuh.

Salah satu metode dalam segmentasi gambar yang banyak digunakan adalah dengan memanfaatkan *edge detection*, yaitu mendeteksi garis tepi suatu bagian dalam gambar, karena umumnya garis tepi dari suatu bagian memiliki intensitas yang cukup berbeda dari intensitas pixel di sekitarnya. *Active contour*, atau *snake*, dapat digunakan untuk mendeteksi pinggiran suatu bagian dari gambar. Representasi matematis dari snake adalah sebagai berikut [6]:

$$E_{Snake} = \int_0^1 E_{\text{int}}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s))ds \quad (1)$$

di mana v(s) adalah kurva untuk mendeteksi pinggiran bagian dalam gambar. E_{int} adalah energi internal dari kurva yang mempertahankan kemulusan dari kurva tersebut dan dinyatakan sebagai:

$$E_{\text{int}} = \left(\alpha(s)\left|v_s(s)\right|^2 + \beta(s)\left|v_{ss}(s)\right|^2\right)/2 \quad (2)$$

E_{image} adalah energi eksternal yang menarik kurva mendekati pinggiran dari obyek. Gradien dari sebuah gambar dapat digunakan sebagai energi tersebut.

E_{con} adalah energi tambahan yang dapat ditambahkan oleh pengguna untuk menarik kurva ke suatu bagian gambar tertentu.

Salah satu kelemahan dari metode *edge detection* tersebut adalah diperlukannya inisialisasi kurva yang cukup dekat dengan pinggiran suatu obyek yang akan dideteksi.

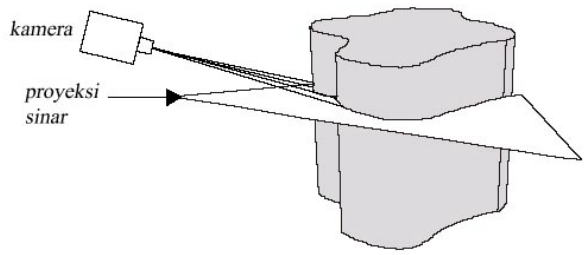
Metode lain yang tidak memerlukan inisialisasi kurva adalah dengan menggunakan *threshold*/batas [13] untuk mendapatkan suatu bagian/ obyek dari sebuah gambar. Metode ini dapat dijelaskan sebagai berikut: misalkan nilai intensitas suatu obyek yang akan disegmen berada pada selang $[t_{j1}, t_{j2}]$, maka berdasarkan gambar yang akan disegmen, akan dibuat gambar baru dengan pixel pi, di mana

$$p_i = \begin{cases} 1 & \text{jika } q_i \in [t_1, t_2] \\ 0 & \text{selainnya} \end{cases} \quad (3)$$

di mana q_i adalah nilai pixel index i pada gambar asli, dimana gambar yang digunakan adalah *grayscale*.

VISUALISASI GAMBAR

Visualisasi gambar biomedis melibatkan transformasi dan interaksi dengan kumpulan data gambar biomedis multi-dimensi. Untuk membahas hal ini lebih lanjut, perlu diberikan beberapa definisi [10] sebagai berikut: 3D Imaging–merupakan proses perolehan sampel digital dari obyek yang tersebar dalam ruang tiga dimensi. Istilah ini kemudian dibuat lebih umum sehingga juga mencakup tampilan dan analisa gambar 3D tersebut. Proses penggambaran 3D ini biasanya diperoleh dari kumpulan data gambar 2D yang berurutan. Prinsip pengambilan gambar tersebut adalah dengan memproyeksikan sinar vertikal kepada tubuh, kemudian sebuah kamera akan mengamati pergerakan sinar yang menyentuh permukaan tubuh [7] (Gambar 5).



Gambar 5. Proses Pengambilan Gambar 3D dengan Teknik Proyeksi Sinar

3D Visualization – umumnya menunjuk kepada transformasi dan tampilan obyek 3D sehingga dapat merepresentasikan keadaan alami dari obyek 3D tersebut. Namun demikian istilah visualisasi dalam bidang pengolahan citra juga meliputi manipulasi dan analisa informasi yang ditampilkan.

Ada beberapa metode yang digunakan oleh para peneliti dalam membuat tampilan obyek 3D, yang pada dasarnya dapat dikelompokkan dalam dua teknik: *surface rendering* dan *volume rendering* [10]. Kedua pendekatan tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan sehingga keputusan untuk menggunakan salah satu teknik biasanya tergantung pada sifat kumpulan data yang akan divisualisasikan maupun sifat dari aplikasi yang ingin dihasilkan.

Surface rendering umumnya memerlukan ekstraksi kontur yang merupakan permukaan suatu struktur yang akan divisualisasi dan kemudian direpresentasikan dalam bentuk rangkaian poligon. Algoritma pengubinan kemudian diaplikasikan untuk meletakkan kepingan-kepingan poligon pada setiap titik kontur sehingga menghasilkan tampilan permukaan. Keuntungan dari teknik ini adalah kemampuan untuk menghasilkan tampilan gambar dengan cepat untuk jumlah data kontur yang cukup kecil. Sedangkan kerugiannya adalah terletak pada pendiskritan pada saat mengekstrak kontur maupun menempatkan poligon pada permukaan, sehingga mengurangi akurasinya [8].

Volume rendering adalah salah satu teknik yang berkemampuan tinggi dalam visualisasi maupun manipulasi gambar [9, 10]. Pada teknik ini tidak diperlukan adanya diskritasi dari permukaan, sehingga keutuhan dari data gambar volume terjaga dengan baik. Itulah sebabnya teknik ini dapat menghasilkan tampilan dengan kualitas tinggi, walaupun tentu saja implikasinya adalah waktu komputasi yang cukup lama.

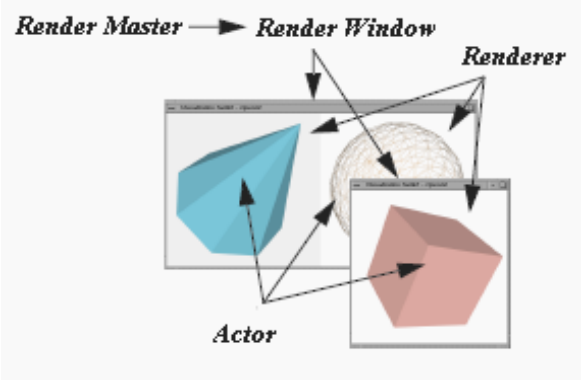
Visualization Toolkit

Visualization Toolkit (VTK) adalah *open source sistem library* C++ untuk komputer grafis tiga dimensi yang banyak digunakan para peneliti maupun pengembang perangkat lunak di dunia. VTK mempunyai dua bagian penting, yaitu model grafis, yang merupakan model abstrak untuk grafika tiga dimensi; dan model visualisasi, yang merupakan model aliran data untuk proses visualisasi [12].

Terdapat sembilan obyek dasar pada model grafis, yang diilhami oleh industri perfilman. Sembilan obyek tersebut adalah:

- Render Master: membuat window untuk rendering.
- Render Window: mengatur window pada tampilan.
- Renderer: mengkoordinasikan rendering untuk cahaya, kamera dan aktor.
- Camera: mendefinisikan titik pandang dan sifat-sifat kamera yang lain.
- Actor: obyek yang digambarkan oleh renderer pada sebuah scene.
- Property: menyatakan atribut yang direnderer oleh actor, termasuk warna, cahaya, tekstur, dll.
- Mapper: menyatakan definisi geometrik dari sebuah aktor dan memetakan obyek melalui lookup table.
- Transform: sebuah obyek yang terdiri dari matriks transformasi berukuran 4 × 4 dan metode untuk memodifikasi matriks tersebut, juga menentukan posisi dan orientasi dari actor, camera dan cahaya.

Gambar 6 mengilustrasikan kesembilan obyek tersebut.

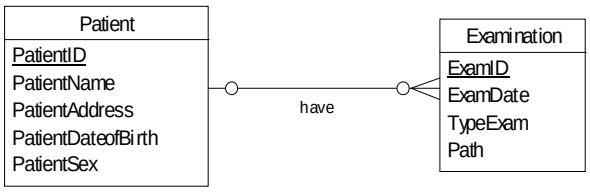


Gambar 6. Model Grafis [13]

Model visualisasi terdiri dari dua obyek dasar: obyek proses dan obyek data. Proses obyek merupakan modul atau bagian algoritma dari jaringan visualisasi, yang dapat diklasikfikasikan sebagai salah satu dari source, filter dan mapper. Source meng-inisialisasi jaringan dan menghasilkan satu atau lebih data output, filter memerlukan satu atau lebih input dan menghasilkan satu atau lebih output, mapper yang memerlukan satu atau lebih input akan mengakhiri jaringan. Sedangkan obyek data merepresentasikan dan memungkinkan operasi pada data yang mengalir melalui jaringan tersebut.

DESAIN SISTEM INFORMASI

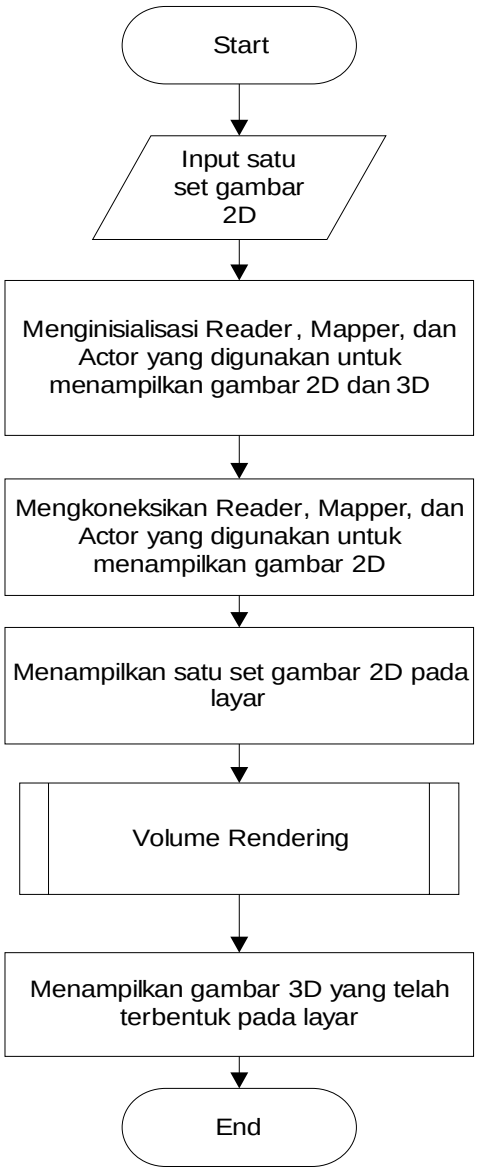
Tabel yang digunakan ada dua yaitu tabel untuk menyimpan data pasien dan tabel untuk menyimpan hasil pemeriksaan. Desain basis data dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. ER-Diagram Sistem Informasi Pasien

DESAIN PROGRAM VISUALISASI

Pertama-tama sistem akan menerima masukan berupa satu seri gambar 2D, dapat berupa gambar CT maupun MRI. Pada setiap gambar 2D, dilakukan segmentasi gambar untuk mendapatkan bagian-bagian penting dari gambar tersebut. Setelah segmentasi dilakukan, model jala 3D kemudian dibuat, meng-gunakan teknik *rendering*. Gambar 8 menunjukkan alur prosedur yang akan dilakukan untuk membuat visualisasi dari satu seri gambar 2D menjadi bentuk 3D.

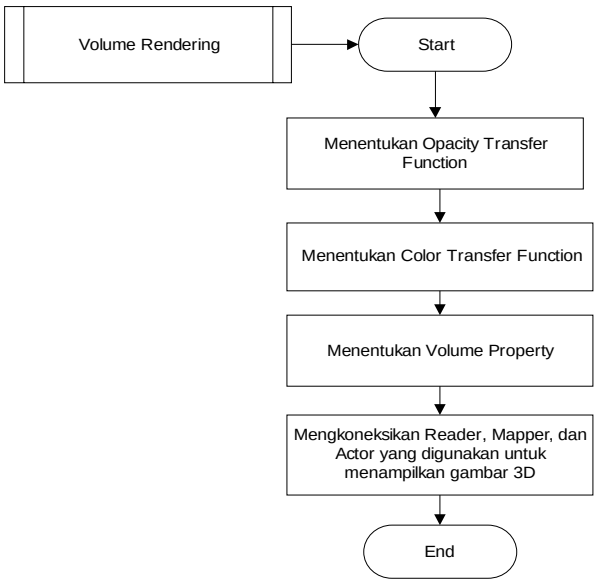


Gambar 8. Flowchart Proses Visualisasi Gambar 3D secara Garis Besar

Keterangan:

- *Input file* berupa satu set gambar 2D yang terdapat dalam satu *folder* yang sama. Satu set gambar 2D ini akan di-*load* dan ditampilkan layar.
- *Reader*, *Mapper*, dan *Actor* adalah istilah-istilah yang dipakai pada *library* VTK yang berhubungan dengan proses visualisasi gambar.
- *Volume Rendering* adalah tahap di mana dilakukan proses untuk merekonstruksi satu set gambar 2D menjadi 3D. Pada tahap ini satu set gambar 2D akan direkonstruksi menjadi gambar 3D. Pertama-tama, satu set gambar 2D tersebut akan ditumpuk sesuai dengan urutannya. Dari volume awal yang terbentuk akan dilakukan proses segmentasi untuk memperoleh hasil visualisasi gambar 3D yang

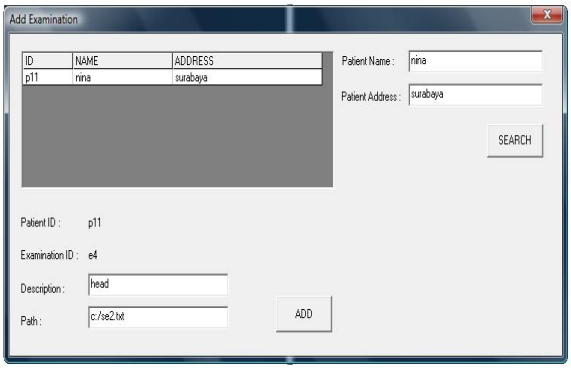
mendekati bentuk aslinya. Proses segmentasi ini dilakukan dengan menentukan *Opacity Transfer Function* dan *Color Transfer Function*. *Opacity Transfer Function* mendefinisikan nilai *opacity* atau ketransparanan dari tiap *voxel* yang ada pada volume yang terbentuk. Sedangkan *Color Transfer Function* mendefinisikan nilai RGB dari tiap *voxel* yang ada pada volume yang terbentuk. Setelah itu baru ditentukan properti-properti lain dari volume yang diinginkan. Langkah terakhir adalah mengkoneksikan *Reader*, *Mapper*, dan *Actor* sehingga volume yang terbentuk bisa ditampilkan di layar. Diagram alir proses *volume rendering* ini bisa dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Proses Volume Rendering

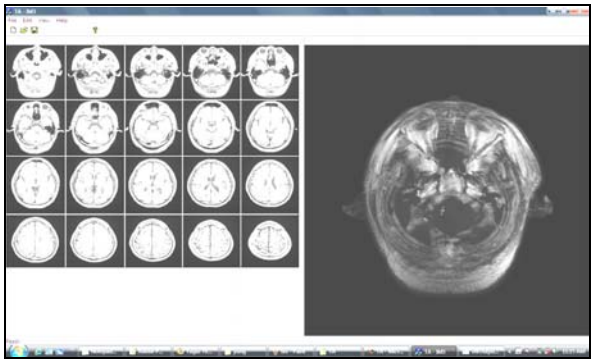
HASIL

Berikut ini adalah hasil program aplikasi. Berikut ini adalah hasil program aplikasi. Pada awal, sistem informasi tentang data pasien beserta data bio medisnya akan tampil (Gambar 10).



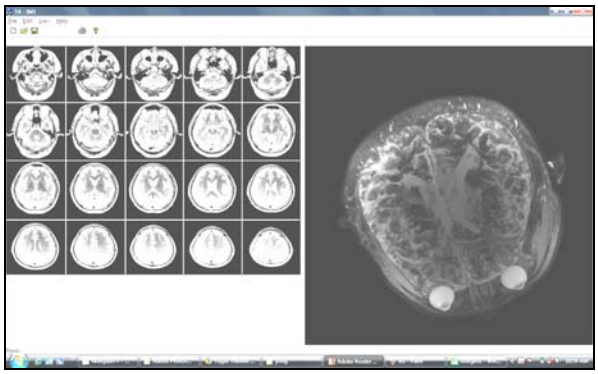
Gambar 10. Form Add Examination

Apabila ditekan tombol *search* maka akan dibuka sebuah *directory* yang menyimpan kumpulan data gambar DCOM. Setelah itu program akan menampilkan semua gambar 2D di layar bagian kiri dan menampilkan hasil visualisasi gambar 2D ke 3D di layar bagian kanan seperti tampak pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Hasil Visualisasi

Gambar 12 menampilkan visualisasi gambar setelah gambar 3D diputar.



Gambar 12. Tampilan Hasil Visualisasi setelah Gambar 3D diputar

KESIMPULAN

Penggunaan teknologi penggambaran medikal seperti gambar CT (Computed Tomography) maupun gambar MRI (Magnetic Resonance Imaging) dapat ditingkatkan dengan adanya peran serta teknologi informasi maupun perangkat lunak. Dalam proyek ini telah dikembangkan perangkat lunak yang dapat membantu visualisasi gambar-gambar tersebut dalam tiga dimensi, maupun menyajikan sistem informasi yang berkaitan dengan pasien bersangkutan yang diambil gambarnya. Dengan adanya perangkat lunak tersebut, staf medis akan lebih mudah mendapatkan informasi gambar dalam bentuk tiga dimensi yang berguna untuk meningkatkan diagnosa penyakit ataupun perawatan. Fasilitas sistem informasi dalam perangkat lunak tersebut juga membantu staf medis untuk lebih mudah mendapatkan informasi yang berkaitan dengan gambar yang sedang dianalisa.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brant, W. and C. Helms. *Fundamentals of Diagnostic Radiology*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
2. Buxton, B., L. Dekker, et al. "Reconstruction and Interpretation of 3D Whole Body Surface Images." *Scanning 2000 Proceedings*. 2000.
3. Cabral, B., N. Cam, et al. "Accelerated Volume Rendering and Tomographic Reconstruction Using Texture Mapping Hardware." *Proceedings 1994, ACM/IEEE Symposium on Volume Visualization*, 1994.
4. Drebin, R., L. Carpenter, et al.. "Volume Rendering." *SIGGRAPH '88*: 1988, 665-674.
5. Hohne, K. H., M. Bomans, et al. "Rendering Tomographic Volume Data: Adequacy of Methods for Different Modalities and Organs." *3-D Imaging in Medicine* F60: 1990, 197-215.
6. Kass, M., A. Witkin, et al. "Snakes: Active Contour Models." *International Journal of Computer Vision* 1: 1988, 321-331.
7. Kim, M. H., Y.-B. Lee, et al. "Advanced Medical Image Visualization and Analysis Systems for Diagnosis and Treatment Planning." *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*. 2004.
8. Levoy, M. "Display of Surfaces from Volume Data." I*EEE Computer Graphics and Applications* 8(5): 1988, 29-37.
9. Maintz, J. B. A. and M. A. Viergever. "A survey of Medical Image Registration." *Medical Image Analysis* 2: 1998, 1-37.
10. Robb, R. A. 3-Dimensional Visualization in Medicine and Biology. *Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis*. I. N. Bankman. San Diego, Academic Press: 2000, 685-712.
11. Robb, R. A. "Biomedical Imaging: Past, Present and Predictions." *Journal of Medical Imaging Technology* 24(1): 2006, 25-37.
12. Schroeder, W. J., K. M. Martin, et al. *The Design and Implementation of an Object-Oriented Toolkit for 3D Graphics and Visualization*. IEEE Visualization '96. 1996.
13. R.C.Gonzales, R.E.Woods. *Digital Image Processing-Second Edition*. Prentice Hall. 2002.