

## SISTEM TOMOGRAFI KOMPUTER DENGAN EMISI SINAR GAMMA UNTUK APLIKASI LABORATORIUM

Komang Gde Suastika<sup>1)</sup>, Suhariningsih<sup>2)</sup> dan Kusminarto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Pendidikan Fisika FKIP Universitas Palangkaraya,

<sup>2)</sup>Jurusan Fisika F.SAINTEK Universitas Airlangga Surabaya dan

<sup>3)</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

### ABSTRAK

Telah dikembangkan Sistem Tomografi Komputer (TK) dengan emisi sinar gamma untuk aplikasi laboratorium.

Sistem TK yang dikembangkan adalah sistem TK translasi-rotasi yang menggunakan emisi radiasi gamma dari radiofarmaka I-131. Pada konfigurasi bahan uji *phantom*, dilakukan proses pemayaran TK diikuti dengan proses rekonstruksi citra TK.

Obyek uji berupa *phantom* berbentuk tabung berdiameter 45 mm dan dibagian tertentu dari tabung tersebut terdapat lubang dengan diameter 25 mm yang diisi dengan air mengandung radiofarmaka I-131. Bahan uji *phantom* terbuat dari bahan *plexsiglass*. Hasil penelitian berupa sinogram TK emisi yang diperoleh kemudian dilakukan rekonstruksi untuk mendapatkan citra TK emisi yang merupakan citra bayangan distribusi radiofarmaka I-131 didalam obyek uji *phantom*.

**Kata-kata kunci:** *sistem TK, emisi sinar gamma, radiofarmaka I-131.*

### PENDAHULUAN

Tomografi berasal dari kata dalam bahasa Yunani "tomos" yang artinya *to cut* (bahasa Inggris) atau memotong (bahasa Indonesia), sedangkan "grafi" yang artinya gambar. Tomografi adalah teknik untuk menghasilkan citra tampang lintang atau struktur internal suatu obyek dengan memanfaatkan radiasi foton gamma yang dapat menembus obyek dan dianalisa oleh suatu sistem deteksi. (Suparta, 1999; Warsito, 2005).

Dalam terminologi fisika, citra dapat didefinisikan sebagai representasi distribusi suatu besaran fisis atau kombinasi dari besaran fisis suatu obyek ( Kouris *et.al*, 1982). Lebih lanjut Morgan (1983) mengatakan bahwa konsep yang mendasari teknik tomografi adalah kemampuan untuk merekonstruksi struktur tampang internal obyek dari proyeksi berkas terkolidasi yang melaluinya.

Sistem tomografi terdiri dari beberapa komponen pokok diantaranya sumber radiasi, obyek, detektor dan sistem akuisisi data. Penggunaan komputer dalam proses akuisisi data, proses rekonstruksi citra hingga penayangan dan pengolahan citra sangat dominan pada sistem tomografi modern, sehingga secara umum teknik ini dikenal sebagai teknik (Tomografi Komputer, TK).

Ide dasar dari pencitraan tomografi dimulai ketika Radon (1917) memberikan formulasi matematik untuk merekonstruksi sebuah fungsi dua dimensi dari sejumlah integral garis fungsi tersebut dalam bidang dua dimensi yang selanjutnya dikenal sebagai transformasi Radon. Penerapan dari konsep rekonstruksi ini kemudian digunakan beberapa ahli seperti Bracewell (1956) untuk merekonstruksi citra emisi gelombang mikro dari permukaan matahari, Cormack (1963) yang mempelajari rekonstruksi citra menggunakan data pengukuran transmisi sinar gamma melalui sebuah silinder aluminium, hingga akhirnya Hounsfield (1972) yang sukses mengimplementasikan idenya membentuk apa yang dikenal dengan TK modern. TK saat ini mengharuskan proses akuisisi data yang efisien, interpretasi hasil pemayaran serta citra yang akurat sehingga dapat menampilkan karakteristik bagian obyek secara cermat. Proses tersebut sangat tergantung pada fasilitas pendukungnya seperti sumber radiasi, sistem akuisisi data, sistem komputer dan perangkat lunak pendukungnya.

Berdasarkan letak sumber radiasi dalam pengambilan data, TK secara garis besar terbagi menjadi dua bagian yaitu TK transmisi dan TK emisi. TK transmisi menggunakan sebuah sumber radiasi eksternal dimana citra yang dihasilkan merupakan distribusi koefisien serapan linier obyek. Teknik ini biasa disebut CT Scan (*Computed Tomography Scanner*). TK emisi menggunakan sumber radiasi di dalam obyek yang diteliti dan menghasilkan citra yang menggambarkan distribusi bahan/unsur radioaktif dalam objek uji *phantom*, termasuk dalam katagori ini adalah SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) dan PET (*Positron-Emission Tomography*).

Pada sistem TK emisi, objek uji yang diselidiki adalah yang mengandung bahan radioaktif dan memancarkan radiasi gamma. Untuk memperoleh citra tampang distribusi bahan/unsur radioaktif di dalam objek, diperlukan data cacah radiasi gamma dari berbagai sudut arah sebidang dengan tampang objek yang dikehendaki. Beberapa pendekatan matematis telah digunakan untuk proses rekonstruksi citra. Brooks dan Di Chiro (1976) menyatakan bahwa metode rekonstruksi citra secara garis besar terbagi atas tiga bagian yaitu metode proyeksi balik langsung, metode iterasi dan metode analitik. Proses metode proyeksi balik langsung umumnya dipakai terutama setelah dimodifikasi menjadi metode konvolusi (*summation convolution filtered back projection, SCFBP*) karena prosesnya relatif cepat. Dengan menggunakan program rekonstruksi SCFBP diperoleh gambar distribusi bahan radioaktif di dalam obyek tersebut.

## METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem TK translasi rotasi meliputi sistem deteksi menggunakan detektor sintilasi NaI(Tl) BICRON model 212/2P seri BT 778 dan berbasis penguat awal (*pre-amplifier*) CANBERRA model 20072 seri 117830, penguat (*amplifier*) dan penganalisa salur tunggal (*Single Channel Analyzer, SCA*) yang terangkai dalam sistem spektrometer gamaspektra dan program pemayaran objek uji phantom buatan Grup Riset Fisika Citra (GRFC) FMIPA Universitas Gadjah Mada.

Pada penelitian ini juga digunakan perangkat mekanik pemayar hasil penelitian kerjasama antar perguruan tinggi (PEKERTI) antara UGM dengan Universitas Palangkaraya (Suastika, 2007; Suastika, 2008), osiloskop KENWOOD 20 MHz CS-4125 dan *Notebook* untuk proses akuisisi data, proses rekonstruksi citra hingga penayangan dan pengolahan citra.

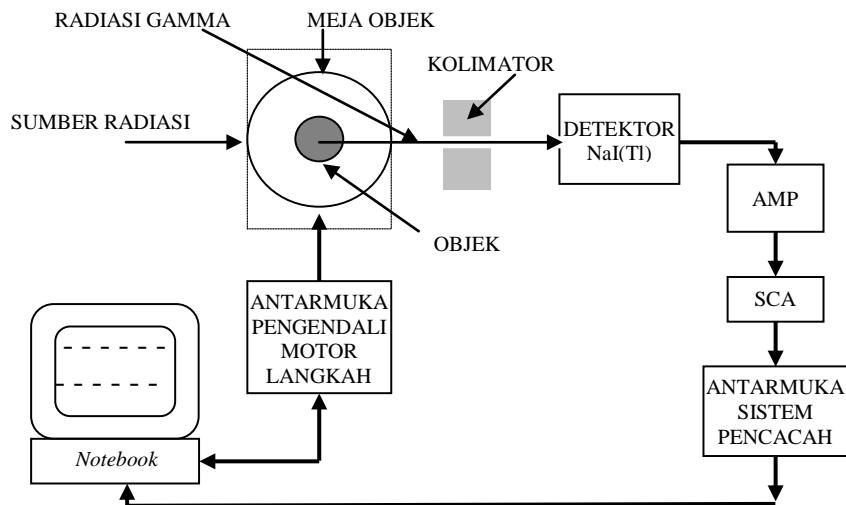
Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sumber radiasi internal yang dimasukkan ke dalam obyek uji (*phantom*) yaitu radiofarmaka yang digunakan untuk emisi adalah radioisotop *Iodine* 131 ( $I^{131}$ ) yang memancarkan radiasi gamma berenergi 364,5 keV dengan waktu paruh pendek ( $T_{1/2} = 8,04$  hari). Bahan sampel objek uji *phantom* terbuat dari bahan *plexiglass*, Polymethylmethacrylate (PMMA) merupakan nama kimia dari *acrylates* atau *plexiglass*. *Plexiglass* termasuk jenis plastik yang merupakan salah satu bahan untuk pembuatan *phantom* yang digunakan pada bidang kedokteran.

Dalam teori tomografi, data proyeksi hasil pemayaran objek uji diperoleh dengan menggeser detektor dengan jarak geser tetap (per *step*) yang mencakup bidang objek yang dikehendaki. Pergeseran detektor diulangi untuk sudut yang lain hingga mencakup  $360^\circ$  (Dhani, 1989).

Dalam eksperimen ini, untuk menyederhanakan pelaksanaannya, situasinya dibalik, yaitu letak detektor dibuat tetap dan objeknya yang digeser dan diputar. *Setup* eksperimen ditunjukkan pada Gambar 1.

Detektor disungkup dengan timbal untuk menahan radiasi lingkungan, kemudian dibuat lubang sempit (kolimator) di muka detektor sehingga diharapkan hanya radiasi gamma yang datangnya lurus dari objek saja yang dicacah. Objek dapat bergerak translasi dan rotasi yang dapat dikontrol oleh komputer. SCA memilih jendela tinggi pulsa dari penguat (*amplifier*) selebar tenaga gamma yang dikehendaki.

Komputer disamping mengontrol gerakan translasi-rotasi dari objek, juga mengontrol pengambilan data cacahan radiasi dalam selang waktu tertentu yang sinkrun dengan gerakan objek. Pemayaran mula-mula dilakukan secara translasi sehingga detektor dapat menyapu seluruh bidang, lalu diikuti dengan gerakan rotasi dan melakukan pengulangan langkah translasi untuk menyapu bidang yang sama dari arah sudut yang lain hingga mencakup rotasi  $360^\circ$ .



**Gambar 1.** Setup eksperimen yang digunakan dalam percobaan tomografi dengan emisi radiasi gamma untuk aplikasi laboratorium

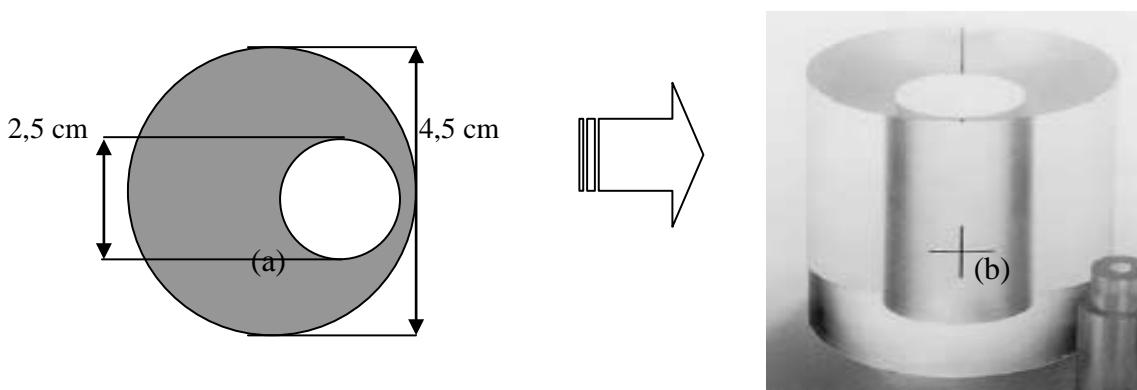
Pemayaran objek uji *phantom* dilakukan dengan mencuplik intensitas radiasi, yang kemudian disebut *ray-sum*, dan mengambil jendela energi I-131. Resolusi spasial yang digunakan dalam eksperimen ini adalah resolusi medium dengan 63 jumlah *ray-sum* dan 100 data proyeksi dari berbagai sudut rotasi. Setelah proses pemayaran obyek uji *phantom* selesai dilakukan, diperoleh data yang disebut sinogram TK emisi. Sinogram yang diperoleh berukuran 100 proyeksi dan 63 *ray-sum* per proyeksi.

Setelah data sinogram diperoleh, selanjutnya dilakukan proses rekonstruksi menggunakan program komputer *CT-Imager* yang telah dikembangkan di Laboratorium Fisika Citra FMIPA UGM. Dengan metode rekonstruksi SCFBP dilakukan rekonstruksi citra dan metode ini banyak dipakai pada sistem *CT Scanner* dibidang medik (ASTM, 1997). Citra hasil rekonstruksi dari distribusi bahan/unsur radioaktif di dalam objek dapat ditampilkan dalam dua dimensi.

## HASIL PENELITIAN

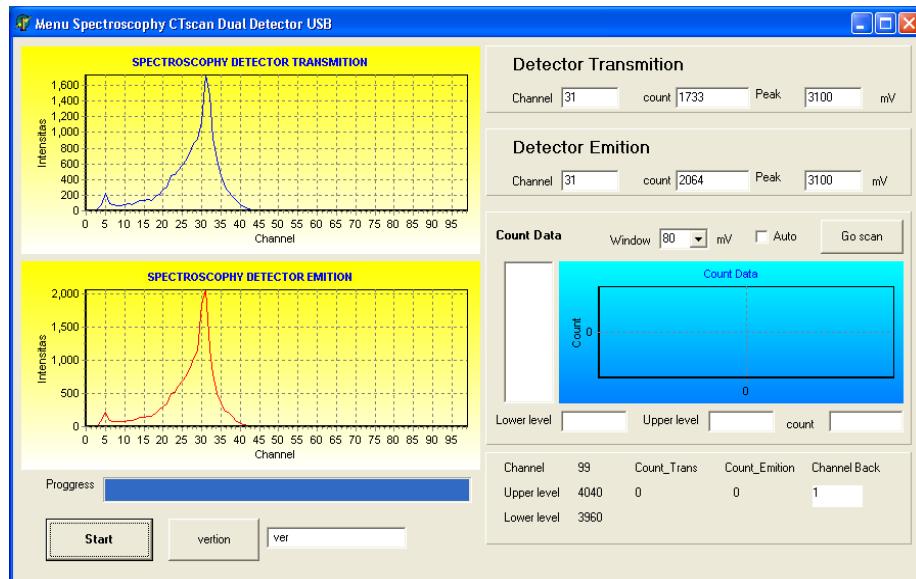
Objek uji berupa tabung dan di dalam lubang diisi air mengandung zat radioaktif I-131 dengan aktivitas 0,4 mCi yang memancarkan radiasi gamma 364,5 keV dan waktu paruh pendek ( $T_{1/2} = 8,04$  hari). Dengan menggunakan detektor NaI(Tl) tampak puncak energi I-131 berada pada kanal 31 dengan jumlah cacaht maksimum 2064.

Bahan uji *phantom* ditunjukkan pada Gambar 2. *Panthom* dari bahan *polypropylene* padat berukuran diameter 4,5 cm dengan 1 lubang berdiameter 2,5 cm.

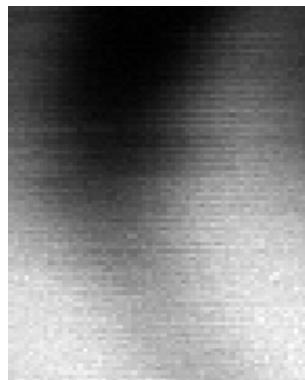


**Gambar 2.(a)** Tampang lintang. **(b)** Objek uji *phantom*.

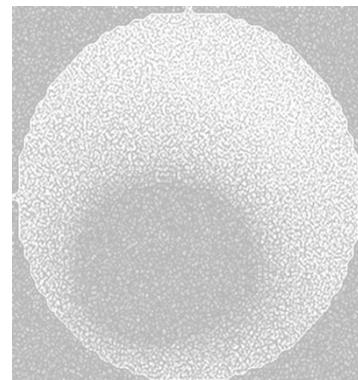
Dengan membuka lebar window 80 mV, tampilan hasil spektroskopi dari sumber radiasi I-131 ditunjukkan pada Gambar 3. Dengan menggunakan kanal energi I-131 pada proses pemayaran objek uji *phantom* diperoleh data sinogram TK emisi seperti ditampilkan pada Gambar 4. Dari data sinogram tersebut dilakukan proses rekonstruksi citra. Citra hasil rekonstruksi dari distribusi bahan/unsur radioaktif di dalam objek dapat ditampilkan dalam dua dimensi seperti tampak pada Gambar 5.



**Gambar 3.** Spektrum energi I-131 *gain* 1 volt



**Gambar 4** Sinogram TK emisi



**Gambar 5** Citra TK emisi

Hasil pencuplikan data pada rekonstruksi citra dengan menggunakan *CT-Imager*, diperoleh untuk diameter phantom = 63 piksel, sehingga dapat dihitung : 63 piksel = 45 mm sehingga 1 piksel = 0,7 mm.

Hasil pencuplikan diameter lubang *phantom* = 36 piksel, sehingga : diameter lubang *phantom* = 36 piksel = 36 x 0,7 mm = 25,2 mm. Sehingga hasil pengukuran diameter lubang tempat sumber radiasi adalah :  $(25 \pm 0,2)$  mm yang sangat sesuai dengan ukuran nyata objek uji (25 mm).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem tomografi emisi sinar gamma untuk aplikasi laboratorium dapat menghasilkan data sinogram TK emisi dan citra hasil rekonstruksi dari distribusi bahan/unsur radioaktif di dalam objek uji *phantom*. Volum bahan/unsur radioaktif di dalam objek uji *phantom* dapat ditunjukkan secara jelas pada citra hasil rekonstruksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1997. E 1441-97 Standard Guide for CT Imaging, *Anual Book of ASTM Standards*, United State of America.
- Bracewell, R.N., 1956, Strip integration in radio Astronomy, *Australian J. Phys.* 9,198.
- Brook, R.A. and G. Di Chiro, 1976, Principles of Computer Assisted Tomography (CAT) in Radiographic and Radioisotopic Imaging, *Phys.Med.Biol.* 21(5).
- Cormack, A.M., 1963, Representation of a function by its line integrals with some radiological physics, *Journal of Applied Physics* 34: 2722-2727
- Dhani A., 1989. Gamma Ray Emission Tomography and Angular Correlation Measurement to Study the Distribution and Binding Site of Selenium, *Phd Thesis*, University of Surrey.
- Hounsfield, G.N., 1972, A Method of an Apparatus for the Examination of a Body by Radiation such as X-ray or Gamma Radiation, *British Patent Number* 1283915.
- Kouris, K., N.M. Spyrou and D.F. Jackson, 1982, *Imaging with ionizing radiations*, Surrey University Press, Guildford, UK.
- Kunto Wiharto, 2003, Pemanfaatan Hasil Litbang BATAN Dalam Bidang Kesehatan, *Buletin Alara*, Vol.5 No.1, Agustus 2003, 9-14.
- Morgan, C.L., 1983, *Basic Principles of Computed Tomography*, University Park Press, Baltimore.
- Radon, J., 1917, *Berichte Saecsische Akademie der Wissenschaften*, 69, 262, reprinted in S.R. Deans, 1983, *The Radon Transform and Some of Its Applications*, Wiley, New York, 204-217.
- Suastika, Suparta G.B., 2007, Aplication of Computed Tomography on Quality Identification of Amethyst Gem, *Prosiding International Conference and Workshop Basic and Applied Sciences*, Surabaya, 6-7 Agustus 2007.
- Suastika, G. B. Suparta, Kusminarto, Gunarjo, dan Suhartono, 2008. Analisis Kualitas Batuan Dasar Batu Mulia, *Prosiding 22<sup>nd</sup> National Physics Symposium and International Conference on Advance Materials for Energy*, Gorontalo, 14-16 Oktober 2008.
- Suparta, G.B., 1999, Focussing Computed Tomography, *Ph.D. Thesis*, Monash University, Victoria Australia.
- Warsito, 2005, Review: Komputasi Tomografi dan Aplikasinya dalam Proses Indusdri, *Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi*.