

ANALISIS PROSES PENGAMBILAN DATA PADA REKONSTRUKSI KOORDINAT UNTUK *TREATMENT PLANNING SYSTEM* (TPS) BRAKITERAPI KANKER SERVIK

Achmad Suntoro
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN
Kawasan Puspiptek Gd.71, Lt.2 Serpong

ABSTRAK

ANALISIS PROSES PENGAMBILAN DATA PADA REKONSTRUKSI KOORDINAT UNTUK *TREATMENT PLANNING SYSTEM* (TPS) BRAKITERAPI KANKER SERVIK. Telah dilakukan analisis proses pengambilan data pada rekonstruksi koordinat untuk *Treatment Planning System* (TPS) brakiterapi kanker servik. Analisis ini dilakukan untuk evaluasi atas disain konsep algoritma rekonstruksi koordinat dalam proses TPS brakiterapi yang telah dibuat. Dalam makalah ini titik berat analisis pada proses pengambilan data melalui dua foto proyeksi menggunakan sinar-X, posisi sumber sinar-X, sistem koordinat, dan transformasi ukuran menjadi obyek dalam analisis. Dari analisis disimpulkan bahwa posisi sumber sinar-X tidak harus ortogonal dan isosentris, perlu koreksi dengan teknik rotasi untuk kemungkinan kesalahan dalam proses transmisi data melalui alat-pemindai, dan transformasi ukuran bisa dilakukan dengan hanya melihat ukuran di awal dan di akhir proses dalam pengambilan data.

Kata kunci: pengambilan data, koordinat, proyeksi sinar-X, posisi sinar-X, transformasi ukuran.

ABSTRACT

AN ANALYSIS OF DATA ACQUISITION PROCESS ON THE COORDINATE RECONSTRUCTION FOR *TREATMENT PLANNING SYSTEM* (TPS) OF CERVIX CANCER BRACHYTHERAPY. An analysis of data acquisition process on the coordinate reconstruction for *Treatment Planning System* (TPS) of cervix cancer brachytherapy has been conducted. The analysis is implemented to evaluate a conceptual design of a reconstruction coordinate algorithm in the TPS of cancer cervix brachytherapy that has been developed. The analysis in this paper is emphasized on its data acquisition processes which are taken through two-image projections of X-ray. The X-ray source positions, coordinate systems, and values transformation become the object of the analysis. The results of the analysis show that the X-ray source positions are not necessary orthogonal and isocentric, data transmission through the scanner need to be corrected by rotation, and the values transformation can be calculated by considering its original value and its final value in the acquisition data process.

Keywords: Data acquisition, coordinate, X-ray projection, X-ray position, value transformation.

1. PENDAHULUAN

Proses brakiterapi kanker servik menggunakan sebuah aplikator yang dimasukkan ke tubuh pasien. Aplikator adalah tempat sementara dimana sumber radioaktif dari tempat penyimpanannya dipindahkan selama terapi berlangsung ke aplikator tersebut. Oleh karena itu tempat kedudukan dari aplikator ketika digunakan dalam terapi relatif terhadap tubuh pasien harus diketahui. Dua foto proyeksi sinar-X digunakan untuk rekonstruksi tempat kedudukan tersebut.

Treatment Planning System (TPS) adalah bagian dari urutan proses radioterapi dimana kegiatan TPS tersebut harus dilakukan terlebih dahulu sebelum proses terapi dijalankan. Pada prinsipnya, salah satu tugas utama program TPS brakiterapi adalah membuat kurva isodosi dari sumber yang terletak di dalam aplikator. Kurva dibentuk

menggunakan komputer (pada layar komputer) dengan posisi ketika aplikator tersebut sedang digunakan dalam terapi. Oleh karena itu koordinat aplikator ketika pada posisi terapi harus diketahui relatif terhadap tubuh pasien dan sumbu koordinat yang ditetapkan. Kurva ini akan digunakan oleh tim medis untuk membuat analisis sebelum proses terapi dilakukan. Sebuah konsep algoritma sedang dikembangkan untuk program TPS tersebut yang meliputi pengambilan data untuk proses rekonstruksi, pembentukan dosis-matriks, transformasi geometri dosis matriks, dan program isodosi beserta atributnya untuk keperluan medis.

Dalam makalah ini analisis proses pengambilan data (koordinat aplikator) untuk keperluan pembuatan dosis-matriks dibahas. Data aplikator yang perlu diketahui untuk pembuatan dosis matriks adalah tempat kedudukan aplikator yang merupakan tempat kedudukan sumber radioaktif yang digunakan dalam terapi. Titik-titik perwakilan dari aplikator ditentukan sehingga dengan titik-titik tersebut tempat kedudukan aplikator dapat direkonstruksi. Dua foto proyeksi sinar-X digunakan untuk proses menemukan titik-titik perwakilan tersebut. Detail infrastruktur proses pengambilan data melalui sinar-X adalah materi yang akan dianalisis.

2. TATA KERJA

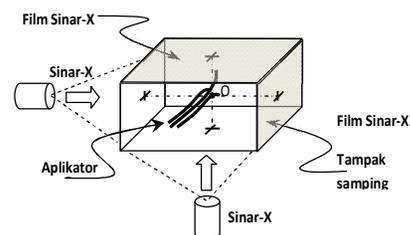
Foto proyeksi tampak atas dan samping seperti pada Gambar 1.a dan 1.b dilakukan untuk proses rekonstruksi koordinat aplikator brakiterapi kanker serviks. Aplikator berada di tubuh pasien ketika diambil fotonya seperti pada Gambar 1.c (gambar pasien tidak diperlihatkan). Dari proses ini akan diperoleh data proyeksi posisi aplikator pada posisi terapi. Foto hasil proyeksi merupakan data masukan yang akan dibaca oleh komputer melalui file elektronik (*soft-file*). Selain itu, data dari *user interactive* diperlukan yaitu dengan cara *click* pada lokasi foto proyeksi di layar komputer terhadap file yang telah dibaca dan ditampilkan oleh komputer tersebut.



(a). Proyeksi tampak atas^[1].



(b). Proyeksi tampak samping^[1].



(c). Proses pengambilan foto proyeksi menggunakan sinar-X

Gambar 1. Pengambilan proyeksi aplikator tampak atas dan samping menggunakan sinar-X.

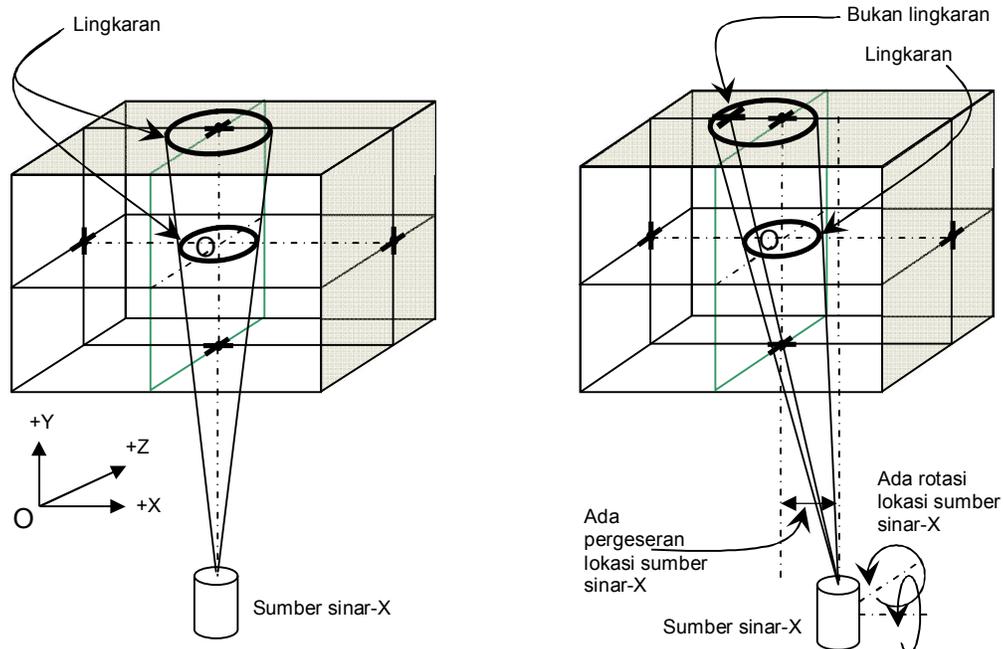
Proses pengambilan proyeksi menggunakan sinar-X tersebut pada sistem TPS yang umum digunakan di rumah sakit menggunakan C-arm atau O-frame, sehingga hasil proyeksi orthogonal dan isosentris dapat diperoleh. Namun demikian, dalam program TPS yang dikembangkan ini, proyeksi orthogonal isosentris tidak diharuskan. Sehingga C-arm atau O-frame tidak diperlukan, sebagai penggantinya adalah kotak rekonstruksi yang ukurannya diketahui^[2]. Hal penting dalam pengambilan proyeksi tersebut adalah bahwa aplikator dapat tertangkap secara lengkap di film yang disediakan baik tampak atas dan samping sehingga rekonstruksi koordinat dapat dilaksanakan^[3].

Proses pemindaian adalah menempatkan foto proyeksi pada alat pemindai, dan proses ini adalah proses transmisi data pada sistem pengambilan data dalam konsep algoritma yang dikembangkan ini. Posisi ketika meletakkan foto proyeksi pada alat pemindai harus tepat sehingga hasil pemindaian akan sesuai atau mewakili foto proyeksi yang di pindai.

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 POSISI SUMBER SINAR-X

Kontour bagian dalam tubuh pasien yang terbentuk dari foto sinar-X dapat juga digunakan untuk menentukan batasan sasaran yang menjadi obyek penyinaran ketika terapi. Namun demikian faktor perbesaran citra proyeksi tampak atas dan samping yang berbeda harus diperhitungkan. Kontour berbentuk lingkaran akan diproyeksikan pada foto sinar-X bukan lingkaran seperti ditunjukkan pada Gambar 2.b karena faktor perbesaran yang tidak sama. Faktor perbesaran akan sama jika sumber sinar-X berposisi orthogonal terhadap kotak rekonstruksi seperti pada Gambar 2.a, sehingga kontour berbentuk lingkaran akan diproyeksikan pada foto sinar-X berbentuk lingkaran (tidak ada perubahan bentuk). Foto sinar-X kurang tepat digunakan untuk menentukan kontour target terapi kecuali jika pesawat sinar-X dilengkapi dengan perangkat C-arm (proyeksi orthogonal dan isocentris).



a. Posisi sumber sinar-X orthogonal

b. Posisi sumber sinar-X tidak orthogonal

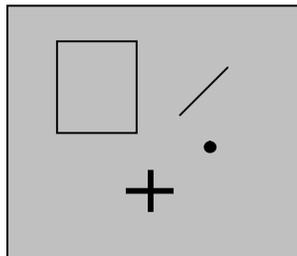
Gambar 2. Pengaruh posisi sumber sinar-X terhadap citra proyeksi.

Sistem proyeksi perspektif akan digunakan dalam rangka rekonstruksi koordinat sembarang titik yang ada di dalam kotak rekonstruksi. Strategi ini diambil karena posisi sumber sinar-X terhadap kotak rekonstruksi tidak terlalu jauh sehingga tidak akan membentuk proyeksi paralel^[4]. Perbesaran citra proyeksi yang tidak sama pada proyeksi tampak atas dan samping akibat posisi pesawat sinar-X yang tidak orthogonal terhadap kotak rekonstruksi, tidak menjadi masalah untuk perhitungan koordinat, karena sudah menjadi bagian dari akibat proyeksi perspektif yang terjadi.

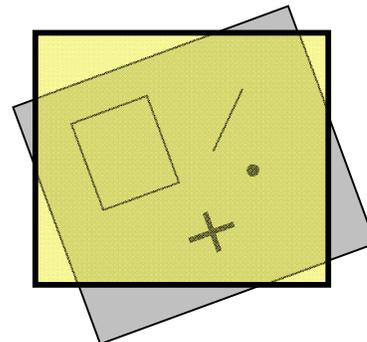
3.2 PROSES PEMINDAIAN

Proses pemindaian menjadi bagian dari proses transmisi data dalam konsep algoritma yang dikembangkan. Dalam proses pemindaian, ketika meletakkan foto proyeksi yang akan dipindai, bisa terjadi foto tersebut tidak tepat tegak lurus tetapi miring (Gambar 3.b), sehingga orientasi hasil pemindaian tidak sama dengan aslinya (Gambar 3.c). Oleh karena itu, semua citra hasil pemindaian harus diperbaiki kembali posisinya.

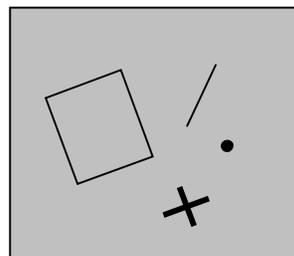
Marker (+) yang menempel di film pada Gambar 4 dapat dipakai sebagai pusat referensi rotasi untuk proses koreksi citra hasil pemindaian. Besar sudut rotasi dihitung dari sudut rotasi marker tanda (+) terhadap garis bantu horizontal sebesar tersebut α° . Obyek yang dirotasi adalah seluruh citra file dengan pusat rotasi titik marker (+) yang dipilih.



(a). Foto sinar-X hasil penyinaran.

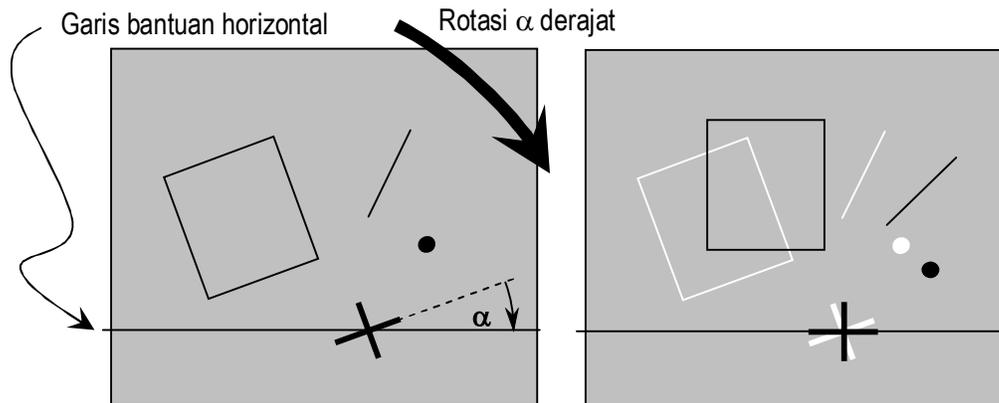


(b). Posisi foto ketika dipindai

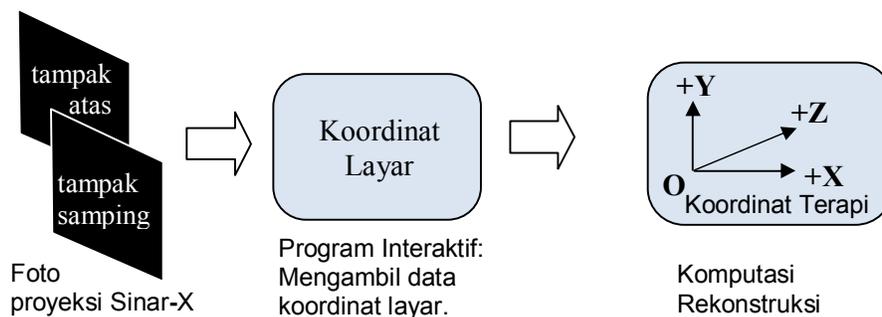


(c). Hasil pemindaian

Gambar 3. Proses pemindaian foto



Gambar 4. Proses rotasi mengembalikan posisi yang sebenarnya



Gambar 5. Strategi komputasi koordinat.

3.3 SISTEM KOORDINAT

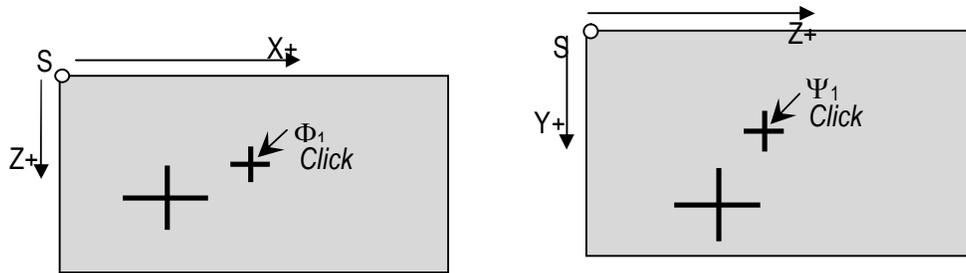
Dalam proses pengambilan data yang direncanakan, koordinat layar komputer hanya digunakan untuk menentukan koordinat titik-titik penting sesuai dengan yang ada pada layar komputer untuk kemudian ditransfer ke sistem koordinat terapi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Pengguna TPS harus menandai titik-titik penting pada citra proyeksi yang telah dibaca dan ditampilkan pada layar komputer dengan cara *click* pada titik bersangkutan menggunakan *mouse*. Hasil *click* adalah koordinat titik yang dipilih pada sistem koordinat layar^[5].

Titik S pada Gambar 6 adalah pusat koordinat pada sistem koordinat layar komputer, dan titik O adalah pusat koordinat dalam sistem koordinat yang digunakan dalam terapi. Pusat koordinat terapi O diperoleh dari data koordinat layar dengan cara *click* Φ_1 dan Ψ_1 pada foto proyeksi tampak atas dan samping.

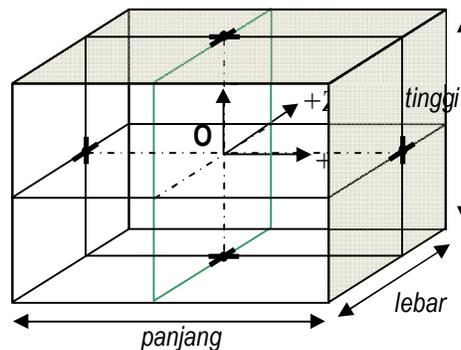
- Koordinat Φ_1 adalah $\Phi_1 [X_{\Phi_1}, Z_{\Phi_1}]$ dan Ψ_1 adalah $\Psi_1 [Z_{\Psi_1}, Y_{\Psi_1}]$.
- Seharusnya $Z_{\Phi_1} = Z_{\Psi_1}$, tetapi karena teknis pengambilan proyeksi atau proses scanning yang bebas, maka bisa terjadi $Z_{\Phi_1} \neq Z_{\Psi_1}$, oleh karena itu harus dibentuk variabel $\Delta Z = Z_{\Psi_1} - Z_{\Phi_1}$ sebagai faktor koreksi. Semua koordinat yang diperoleh dari

bidang ZY (tampak samping) pada layar komputer harus dikoreksi dengan ΔZ . Jadi $Z_0 = Z_{\Psi_1} - \Delta Z$.



(a). Koordinat layar: Tampak atas.

(b). Koordinat layar: Tampak samping.



(c). Koordinat terapi

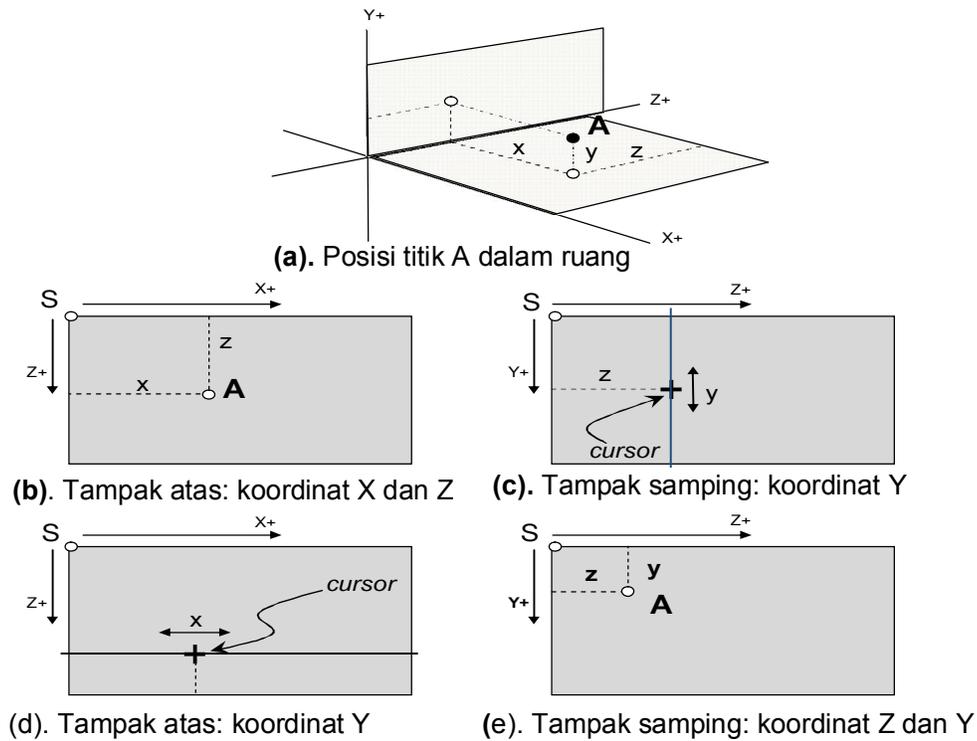
Gambar 6. Sistem Koordinat: Koordinat layar dan koordinat terapi.

- Koordinat O adalah $[X_0, Y_0, Z_0]$.
Dimana: $X_0 = X_{\Phi_1}$ dan $Y_0 = Y_{\Psi_1}$
 $Z_0 = Z_{\Psi_1} - \Delta Z$.
 $\Delta Z = Z_{\Psi_1} - Z_{\Phi_1}$
 X_{Φ_1} dan Y_{Ψ_1} diperoleh langsung dari *click* Φ_1 dan Ψ_1 . Z_{Φ_1} dan Z_{Ψ_1} diperoleh dari koordinat Φ_1 dan Ψ_1
- Nilai koordinat O tersebut relatif terhadap pusat koordinat layar (S).

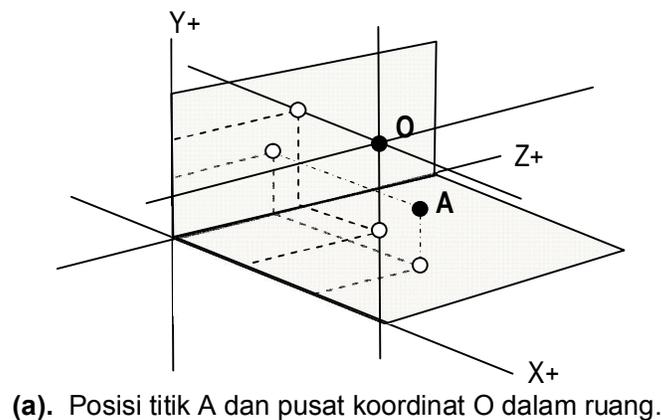
Memasukkan titik ke dalam kotak rekonstruksi dilakukan dengan cara *click cursor* pada layar komputer. Satu *click* pada layar komputer akan menghasilkan dua nilai koordinat horizontal dan vertikal. Untuk koordinat 3-dimensi diperlukan 3 bilangan koordinat, sehingga diperlukan dua proyeksi tampak atas dan samping sebagai media pemasukan data koordinat tersebut. Oleh karena itu, dua titik pada media proyeksi tersebut harus sinkron menghasilkan tiga nilai komponen koordinat. Untuk itu proses sinkronisasi pemasukan data harus dilakukan.

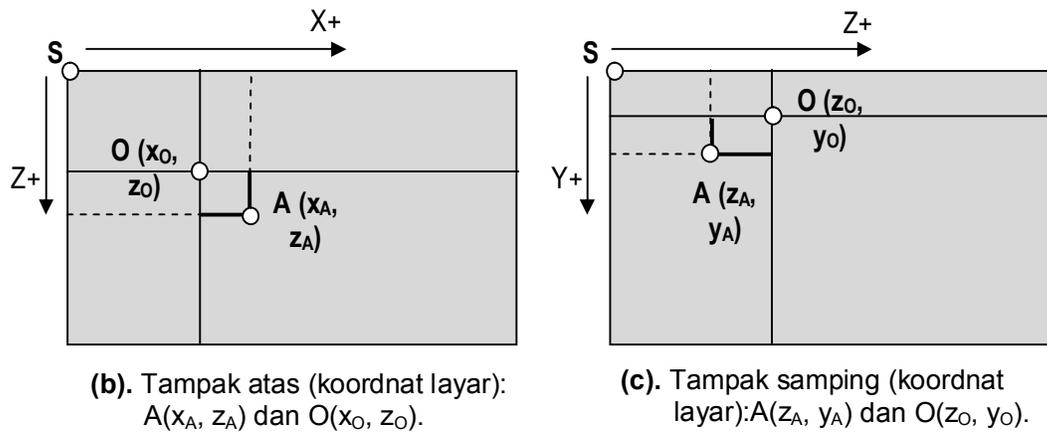
Setiap *click* oleh *mouse* pada layar komputer akan menghasilkan koordinat dari posisi yang di *click* relatif terhadap sistem koordinat layar. Layar komputer memfasilitasi dua ruang: tampak atas dan tampak samping. Urutan *click* (tampak atas atau tampak samping yang didahulukan) akan mempengaruhi proses sinkronisasinya. Oleh karena itu *routine-program* interaktif harus tanggap akan hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Jika tampak atas lebih dahulu dipilih, maka diperoleh nilai koordinat X dan Z, sehingga dari tampak samping harus hanya menentukan koordinat Y. Untuk itu harus dibuatkan garis pembatas dimana pada garis tersebut daerah koordinat Y dapat ditentukan seperti pada Gambar 7.c. Jika layar tampak samping lebih dahulu di *click*, maka koordinat Z dan Y yang diperoleh dan dari tampak atas digunakan untuk menentukan koordinat X seperti pada Gambar 7.d.



Gambar 7. Input interaktif koordinat A.





Gambar 8. Konversi pusat koordinat layar ke terapi.

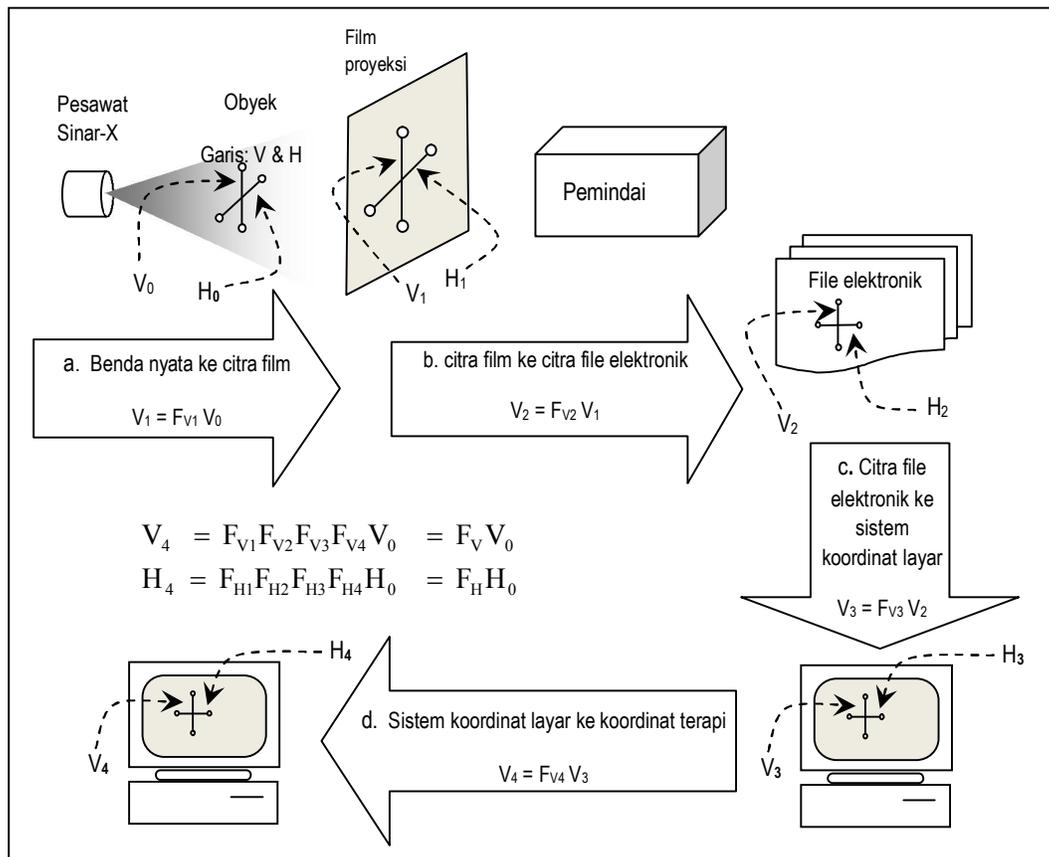
Tabel 1. Konversi sistem koordinat Layar ke koordinat terapi

	Sistem koordinat Layar		Sistem koordinat Terapi	
	Titik O	Titik A	Titik O	Titik A
X	X_0	X_A	0	$X_A - X_0$
Y	Y_0	Y_A	0	$Y_0 - Y_A$
Z	Z_0	Z_A	0	$Z_0 - Z_A$

Koordinat layar adalah hasil yang diperoleh dari proses click pada display komputer. Penggunaan TPS menggunakan koordinat terapi, oleh karena itu perlu faktor konversi dari koordinat layar ke koordinat terapi. Sampel sebuah titik sembarang A, dan titik O sebagai pusat koordinat terapi. Kedua koordinat titik tersebut dapat diketahui nilainya dalam sistem koordinat layar, yaitu: $A(X_A, Y_A, Z_A)$ dan $O(X_0, Y_0, Z_0)$ seperti pada Gambar 8. Konversi kedua sistem koordinat tersebut ditunjukkan oleh Tabel 1.

3.2 TRANSFORMASI UKURAN

Pesawat sinar-X digunakan untuk membuat proyeksi titik-titik penting di dalam kotak rekonstruksi. Dua titik dapat membentuk garis, dimana panjang garis tersebut merupakan informasi yang diperlukan dalam proses rekonstruksi koordinat. Posisi titik yang selanjutnya bisa menentukan panjang jarak suatu penggal garis telah mengalami beberapa kali transformasi dalam penggunaan sinar-X ke program TPS.

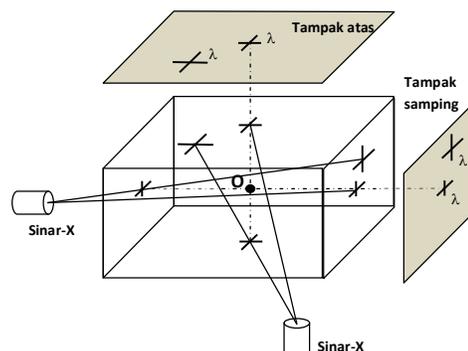


Gambar 9. Proses transformasi ukuran di TPS.

Gambar 9 memperlihatkan urutan proses dua penggal garis (4 titik) dari ukuran sebenarnya di kotak rekonstruksi hingga menjadi informasi yang diterima oleh komputer pengolah data dalam sistem koordinat terapi.

Faktor transformasi horizontal dan vertikal (F_H dan F_V) harus dicari agar proses rekonstruksi koordinat dapat dilakukan. Dari rentetan proses pada Gambar 9, faktor ini dapat ditentukan secara langsung dari ukuran benda sesungguhnya ke ukuran citra akhir di layar komputer baik untuk F_H maupun F_V .

Dari fenomena proyeksi perspektif Gambar 10, empat citra proyeksi marker (+) pada foto proyeksi mengandung informasi sebagai berikut. Ukuran λ_1 dan λ_3 tidak berubah dari objek sesungguhnya karena posisi objek menempel pada foto. Panjang sesungguhnya antar ujung marker (+) adalah 50 mm, maka jumlah piksel antar ujung marker (+) masing-masing proyeksi tampak atas dan samping akan selalu sama karena proses pemindaian dan pembacaan file elektronik oleh komputer bersifat homogen.



Gambar 10. Proyeksi perspective.

Oleh karena itu faktor piksel (F_p) adalah sebagai berikut (sama untuk tampak atas dan samping):

$$F_p = \frac{50}{\text{jumlah piksel antar ujung marker (+)}}$$

Nilai F_p tersebut digunakan sebagai faktor konversi untuk mengetahui panjang sesungguhnya suatu penggal garis jika diketahui jumlah pikselnya pada layar komputer.

4. KESIMPULAN

Dari analisis pengambilan data, maka dua foto proyeksi sinar-X tampak atas dan samping dapat digunakan untuk proses rekonstruksi koordinat titik yang berada di dalam kotak rekonstruksi, meskipun sifat proyeksi sinar-X tersebut bersifat perspektif asalkan proyeksi titik tersebut masuk dalam rekaman dua foto tersebut. Faktor perbesaran tidak menjadi masalah dalam proses rekonstruksi koordinat, karena perbesaran titik sudah masuk pada nilai koordinat hasil proyeksi sehingga perhitungan menggunakan koordinat tidak terpengaruh oleh faktor perbesaran. Oleh karena itu posisi sumber sinar-X tidak perlu bersifat orthogonal dan isosentris terhadap kotak rekonstruksi yang digunakan. Transformasi ukuran dari nilai ukuran obyek sebenarnya menjadi citra akhir (yang akan diproses dalam perhitungan) dapat dilakukan tanpa memperhatikan proses transformasi antara di dalamnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Smith MD, Todd JG, and Symond RP, 2002, *Analgesia For Pelvic Brachytherapy*, British Journal Anaesthesia. Vol. 88, p. 270-276.
- [2]. Budiyo Tris, 2007, *Brachytherapy Intracavitair Nasofarings Menggunakan mHDR Ir-192 di RS Dr. Sardjito*, Prosiding Seminar Persatuan Ahli Radiografi Indonesia, Denpasar Bali.
- [3]. Suntoro A, November 2011, *Rekonstruksi Koordinat Menggunakan Kotak Rekonstruksi dan Foto Proyeksi Sinar-X*, PRIMA, Volume. 8. Nomor. 2, PRPN, Tangerang.
- [4]. Coexter H S M, 1969, *Introduction to Geometry*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- [5]. Foley J, vanDam A, Feiner S, and Hughes J, 1990, *Computer Graphics: Principles and Practice*, Addison Wesley, London.