

## PEMBUATAN PHANTOM UNTUK PENGUKURAN DOSIS BRAKITERAPI

Tri Harjanto, Hidayat Joko Puspito, Joko Triyanto  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN

### ABSTRAK

**PEMBUATAN PHANTOM UNTUK PENGUKURAN DOSIS BRAKITERAPI.** Pada kedokteran nuklir validasi data laju dosis merupakan kunci utama keberhasilan semua proses terapi maupun diagnosis suatu penyakit. Demikian pula dalam perancangan perangkat brakiterapi perlu dilakukan validasi data besar dosis yang diterima pada jaringan yang dituju. Oleh karena itu, dirancang dan dibuat phantom sebagai alat bantu yang secara geometri memposisikan sumber radiasi dan alat ukur sebagaimana posisi sesungguhnya. Rancangan phantom dibuat dari tujuh lapis plat flexiglass tebal 10 mm dengan ukuran lebar 105 mm dan panjang 280 mm. Plat flexiglass tersebut kemudian di lubangi sesuai bentuk aplikator yang telah disusun sesuai kondisi penggunaan di lapangan. Masing-masing permukaan lapisan dibuat alur lebar 1 mm, kedalaman 1 mm, jarak alur satu ke alur yang lain 10 mm. Selanjutnya aplikator dibuatkan tempat dengan posisi yang terukur dari sumbu referensi yang telah dibuat. Semua posisi TLD dapat diketahui jarak koordinatnya terhadap referensi dan diberi nomor pada setiap posisi tersebut. Dengan cara ini maka phantom dapat digunakan untuk membuat isodosis sistem.

*Kata Kunci : Brakiterapi, dosis, pengukuran, phantom.*

### ABSTRACT

**Phantom's construction for dose measurement in brachytherapy.** In nuclear medicine, dose rate validation is the key for a successful process in therapy and diagnose of any diseases. Therefore, the brachytherapy equipment being designed and constructed is to be validated its dose rate received by the radiated object. A phantom for such validation purpose is designed and constructed as a correct as if on site geometrical position of sources. The design of phantom consists of seven layers of flexi glass plates: 10 mm thick, 105 mm wide, and 280 mm length. All the plates are to be holed according to the size of the applicator to be used. Every surface of the flexi glass layers is grooved 1 mm wide, 1 mm depth, and 10 mm distance between the groove. The applicator inside the phantom is positioned at a certain reference for measurement. Every TLD installed has a fix position toward the reference coordinate and has an index number. By this system of phantom, the isodose system can be plotted.

*Key word : Brachytherapy, dose, measurement, phantom.*

### 1. PENDAHULUAN

Pada umumnya pengobatan kanker leher rahim dilakukan dengan radioterapi, kombinasi eksterna dan brakiterapi untuk semua stadium. Terdapat beberapa kondisi pengobatan dimana pada stadium tertentu radioterapi menjadi berperan penting. Indonesia dengan penduduk yang lebih dari 200 juta dengan wilayah yang sangat luas, jumlah pusat radioterapi saat ini hanya ada sekitar 20 pusat, dengan kondisi yang tidak setiap saat dapat dioperasikan karena kerusakan yang tidak dapat ditanggulangi<sup>(1)</sup>.

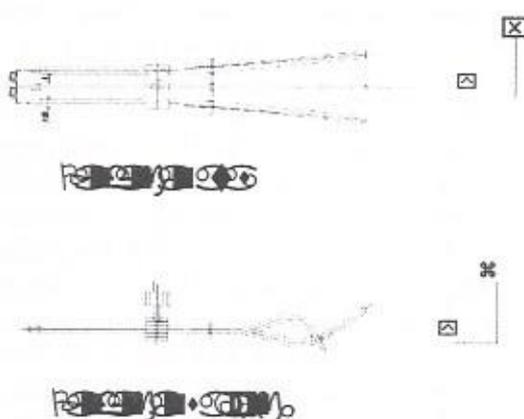
Dalam rangka menuju ke kemandirian penyediaan alat brakiterapi, Batan telah membuat prototip dan sekarang dalam proses pengujian sebaran dosis sebelum diaplikasikan ke pasien. Pengujian sebaran dosis ini dilakukan dengan alat bantu *phantom* untuk memposisikan TLD sebagai detektor untuk mengukur dosis pada koordinat yang telah ditentukan. Phantom dibuat sedemikian sehingga posisi TLD dapat diukur koordinatnya dan dapat ditandai nomor detektor sesuai dengan nomor koordinatnya. Phantom ini penting sebagai alat bantu untuk pemetaan isodosis agar supaya sebaran dosis

pada titik tertentu terukur dengan tepat.

## 2. KONSEP RANCANGAN

Pada proses terapi kanker, khususnya kanker leher rahim yang menggunakan alat brakiterapi, dilakukan beberapa tahapan. Tahapan tersebut diantaranya adalah menentukan *dosis rate* pada titik-titik yang sudah ditentukan. Titik-titik yang dimaksud adalah titik yang di indikasikan merupakan jaringan sel kanker. Khusus pada kanker leher rahim ini bentuk kanker yang terjadi biasanya meliputi wilayah permukaan lubang saluran rahim kearah dalam saluran sampai pada kedalaman tertentu. Oleh karena itu rancangan phantom dibuat sesuai dengan proyeksi bentuk dan besarnya wilayah kanker tersebut secara umum.

Untuk memudahkan pengukuran maka posisi sumber dan posisi TLD di tandai dengan koordinat yang disesuaikan dengan persamaan laju dosis. Hal ini penting karena hasil pengukuran dengan panthom ini nantinya akan di bandingkan dengan perhitungan secara teoritis berdasarkan persamaan untuk menghitung dosis yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor tersebut adalah jumlah sumber, bentuk sumber, posisi sumber dan faktor serapan material yang menghalanginya. Bentuk dan susunan serta jumlah sumber ditentukan oleh aplikator yang akan digunakan.



Gambar 1. Aplikator tipe Manchester<sup>(1)</sup>

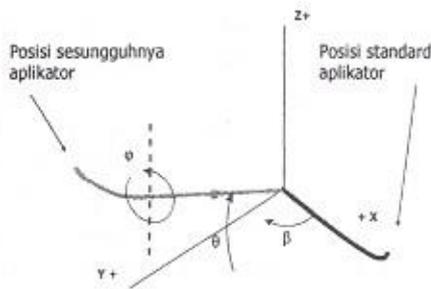
Aplikator yang digunakan pada rancangan ini adalah model Manchester, yang berbentuk seperti pada Gambar 1. Aplikator terdiri dari 3 buah tubing dengan lengkungan mengikuti persamaan garis lengkung tertentu. Ukuran panjang aplikator ditentukan sehingga panjang alur phantom menyesuaikan phantom, diameter aplikator adalah 3,2 mm dengan ketebalan tertentu dan ujung dari aplikator ditutup dengan bentuk setengah lingkaran. Phantom dirancang untuk memposisikan aplikator dan TLD pada koordinat tiga dimensi.

Variabel besaran yang berpengaruh terhadap besar dan kecilnya dosis yang mengenai sel jaringan diantaranya adalah : sumber, dimensi dan susunan sumber, serta Variabel sesuai dengan rumus berikut<sup>(2)</sup> :

$$\text{Dose}_{\text{air}} = \Gamma f \sum_{i=1}^N \frac{A(i)}{r_i^2} e^{-(\mu_s d_{si}) g(d_{si})} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- $\Gamma$  = faktor gamma.
- $f$  = faktor konversi rad ke rontgen besarnya 0.966 untuk air.
- $A(i)$  = aktivitas sumber pada lokasi
- $r_i$  = jarak titik sumber.
- $\mu_s$  = koefisien serapan baja 0.047.
- $d_{si}$  = panjang jejak radiasi kapsul.
- $g(d_{ti}) = A+B d_{ti} + C(d_{ti})^2+C(d_{ti})^3\dots$   
(2) ialah polinom dari Meisberger.
- $A = 1.0091$
- $B = -9.015 \times 10^{-3}$



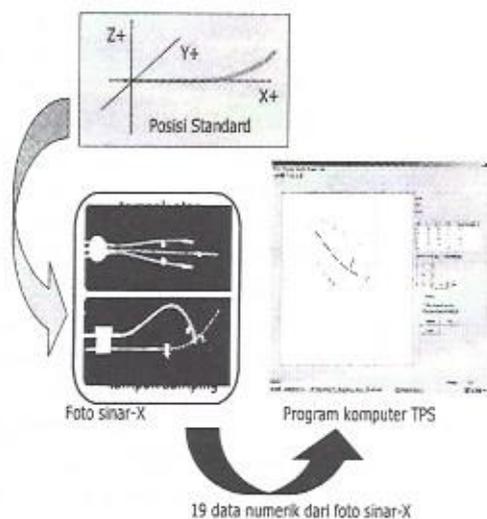
Dari posisi standar perlu dirotasi  $\beta$ ,  $\theta$ , dan  $\varphi$  derajat. Oleh karena itu sudut  $\beta$ ,  $\theta$ , dan  $\varphi$  perlu diketahui dari foto sinar-X

Gambar 2. Koordinat aplikator 3 dimensi<sup>(3)</sup>

Dimensi seperti pada gambar 2 dan 3. Oleh karena itu phantom dibuat dengan pendekatan koordinat 3 dimensi yang sesuai dengan koordinat yang diacu pada *Software Treatment Planning System (TPS)*.

Selanjutnya data-data tersebut diolah dengan memasukkan data-data yang diperlukan sesuai variabel formula 1, dan data koordinat tiga dimensi.

TLD diletakkan pada koordinat yang diukur dari posisi sumbu referensi  $X = 0$ ,  $Y = 0$ , dan  $Z = 0$ , sama dengan koordinat referensi aplikator. Posisi TLD terhadap koordinat yang ditinjau dimungkinkan ada faktor kesalahan pengukuran yang perlu diperhatikan.



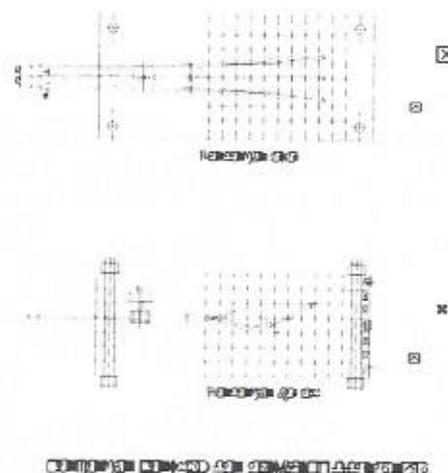
Gambar 3. Proses analisa dengan TPS

Berdasarkan perencanaan dengan posisi koordinat seperti pada Gambar 3. proses analisa dengan TPS, selanjutnya dibuat rancangan phantom.

### 3. BENTUK RANCANGAN

Bentuk rancangan ini didasarkan pada rencana jarak pengukuran antara sumber radiasi didalam aplikator dengan koordinat titik ukur yang paling jauh pada posisi 50 mm. Berdasarkan jarak tersebut maka dibuat ukuran phantom berupa lapisan persegi panjang dengan panjang = 236 mm dan lebar = 117 mm dan tebal 10 mm serta jumlah lapisan ada 7. lapisan fleksiglass tersebut disusun untuk memposisikan aplikator dan pin detektor TLD. Pada setiap lapis terdapat alur garis lurus dengan kedalaman 1 mm dan jarak masing-masing alur 10 mm. Alur-alur ini merupakan tempat kedudukan lukisan yang mempunyai koordinat X, Y dan sumbu kearah tebal adalah sumbu Z.

Di dalam lapisan fleksiglass ini dibuat lubang-lubang sedemikian sehingga aplikator dapat terpasang secara tepat didalam phantom. Penggunaan phantom ini sebagai alat bantu untuk memposisikan aplikator dan TLD (berupa pin detektor) agar supaya posisinya sesuai dengan koordinat yang dikehendaki.



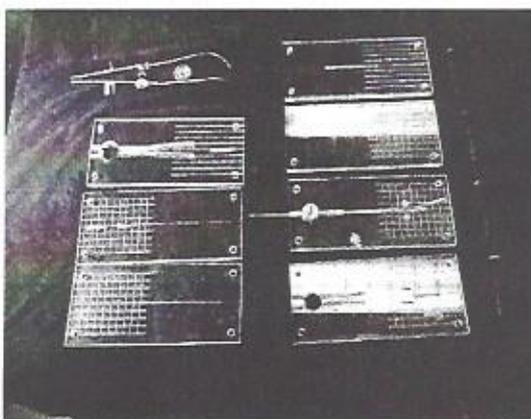
Gambar 4. Rancangan phantom

#### 4. PROSES PEMBUATAN

Pemotongan lembaran flexiglass ukuran lebar 106 mm, panjang 235 mm sebanyak 7 lembar, kemudian di bor pada empat titik dengan ukuran diameter 8 mm. Ke tujuh lembar flexiglass tersebut di baut menjadi satu kemudian di haluskan (machining) semua seginya bersama sehingga rata dan presisi. Semua lapisan ditandai sisi bagian atasnya supaya tetap dan diberi nomor urut 1 sampai dengan 7 dari posisi atas ke bawah.

Untuk menentukan titik koordinat nol dibuat lubang pada jarak 29,8 mm dari sisi kiri arah memanjang dan ditengah-tengah arah lebarnya. Dilakukan penandaan titik nol pada sumbu z yang merupakan awal pembentukan alur aplikator. Dari titik sumbu tersebut, dibuat mal dari aplikator dan di buat alur dengan pisau frais diameter 3,2 mm. Demikian seterusnya setiap lapis di buat alur sesuai dengan bentuk mal dari aplikator.

Selanjutnya pada permukaan bagian atas setiap lapisan dibuat alur lebar 1 mm dengan kedalaman 1 mm dan jarak masing-masing 10 mm, dimulai dari tengah-tengah kearah memanjang dan alur kearah lebar dibuat mulai dari 108 mm dari sumbu Y = 0. Selanjutnya dibuat titik referensi dengan menggunakan bahan tungsten pada sumbu pada lembaran 4 dan 5. Hasil pembuatan sebelum disusun adalah seperti pada Gambar. 5.



Gambar 5. Komponen phantom yang dibuat

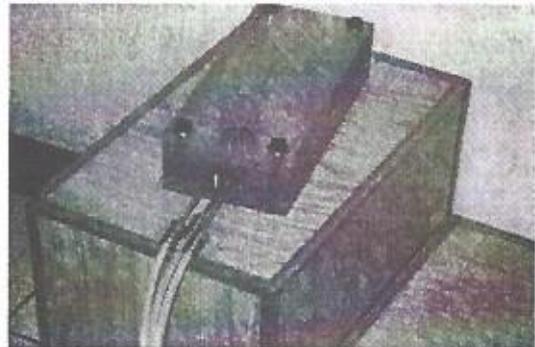
#### 5. PENANDAAN TITIK REFERENSI.

Sebagai titik referensi dibuat tanda titik yang dapat terdeteksi oleh foto sinar-X, yaitu dengan menggunakan bahan tungsten. Titik referensi dibuat pada koordinat yang berjarak 2 cm dari garis tengah kearah sumbu X dan -X, pada lapisan 3 serta pada jarak bebas pada lapisan ke 4.

#### 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan bahan phantom flexiglass sengaja dipilih karena bahan ini berat jenisnya lebih mendekati berat jaringan tubuh manusia. Bahan ini mudah dibentuk dan transparan sehingga memudahkan pengamatan.

Setelah komponen dan penandaan dibuat, langkah selanjutnya phantom dirangkai bersama aplikator sehingga konstruksinya sesuai Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian phantom dan aplikator di dalamnya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran yang mungkin dapat menimbulkan kesalahan pengukuran antara lain :

1. Pada koordinat sumbu X, Y dan Z<sup>(4)</sup>, terdapat beberapa lapisan dan alur penempatan TLD, oleh karena itu perlu dibuat referensi awal dari sisi tepi sebagai referensi.
2. Kebolehjadian kesalahan yang lain pada saat menentukan pengukuran jarak koordinat dengan sumber TLD adalah karena bentuk geometri dari TLD. TLD yang digunakan berbentuk pin dan bukan berbentuk titik yaitu silindris dengan diameter 1mm dan panjangnya 5 mm. Sehingga

kesalahan mungkin terjadi saat mengambil titik yang diambil sebagai referensi. Untuk memastikan titik ukur maka dapat diambil titik ditengah-tengah TLD dan TLD tepat ditengah-tengah persilangan garis alur.

3. Pada pengukuran koordinat sumbu Z dimana TLD dipasang pada kedalaman 1 mm perlu koreksi jarak pengukuran dari sumbu TLD ketitik nol.

Untuk mengecek posisi peletakan TLD apakah pada posisi yang tepat dan tidak terjadi *overlapping* maka perlu dilakukan pemotretan pada saat TLD terpasang dengan menggunakan X-Ray. Apabila terjadi *overlapping* pasti akan terjadi perbedaan yang besar antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan oleh TPS. Oleh karena itu pemasangan TLD tidak boleh *overlapping*.

#### KESIMPULAN

Dengan memperhatikan beberapa koreksi pengukuran, maka phantom yang telah dibuat dapat digunakan untuk membuat dosis sesuai dengan aplikator yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SYAHRUL SYAMSUDIN  
"Pencegahan dan Deteksi Dini Kanker Serviks" Cermin Dunia Kedokteran No. 133.2001, ISSN: 0125-913X, 2000.
- [2]. ALAIN GERBAULET DKK, The GEC Estro Handbook of Brachytherapy, ISBN-90-804532-6, 2002.
- [3]. SUNTORO A, Algorithma Perhitungan Koordinat Sumber pada *Brachytherapi Manchester*, *Journal Teknik Komputer*, Vol. 15. No. 1, Februari 2007, PP.94-109.

#### BILBIOGRAFI

- [1]. FRANK ANDRE SIEBERT, PITER KOHR, GYORGY KOVACS, *The Design and Testing of a solid phantom for the verification of a comercial 3 D seed reconstruction algorithm, Interdisciplinary Brachytherapy of Schileswig Holstein. Campus Kiel Arnold HellerStr. 9.24105 Kiel. Germany. Received 19 April 2004, received is revised form 1 Oktober 2004; Accepted 28 Oktober 2004, Available online 25 November 2004.*
- [2]. R.G. JAEGER, E.P. BLIZARD DKK, *Engineering Compendium on Radiation Shielding Volume 1, International Atomic Energy Agency, New York 1968.*
- [3]. TSUGUO GENKA *Gamma-Ray Attenuation Coefficient Jaeri-Batan Joint training Course on Radiation Measurement and Nuclear Spectroscopy" Jakarta, 1998.*