

## Optimalisasi Geometri *Wedge* pada Pesawat Teleterapi $^{60}\text{Co}$

Ajeng Sarinda Yunia Putri<sup>1</sup>, Suharyana<sup>2</sup>, Riyatun<sup>3</sup>, Muhtarom<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Group Riset Nuklir dan Radiasi, Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta

<sup>4</sup>Instalasi Radioterapi RSUD Dr. Moewardi,  
Jl. Kolonel Sutarto No. 132 Surakarta

Email : [suharyana61@staff.uns.ac.id](mailto:suharyana61@staff.uns.ac.id)

**Abstract:** In RSUD Dr. Moewardi available wedge angle of  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , and  $60^\circ$ . This research simulates with Monte Carlo N-Particle eXtended Version (MCNPX) computer software to determine the geometry of the wedge that produces the isodose angle of  $20^\circ$ , which is hoped to be applied to therapy of organ tilt of  $20^\circ$  in some cases of cervical cancer. In simulation obtained the value of the wedge factor of isodose angle of  $20^\circ$  and distribution of dose rate. The simulated material of wedge is Lead-Antimony Alloy. Verification of the simulation result was done by measuring the wedge factor of angle of  $30^\circ$  and  $60^\circ$ , the simulation result was validated with result of measurement experiment on  $^{60}\text{Co}$  teletherapy in RSUD Dr. Moewardi Surakarta. The relative error between simulation and measurement experiment of wedge angle of  $30^\circ$  is 8.84% and angle of  $60^\circ$  is 4.35%. The relative error is small to convince the researcher to develop a simulation at an isodose angle of about  $20^\circ$ . From the simulation results obtained isodose angle  $20.3^\circ$  of Lead-Antimony Alloy material with geometry is length 16 cm, width 14.9 cm, thick 0.83 cm, the value of the angle  $\alpha$  of  $3.2^\circ$ . Wedge factor of isodose angle of  $20.3^\circ$  is  $(0.68 \pm 0.01)$ . Wedge isodose angle of  $20.3^\circ$  if used in therapy in an organ tilt about  $20^\circ$  gives dose rate enough uniform.

**Keywords :** MCNPX, wedge factor, isodose,  $^{60}\text{Co}$  teletherapy

**Abstrak :** Di RSUD Dr. Moewardi tersedia *wedge* untuk sudut  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$ . Penelitian ini mensimulasikan dengan software computer Monte Carlo N-Particle eXtended Version (MCNPX) untuk menentukan geometri *wedge* yang menghasilkan sudut isodosis  $20^\circ$ , dimana diharapkan dapat diaplikasikan pada terapi organ dengan kemiringan  $20^\circ$  di beberapa kasus kanker serviks. Besaran yang diperoleh dari simulasi adalah nilai faktor transmisi *wedge* sudut isodosis  $20^\circ$  dan distribusi laju dosis serap penggunaan *wedge* tersebut. Bahan *wedge* yang disimulasikan adalah Lead-Antimony Alloy. Verifikasi hasil simulasi dilakukan dengan pengukuran faktor *wedge* pada sudut isodosis  $30^\circ$  dan  $60^\circ$ , hasil simulasi divalidasi dengan hasil pengukuran langsung pada pesawat teleterapi  $^{60}\text{Co}$  di RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Kesalahan antara simulasi dan pengukuran langsung pada isodosis sudut  $30^\circ$  adalah 8,84 % dan pada sudut  $60^\circ$  adalah 4,35 %. Kesalahan relatif tersebut cukup kecil sehingga meyakinkan peneliti untuk menyusun simulasi pada sudut sekitar  $20^\circ$ . Dari hasil simulasi diperoleh isodosis sudut  $20,3^\circ$  dari bahan Lead-Antimony Alloy dengan geometri yaitu panjangnya 16 cm, lebarnya 14,9 cm, tebalnya 0,83 cm, nilai sudut  $\alpha$  sebesar  $3,2^\circ$ . Faktor *wedge* sudut  $20,3^\circ$  sebesar  $(0,68 \pm 0,01)$ . *Wedge* sudut isodosis  $20,3^\circ$  bila digunakan dalam terapi pada organ dengan kemiringan  $20^\circ$  memberikan laju dosis yang cukup seragam.

**Kata kunci :** MCNPX, faktor *wedge*, isodosis, teleterapi  $^{60}\text{Co}$

### 1. PENDAHULUAN

Radioterapi merupakan salah satu cara pengobatan kanker atau tumor menggunakan radiasi pengion untuk mematikan sel-sel kanker atau tumor tersebut (Wurdiyanto and Budiantari,

2005). Pesawat  $^{60}\text{Co}$  merupakan salah satu radioterapi eksternal (teleterapi) dengan sinar gamma ( $\gamma$ ) sebagai radiasi pengionnya (Azam *et al.*, 2006).

Salah satu teknik penyinaran  $\gamma$  pada organ dalam yang terkena kanker dengan permukaan miring ialah teknik penyinaran menggunakan filter *wedge*. Filter *wedge* terbuat dari bahan padat yang mempunyai daya serap tinggi terhadap radiasi pengion. Pada umumnya kanker atau tumor yang letaknya di dalam tubuh memiliki kedalaman yang berbeda-beda dan bentuknya tidak teratur. *Wedge* berguna untuk membentuk profil distribusi dosis di kedalaman referensi sesuai yang diinginkan agar dosis pada sel kanker homogen (Azam *et al.*, 2006).

Pemakaian *wedge* dapat menurunkan dosis serap karena proses atenuasi sinar  $\gamma$  oleh bahan *wedge* :

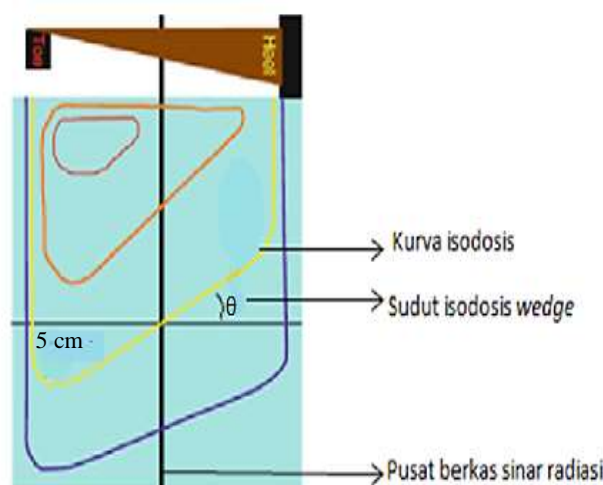
$$I_{(x)} = I_0 e^{-\mu x} \tag{1}$$

Keterangan :

- $I_{(x)}$  = intensitas radiasi setelah melewati bahan ( $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- $I_0$  = intensitas radiasi sebelum melewati bahan ( $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- $\mu$  = koefisien serapan linear ( $\text{m}^{-1}$ )
- $x$  = ketebalan bahan (m)

Faktor transmisi *wedge* (untuk sederhananya disebut faktor *wedge*) merupakan rasio dosis serap penyinaran menggunakan *wedge* dan tanpa menggunakan *wedge* di suatu titik di pusat berkas radiasi (Khan, 2003). Nilai faktor *wedge* dapat digunakan untuk memperkirakan laju dosis serap yang diterima pasien pada saat penyinaran menggunakan bantuan *wedge*.

Saat ini, pada unit teleterapi  $^{60}\text{Co}$  di RSUD Dr. Moewardi sudut isodosis *wedge* yang tersedia hanya  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$ . Sudut isodosis *wedge* ( $\theta$ ) ialah sudut yang terbentuk antara kurva isodosis dengan garis normal pusat berkas sinar pada kedalaman tertentu. Kurva isodosis merupakan kurva yang menghubungkan nilai dosis yang sama sebagai fungsi kedalaman dan jarak melintang dari pusat berkas. Kemiringan organ pada kanker serviks ada yang mendekati  $20^\circ$ , sehingga perlu dilakukan simulasi untuk mendapatkan *wedge* sudut isodosis  $20^\circ$ .



**Gambar 1.** *Wedge* dan Kurva Isodosis (Chang *et al.*, 2014)

Simulasi perhitungan laju dosis serap dapat dilakukan menggunakan Monte Carlo N-Partikel (MCNP), *software* komputer berbasis metode Monte Carlo. *Software* MCNP digunakan untuk mensimulasikan perjalanan partikel neutron, elektron dan foton dalam suatu material tiga dimensi (Shultis and Faw, 2011).

## 2. METODE PENELITIAN

Perhitungan laju dosis serap dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode pengukuran langsung dan metode simulasi. Verifikasi hasil simulasi dilakukan dengan menghitung faktor *wedge* pada sudut isodosis 30° dan 60°, hasil simulasi divalidasi dengan hasil pengukuran langsung pada pesawat <sup>60</sup>Co di RSUD Dr. Moewardi.

Pengukuran langsung laju dosis serap mengacu pada *Technical Reports Series (TRS)-398* yang dikeluarkan oleh *International Atomic Energy Agency (IAEA)*. Simulasi perhitungan laju dosis serap dilakukan menggunakan MCNP. Setelah didapatkan laju dosis serap tanpa *wedge* dan laju dosis serap menggunakan *wedge*, dihitung faktor *wedge* :

$$faktor\ wedge = \frac{dosis\ serap\ menggunakan\ wedge}{dosis\ serap\ tanpa\ menggunakan\ wedge} \tag{2}$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan 3 dimensi simulasi dengan MNCPIX dapat dilihat pada Gambar 2. Laju dosis pada kedalaman 5 cm di pusat berkas sinar hasil pengukuran langsung dan hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah diperoleh laju dosis serap, kemudian dihitung besarnya faktor *wedge*, yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Laju Dosis Serap pada Kedalaman 5 cm

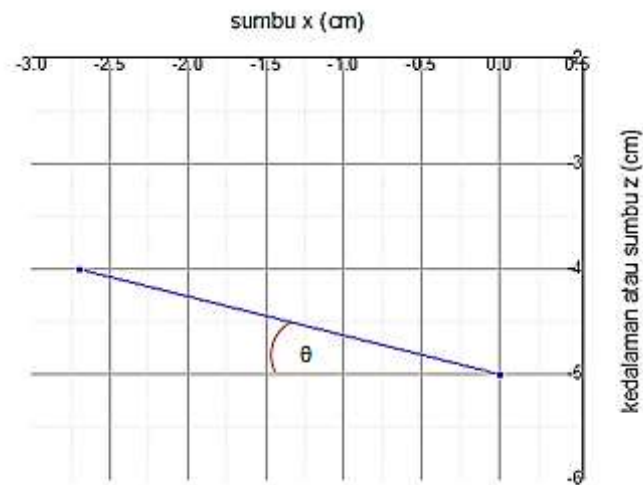
Pengukuran	Hasil Pengukuran Langsung (mGy/s)	Hasil Simulasi (mGy/s)	Kesalahan Relatif (%)
Tanpa <i>wedge</i>	16,95 ± 0,007	16,95 ± 0,08	-
Dengan <i>wedge</i> sudut 30°	9,34 ± 0,005	10,10 ± 0,1	8,11
Dengan <i>wedge</i> sudut 60°	8,02 ± 0,003	7,60 ± 0,1	5,22

**Tabel 2.** Faktor *Wedge*

Sudut <i>Wedge</i>	Pengukuran Langsung	Hasil Simulasi	Kesalahan Relatif (%)
30°	0,55 ± 0,0003	0,59 ± 0,02	8,84
60°	0,47 ± 0,0002	0,45 ± 0,01	4,35

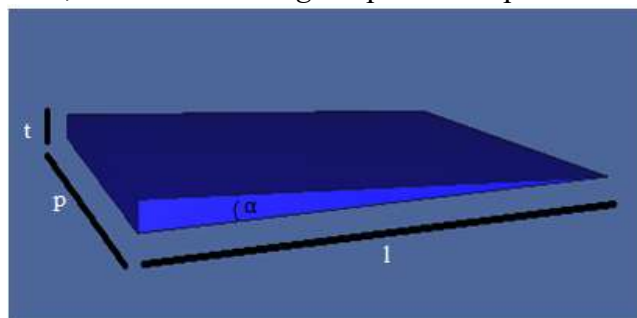
Kesalahan relatif dari faktor *wedge* sudut isodosis 30° dan sudut isodosis 60° di bawah 10% dan penulis menganggap hasil ini baik. Selanjutnya dilakukan simulasi untuk mencari geometri *wedge* yang menghasilkan sudut isodosis sekitar 20°. Penulis mencoba berbagai

ukuran geometri hingga diperoleh geometri yang optimal, yaitu didapatkan sudut isodosis ( $\theta$ ) sebesar  $20,3^\circ$ .



**Gambar 2.** Kurva Isodosis *Wedge* dan Sudut Isodosis *Wedge*

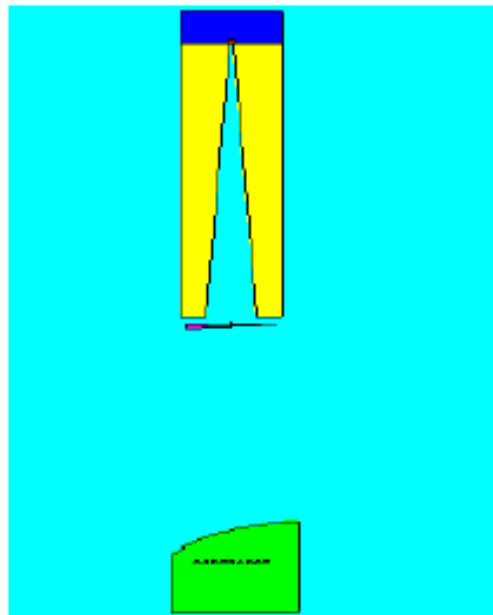
Optimasi simulasi geometri *wedge* memperoleh sudut  $20,3^\circ$  yang isodosis pada kedalaman 5 cm. Geometri *wedge* ini terdiri dari geometri panjang 16 cm, lebar 14,9 cm, tebal 0,83 cm, dan nilai sudut  $\alpha$  sebesar  $3,2^\circ$ . Geometri *wedge* dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Geometri *Wedge* Isodosis Sudut Isodosis  $20,3^\circ$

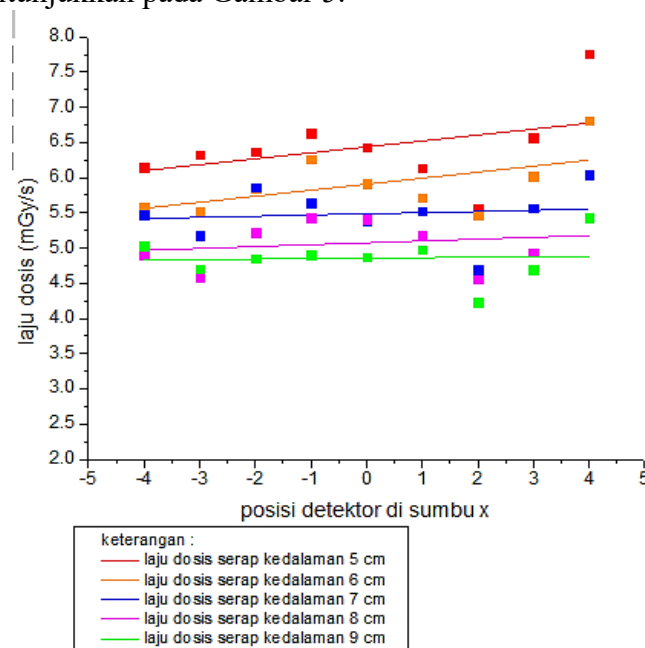
Nilai faktor *wedge* sudut isodosis  $20,3^\circ$  sebesar  $0,68 \pm 0,01$  artinya laju dosis serap yang ditransmisikan sudut isodosis *wedge*  $20,3^\circ$  di pusat berkas sebesar 68 % dari laju dosis serap tanpa menggunakan *wedge*.

Selanjutnya dilakukan simulasi penyinaran dengan menggunakan *wedge* sudut isodosis  $20,3^\circ$  pada organ yang kemiringannya  $20^\circ$ , tampilan 2 dimensi dari simulasi ini ditunjukkan Gambar 4. Pada kanker serviks misalnya, permukaan organnya miring tetapi diperlukan profil kurva isodosis yang datar di kedalaman tertentu. Energi radiasi  $\gamma$  sumber  $^{60}\text{Co}$  efektif membunuh sel kanker yaitu pada kedalaman 10 kurang dari cm.



**Gambar 4.** Tampilan 2 Dimensi

Setelah dilakukan simulasi penyinaran dengan *wedge* sudut isodosis  $20,3^\circ$  pada organ yang kemiringannya  $20^\circ$  didapatkan distribusi laju dosis pada kedalaman 5 cm sampai 9 cm. Distribusi tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Distribusi Laju Dosis pada Kedalaman 5 cm -9 cm

Distribusi laju dosis pada kedalaman 5 cm sampai 9 cm ditinjau dari standart deviasi data yang diperoleh pada posisi detektor diperlihatkan pada Tabel 3. Laju dosis hasil dari *wedge*  $20,3^\circ$  menunjukkan isodosis yang cukup baik, variasi terbesar adalah 8,54 %. Semakin dalam jaringan akan memperoleh dosis yang makin seragam

**Tabel 3.** Nilai Laju Dosis Serap Rata-Rata di setiap Kedalaman Jaringan

Kedalaman (cm)	Laju Dosis Rata-rata (mGy/s)	Standar Deviasi (mGy/s)	Variasi (%)
5	6,44	0,55	8,54
6	5,91	0,40	6,77
7	5,48	0,37	6,75
8	5,07	0,32	6,31
9	4,86	0,30	6,17

#### 4. KESIMPULAN

Simulasi *wedge* pada pesawat  $^{60}\text{Co}$  ini cukup berhasil, dengan kesalahan relative yang kecil dibandingkan hasil pengukuran. Simulasi menghasilkan *wedge* isodosis  $20,3^\circ$  dari bahan *Lead-Antimony Alloy* dengan geometri yaitu panjang 16 cm, lebar 14,9 cm, tebal 0,83 cm, dan nilai sudut  $\alpha$  sebesar  $3,2^\circ$ . Faktor *wedge* sudut isodosis  $20,3^\circ$  sebesar  $0,68 \pm 0,01$  serta memberikan laju dosis yang cukup seragam di kedalaman organ 5-9 cm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Azam, M., Sofjan Firdausi, K., & Silvani, S. (2006). Penentuan Karakterisasi Cerrobend Sebagai “Wedge Filter” Pada Pesawat Teleterapi  $^{60}\text{Co}$ . *Berkala Fisika*, 9(3), 131-135.
- Wurdiyanto, G., & Budiantari, C.T. (2005). Optimasi Aspek Keselamatan Pada Kalibrasi Pesawat Radioterapi. *Buletin Alara*, 7, 11-16.
- Khan, F.M. (2003). *The Physics Of Radiation Therapy*. USA: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS.
- Chang, D.S., Lasley, F.D., Das, I.J., Mendonca, M.S., & Dynlacht, J.R. (2014). *Basic Radiotherapy Physics and Biology*. London: Springer.
- Shultis, J. K. & Faw, R.E. (2011). *An MCNP Primer*. Manhattan : Kansas State University.