

## Pola Kurva Isodosis Dari Penyinaran Berkas Profil Datar pada Kanker Payudara Dengan Teknik Tangensial Menggunakan MCNPX

Aat Maftuhaturun<sup>1</sup>, Aris Haryadi<sup>\*1</sup>, Wihantoro<sup>1</sup>, Arundito Widikusumo<sup>2</sup> dan Etmy Kurniasari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman

Jalan Dr. Suparno No.61 Karangwangkal Purwokerto,53123, Jawa Tengah Indonesia

2. Unit Radioterapi, RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto.

Jl. Dr Gumbreg No. 1, Purwokerto, 53146

\*e-mail: aris.haryadi@unsoed.ac.id

**Abstrak-** Makalah ini mengkaji pola kurva isodosis dari teknik tangensial radioterapi pada kasus sel kanker payudara dini yang berada di dalam payudara kiri. Dari kondisi ini, sudut penyinaran yang diambil adalah tangensial kanan dengan sudut 120° dan 300°. Berkas sinar gamma yang ditembakkan berada pada energi 1,17 dan 1,33 MeV sebagai berkas profil datar dengan ukuran SSD 80 cm dan luas medan radiasi (10 × 10) cm<sup>2</sup>. Dosis serap pada tiap titik di dalam organ dada ditentukan berdasar riwayat hidup perjalanan sinar gamma dengan metode Monte Carlo menggunakan program MCNPX. Gabungan pola isodosis dari kedua sudut penyinaran menggambarkan distribusi dosis maksimum dan minimum di tiap titik organ rongga dada. Dosis maksimum terjadi pada sel kanker dan bagian atas payudara kiri. Dari sini, dapat dikatakan penyinaran tangensial dengan sumber profil datar tidak disarankan untuk tindakan terapi kanker payudara stadium dini.

**Kata Kunci:** profil datar, tangensial, MCNPX, isodosis

*Abstract – This paper presented the isodose curve pattern form tangential radiotherapy technique on early stadium breast cancer within the left-breast. Due to such condition, it was chosen a right tangential of 120o and 300o irradiation angle, respectively. The emitted gamma ray beam were on its energy of 1.17 and 1.33 MeV as a flat-profile beam along with SSD of 80 cm and a (10 x 10) cm<sup>2</sup> radiation field area. The absorbed dose on each point within chest's organs were determined base on gamma transport history by means of Monte Carlo method using MCNPX program. Overlaying both isodose curve patterns from each tangential angle, showed some maximum and minimum absorbed dose onto each point along chest's organs. Maximum dose found onto the cancer cell and some part of top site of left-breast. Hence, it could be said that tangential irradiation with flat-profile source were not recommended for early stage breast cancer treatment.*

**Key words:** flat-profile, tangential, MCNPX, isodose.

### PENDAHULUAN

Prinsip radioterapi adalah dengan mematikan sel kanker sebanyak mungkin dengan kerusakan pada sel organ normal yang beresiko (*Organ At risk, OAR*) sekecil mungkin [1,2]. Pada radioterapi konvensional dosis radiasi dinyatakan dalam *Precent Depth Dose (PDD)* dan profil dosis (*dose profile*) dengan intensitas penyinaran yang merata. *PDD* menggambarkan distribusi dosis sepanjang sumbu pusat berkas yang memberikan sebagian informasi yang diperlukan untuk deskripsi dosis yang akurat terhadap kedalaman pasien. Profil dosis menggambarkan distribusi dosis dalam 2-dimensi terhadap bidang atau lebar medan radiasi yang ditentukan dengan data sumbu pusat *pdd* [2]

Untuk mencapai prinsip radioterapi diperlukan profil dosis ideal yang digambarkan

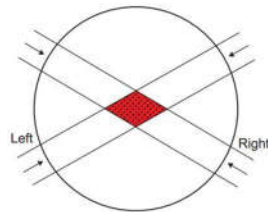
dengan dosis maksimal yang merata pada bidang medan radiasi dan nol diluar medan radiasi [3]. Dosis maksimal yang merata merupakan keluaran dari berkas profil datar (tanpa menggunakan filter baji) dengan arah penyinaran tegak lurus (90°) terhadap medan radiasi. Sedangkan pada radioterapi kanker payudara stadium dini dengan kondisi payudara utuh biasanya dilakukan penyinaran dua arah yang dikenal dengan teknik tangensial [4]. Teknik ini terdiri dari dua medan radiasi, yaitu medan tangensial medio lateral dan *latero medial*. Sudut perputaran *gantry* yang digunakan untuk kedua medan tangensial tersebut bergantung pada posisi sel kanker. Untuk sel kanker yang berada di dalam payudara kiri, maka sudut yang digunakan untuk masing-masing penyinaran adalah sudut 300° dan 120° [3]. Berdasarkan hal tersebut dalam penelitian ini telah dikaji pola kurva

isodosis dari penyinaran berkas profil datar pada kanker payudara dan organ disekitarnya dengan metode Monte Carlo menggunakan *user code* (program) MCNPX (*Monte Carlo N-Particle Extended*). Dengan diketahui pola kurva isodosis maka dapat diprediksikan dosis maksimal dan minimal yang diterima oleh kanker dan jaringan disekitar target kanker serta tindakan pencegahannya [2].

**LANDASAN TEORI**

**A. Penyinaran tangensial.**

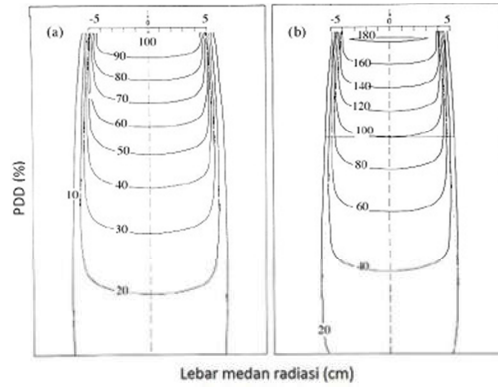
Pengurangan dosis jaringan normal yang mengelilingi sel kanker dapat dicapai dengan menggunakan kombinasi tiga medan atau lebih dari berbagai arah. Dengan menggunakan banyak medan maka rasio dosis sel kanker terhadap dosis jaringan normal meningkat [3]. Penyinaran dari berbagai arah jika dilihat dari kaki pasien dapat dilihat pada **Gambar 1.**; kiri (*Left*): penyinaran pasangan sudut 60° dan 240°, Kanan (*Right*): penyinaran pasangan sudut 300° (*medio lateral*) dan 120° (*latero medial*) [3].



**Gambar 1.** Penyinaran tangensial Left: penyinaran pasangan sudut 60° dan 240°, Right: penyinaran pasangan sudut 300° dan 120° [3].

**B. Kurva Isodosis**

Kurva isodosis adalah kurva yang menghubungkan dosis-dosis yang sama terhadap kedalaman maupun lebar medan radiasi pada phantom maupun pasien [2,3]. Kurva isodosis dapat digunakan untuk melihat distribusi dosis radiasi pada target volume kanker maupun organ beresiko yang berada di sekitarnya [5]. Kurva isodosis dari penyinaran berkas radiasi gamma Co-60 untuk dosis profil datar pada *phantom* air dengan luas medan radiasi (10×10) cm<sup>2</sup> dan SSD (*surface skin depth*) 80 cm dan SAD (*surface Axis Depth*) 100 cm dengan kedalaman *isocenter* 10 cm dapat dilihat pada **Gambar 2.**



**Gambar 2.** Kurva isodosis dari berkas radiasi gamma Co-60 untuk dosis profil datar: (a). SSD 80 cm, (b). SAD 100 cm, depth of isocenter 10 cm [2]

**METODE PENELITIAN**

Sinar gamma dari sumber Co-60 di dalam unit kepala radioterapi memancar ke segala arah secara uniform dengan arah sudut  $\theta$  dan  $\phi$  yang random. Demikian juga jenis interaksi yang terjadi antara sinar gamma dengan material komponen di dalam unit kepala radioterapi maupun jaringan phantom juga bersifat random. Interaksi yang terjadi secara random meliputi interaksi fotolistrik, hamburan Compton, produksi pasangan dan hamburan Rayleigh. Berdasarkan sifat tersebut maka peristiwa interaksi sinar gamma baik didalam kepala akselerator dan phantom organ dada model penderita kanker payudara dapat disimulasikan dengan metode Monte Carlo menggunakan program MCNPX. Adapun pada penelitian ini dilakukan melalui empat tahap: pemodelan organ dada unit dan kepala radioterapi, running program, olah data dan verifikasi.

**Tabel 1.** Volume rata-rata organ pada *phantom TRW* [6].

No.	Organ	Volume (cm <sup>3</sup> )
1	Tiroid	9,14
2	Paru-Paru	2358
3	Dinding Jantung	216
4	Jantung Bagian Dalam	311
5	Hati	957
6	Kantung Empedu	14,6
7	Pankreas	40,3
8	Limpa	122

Tahap pertama adalah membuat pemodelan phantom organ dada wanita dewasa berdasarkan

data *Phantom Taiwanese Reference Woman (TRW)*. TRW mengacu pada data geometri organ wanita dewasa orang asia dengan tinggi dan berat basan 156,2 cm dan 56,5 kg. Volume, densitas dan komposisi dasar masing-masing organ model phantom dapat dilihat pada **Tabel 1**. [6]. Kanker dimodelkan dalam bentuk bola dengan diameter 5 cm yang terletak di dalam payudara sebelah kiri.

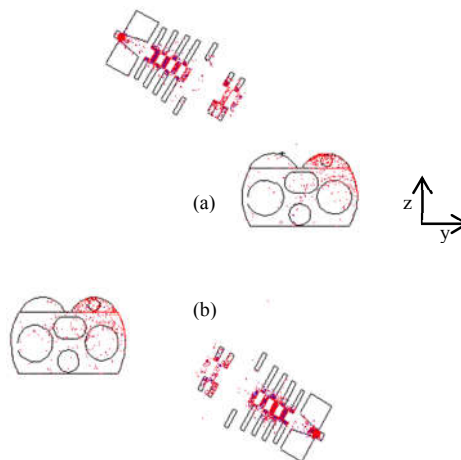
Unit kepala radioterapi Co-60 dimodelkan untuk arah peninaran  $120^\circ$  dan  $300^\circ$ . Komponen utama yang dimodelkan meliputi sumber radiasi Co-60, shielding sumber radiasi, kolimator primer, kolimator sekunder dan kompensator dengan posisi dan jarak masing-masing komponen mengacu pada *GamaBeam100* [7]. Sumber dimodelkan dengan energi diskrit 1,17 dan 1,33 MeV dengan jarak sumber ke permukaan tubuh (*source-surface distance, ssd*) 100 cm dan ukuran medan radiasi  $(10 \times 10)$  cm<sup>2</sup>.

Pada tahap kedua, running program dilakukan dengan input user code tally *F6* untuk mengetahui energi yang diserap pada tiap *voxel* (MeV/kg) [8,9]. Spesifikasi komputer yang digunakan adalah intel core i5 RAM 2GB dengan jumlah foton  $2 \times 10^8$  foton. Berdasarkan hasil running maka data diplot dengan Program OriginPro 8. Pada tahap terakhir adalah validasi hasil simulasi perhitungan MCNPX dibandingkan dengan data eksperimen dalam hal ini *PDD* pada *phantom* air [10].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Model Peninaran Tangensial

Hasil pemodelan unit kepala radioterapi dan model phantom organ dada wanita dewasa dengan menggunakan program MCNPX dapat dilihat pada **Gambar 3**. Gambar diambil dalam tampilan dua dimensi pada slice di pusat kanker ( $x = 0$  cm) dan pada bidang  $y$  dan  $z$ . Gambar titik-titik merah merupakan probabilitas perjalanan dan interaksi radiasi gamma dengan materi. Walaupun sudah dikolimasi masih terdapat radiasi gamma terhambur kesegala arah pada jaringan normal di sekitar kanker sehingga melewati batas luas medan radiasi yang telah ditentukan atau keluar dari ukuran  $(10 \times 10)$  cm<sup>2</sup>.



**Gambar 3.** Hasil model peninaran tangensial dan perjalanan sinar gamma: (a) Peninaran  $120^\circ$ , dan (b) Peninaran  $300^\circ$ .

### B. Kurva Isodosis

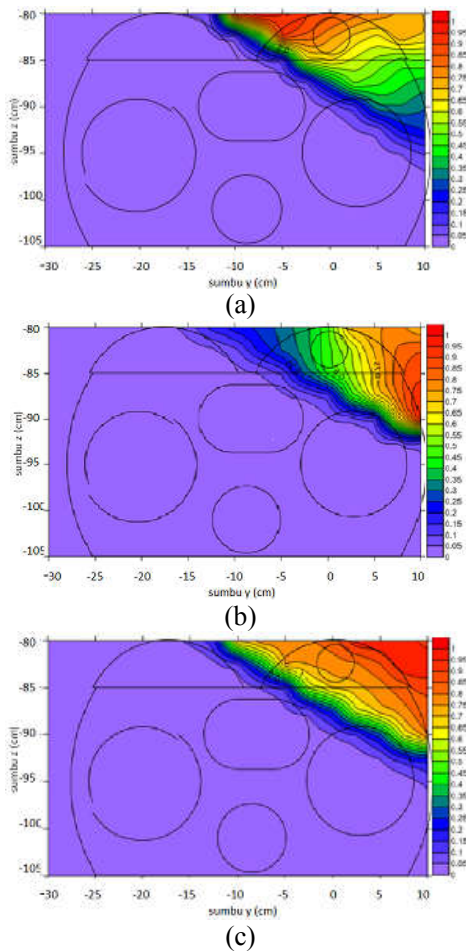
Berdasarkan simulasi perjalanan sinar gamma ketika lepas dari sumber dan interaksinya hingga jaringan phantom maka dapat ditentukan kurva isodosis seperti pada **Gambar 4**. Kurva isodosis untuk peninaran arah  $120^\circ$  menunjukkan distribusi dosis relatif tinggi terdapat pada bagian atas (**Gambar 4.a.**), sedangkan peninaran arah  $300^\circ$  (**Gambar 4.b.**) distribusi dosis relatif tinggi terdapat pada bagian bawah dan samping payudara. Kurva isodosis total untuk kedua peninaran (**Gambar 4.c.**) memperlihatkan distribusi dosis relatif tinggi pada semua bagian payudara dan pola yang tidak sesuai dengan geometri volume kanker dan geometri payudara.

Jaminan kualitas (*Quality Assurance, QA*) dalam proses perencanaan terapi radiasi sangat penting untuk meminimalkan kemungkinan paparan yang tidak semestinya [11]. Berdasarkan pola isodosis maka penyebaran dosis radiasi cukup tinggi ke organ payudara sedangkan untuk kanker stadium dini organ payudara dianggap organ yang beresiko (*OAR*) [2]. Dengan demikian, kurva isodosis dari peninaran berkas profil datar tanpa penggunaan filter wedge pada kanker payudara tidak akurat dan risiko yang harus dipertimbangkan akibat terapi radiasi.

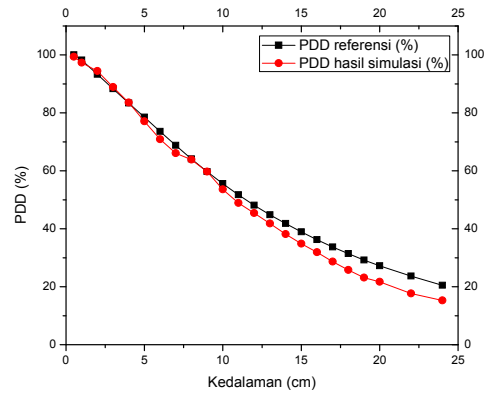
### C. Validasi

Untuk memvalidasi hasil simulasi, perhitungan MCNPX dibandingkan dengan data eksperimen. Pada penelitian ini *PDD* divalidasi dengan

pemodelan pada phantom air dengan arah penyinaran sumber radiasi tegak lurus dengan permukaan phantom air. Kedua hasil menunjukkan pola kesesuaian *PDD* antara simulasi dan hasil eksperimen seperti pada **Gambar 5**, akan tetapi pada *PDD* hasil simulasi menghasilkan faktor build-up pada kedalaman 0,45 cm sedangkan *PDD* data referensi 0,5 cm. Hal tersebut terjadi karena hamburan pada bagian atas sumber tidak diperhitungkan sehingga faktor build-up menjadi berkurang atau lebih dangkal 0,05 cm dari data referensi.



**Gambar 4.** Kurva isodosis; (a). penyinaran arah 120°, (b). penyinaran arah 300°, dan (c). penyinaran gabungan 2 arah.



**Gambar 5.** Kurva *PDD* hasil simulasi dan hasil eksperimen dengan SSD 80 cm dan luas medan radiasi (10×10) cm<sup>2</sup>.

**KESIMPULAN**

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan unit kepala radioterapi dan phantom organ dada wanita dewasa secara tiga dimensi dengan penyinaran tangensial sudut 300° dan 120°. Dari pemodelan tersebut dapat disimulasikan perjalanan sinar gamma dan interaksinya dengan material kepala akselerator serta organ dada yang sensitif terhadap dalam proses radioterapi. Untuk perhitungan arah hambur dan jenis interaksi gamma digunakan metode Monte Carlo dengan user Code MCNPX. Untuk tujuan ini kami menggunakan Monte Carlo tiga dimensi. Dari hasil simulasi penyinaran gabungan sudut 300° dan 120° menggunakan sumber gamma berkas profil datar diperoleh bahwa pola kurva isodosis yang tidak sesuai dengan bentuk geometri payudara. Penyebaran dosis radiasi cukup tinggi ke organ payudara, sedangkan untuk kanker stadium dini organ payudara dianggap organ yang beresiko (Organ At risk, OAR). Dengan demikian, risiko seperti itu harus dipertimbangkan selama terapi radiasi dan perlu tindakan pencegahan tertentu dengan memanfaatkan blok dan filter wedge untuk membentuk pola yang sesuai [3]. Untuk memvalidasi hasil simulasi, perhitungan MCNPX dibandingkan dengan data eksperimen. Pada penelitian ini pdd menunjukkan kesesuaian antara hasil simulasi dan eksperimen. Dengan demikian, pemodelan ini dapat bermanfaat untuk memprediksi pola penyebaran radiasi yang ditampilkan dalam kurva isodosis.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Lembaga Penelitian UNSOED atas dana penelitian dan Unit Radioterapi RSUD Prof. Margono Soekarjo atas data, fasilitas dan kerjasamanya dalam penelitian ini.

**PUSTAKA**

- [1] R. Susworo, Radioterapi: Dasar-Dasar Radioterapi, Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker, in, UI-Press, Jakarta, (2007).
- [2] E.B. Podgorsak, Radiation Oncology Physics: Hand Book for Teacher and Student, IAEA, Austria, (2005).
- [3] F.M. Khan, The Physics of Radiation Therapy, Edisi V., William and Wilkins, Maryland, USA, (2014).
- [4] Nurizati, Simulasi Perhitungan Monte Carlo Dosis Janin Pada Model Kanker Payudara Berbentuk Kotak Dengan Voton 2 MeV, Tesis, Fakultas MIPA Universitas Indonesia, Depok, (2010).
- [5] D.T. Nugraheni, V. Gunawan, C. Anam, Prediction of 2D Isodose Curve on Arbitrary Field Size in Radiation Treatment Planning System (RTPS), Jurnal Sains dan Matematika 23(1) (2015) 7–13.
- [6] S.J. Chang, S.Y. Hung, Y.L. Liu, S.H. Jiang, Construction of Taiwanese Adult Reference Phantoms for Internal Dose Evaluation, PLOS ONE 11 (9) (2016) 1–14.
- [7] Best Theratonic, Technical Specification Gamma Beam 100-80, Canada, (2012).
- [8] D. B. Pelowitz, MCNPX User Manual Versi 2.6.0., LA-CP-07-1473, Los Alamos National Laboratory, New Mexico, (2008).
- [9] T. Berri s, M. Mazonakis, J. Stratakis, A. Tzedakis, A. Fasoulaki, J. Damilakis, Calculation of Organ Doses From Breast Cancer Radiotherapy: A Monte Carlo Study, Journal Of Applied Clinical Medical Physics 14 (1) (2013) 133–146.
- [10] S.M. Reda, E. Massoud, M.S. Hanafy, I.I. Bashter, E.A. Amin, Monte Carlo Dose Calculations for Breast Radiotherapy Using  $^{60}\text{Co}$  Gamma Rays, Journal of Nuclear and Radiation Physics 1 (1) (2006) 61- 72.
- [11] International Atomic Energy Authority (IAEA), Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer, IAEA Technical report series (2004) 430.