



## SIMULASI PERHITUNGAN MONTE CARLO DOSIS JANIN PADA MODEL KANKER PAYUDARA BERBENTUK KOTAK DENGAN FOTON 2 MeV

Nurizati (\*)

Department of Teacher Education of Primary School, Subang Institute of Teacher  
Training and Education, Jawa Barat, Indonesia

### Abstract

Received:

Revised:

Accepted:

Telah dilakukan pengukuran dosis yang diterima janin pasien radioterapi dengan menggunakan simulasi perhitungan Monte Carlo DOSXYZnrc. Diandaikan pasien kanker payudara dan diberi radioterapi pada daerah dada dengan sinar-x 2 MeV, lapangan tangensial  $6 \times 16 \text{ cm}^2$  dan supraclave  $14 \times 5.8 \text{ cm}^2$  (kategori kecil), tangensial  $9 \times 15 \text{ cm}^2$  dan supraclave  $17.7 \times 8.6 \text{ cm}^2$  (kategori sedang), dan tangensial  $8.5 \times 19 \text{ cm}^2$  dan supraclave  $20.4 \times 11.4 \text{ cm}^2$  (kategori besar), serta lapangan tangensial  $6 \times 16 \text{ cm}^2$ ,  $9 \times 15 \text{ cm}^2$ , dan  $8.5 \times 19 \text{ cm}^2$  untuk pasien yang hanya menerima perlakuan tangensial. Jarak antara tepi lapangan radiasi dengan posisi titik pengukuran dibuat bervariasi dengan asumsi letak janin yang berubah sesuai umur kehamilan dan diamati pada tiap trimester kehamilan. Pada setiap jarak tertentu, perhitungan dosis dilakukan pada 3 kedalaman berbeda yaitu 2, 5, dan 10 cm. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dosis janin akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman, berkurangnya luas lapangan, dan maksimum pada saat jarak antara tepi lapangan dengan posisi janin terdekat.

**Keywords:** Dosis janin, Monte Carlo dosis janin

(\*) Corresponding Author: [nr\\_izati@yahoo.com](mailto:nr_izati@yahoo.com)

**How to Cite:** XXXXXX. (2022). XXXX. *SainsMath: Jurnal MIPA Sains Terapan*, XX (x): x-xx.

## PENDAHULUAN

Salah satu kasus yang menjadi dilema bagi para onkologist dan fisikawan medis adalah menangani pasien yang sedang hamil. Setiap tahun, terdapat wanita hamil yang menerima dosis radiasi selama prosedur radiodiagnostik dan juga selama tindakan radioterapi atau pada kasus kecelakaan nuklir dengan dosis relatif tinggi untuk perawatan tumor. Kebanyakan tumor yang banyak diderita pasien hamil adalah limfoma, melanoma, tumor yang berlokasi di payudara, uterine cervix, dan tiroid sehingga terapi dengan radiasi menjadi pilihan utama. Perencanaan treatment atau prosedur diagnostik untuk wanita hamil membutuhkan perhatian khusus. Setiap pasien yang hamil masing-masing memiliki keadaan yang berbeda satu sama lain sehingga para fisikawan medis harus menghitung sebelum memutuskan perawatan apa dan bagaimana untuk mengobatinya. Secara ideal, perawatan yang dipilih harus bisa mengontrol tumor dan memberi kesempatan terbaik untuk janin memiliki keadaan yang normal [1, 2].

Janin adalah calon bayi yang masih dalam proses pertumbuhan dan perkembangan mulai dari pembuahan hingga menjadi bayi yang berlangsung di dalam rahim wanita. Perkembangan janin mulai dari pembuahan hingga menjadi bayi secara normal memerlukan waktu sekitar 9 bulan atau 40 minggu. Wanita hamil yang menjalani radioterapi mempunyai risiko kerusakan yang tinggi pada janin yang dikandungnya. Untuk radioterapi di luar daerah rahim, janin kemungkinan akan menerima dosis yang sebagian

besar berasal dari radiasi hamburan dalam tubuh pasien itu sendiri, disamping dosis yang berasal dari kebocoran radiasi pada head source atau bagian kepala pesawat radioterapi, dan radiasi yang dihamburkan dari kolimator atau pengatur lapangan penyinaran.

Frekuensi dan tingkat efek biologi yang terjadi pada janin berbeda-beda, antara lain tergantung pada besar dosis serap, jenis radiasi, dan umur kandungan. Penentuan akurasi risiko akan meningkat untuk dosis yang lebih tinggi. Oleh karenanya untuk menghindari atau memperkecil risiko radiasi pada janin, pertimbangan seharusnya diberikan untuk mencegah atau mengurangi paparan radiasi pada ibu selama masa kehamilan [3-8].

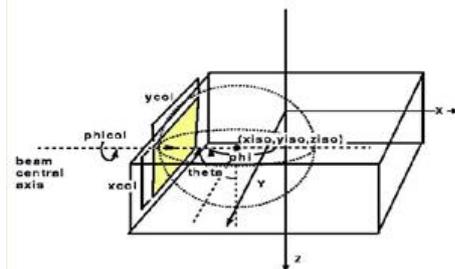
Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh perkiraan dosis yang diterima janin pada saat ibunya menjalani radioterapi di luar rahim. Distribusi dosis pada medium diperoleh dengan menggunakan eksperimen atau dengan menggunakan pemodelan metode Monte Carlo. Metode Monte Carlo dapat mensimulasikan radiasi transport dengan akurat, karena itu metode ini dapat digunakan untuk memprediksikan dosis yang diterima oleh janin [9-11].

## METODE

Penelitian ini merupakan simulasi metode Monte Carlo untuk memperoleh informasi dosis janin pada pasien kanker payudara yang menerima radioterapi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Program DOSXYZnrc dengan sistem operasi Microsoft Windows Xp 2007. Model tubuh pasien berupa fantom air (densitas  $1 \text{ gr/cm}^3$ ). Fantom merupakan alat pendukung yang digunakan sebagai simulasi atau pengganti tubuh manusia yang menjadi objek uji. Ketebalan fantom simulasi wanita hamil dibuat bervariasi. Tebal fantom 24 cm untuk kehamilan trimester pertama, 26 cm untuk kehamilan trimester kedua dan 27 cm untuk kehamilan trimester ketiga dengan tambahan paru (densitas  $0,26 \text{ g/cm}^3$ )  $20 \times 20 \times 10 \text{ cm}^3$  serta payudara (densitas  $1 \text{ gr/cm}^3$ )  $15 \times 15 \times 6 \text{ cm}^3$ . Dalam program kode H2O700ICRU menggambarkan air dan payudara, sedangkan kode LUNG700ICRU untuk paru.

Simulasi ukuran voxel, dipilih pada daerah pengamatan dengan ukuran  $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}^3$ . Pengamatan ini dikategorikan menjadi 3 keadaan sesuai dengan trimester kehamilan. Trimester pertama tinggi janin sama dengan pusar, trimester kedua 2 cm di atas pusar, dan trimester ketiga 3 cm di atas pusar. Titik pengamatan dipilih pada kedalaman 2 cm, 5 cm, dan 10 cm dengan jarak dari tepi lapangan yang bervariasi dari 8 cm sampai 36 cm, dengan interval 2 cm sampai 4 cm. Dosis pada titik pengamatan diandaikan sebagai dosis janin dengan posisi janin dari tepi lapangan sesuai masa kehamilan. Energi foton disesuaikan dengan sinar x 6 MV yang dianggap mempunyai rata-rata 2 MV. Dalam penelitian ini berkas berisi foton dengan energi homogen. Simulasi dilakukan dengan jumlah foton 300 juta partikel.

Foton dalam berkas empat persegi panjang dianggap uniform dan datang secara paralel pada permukaan fantom. Arah penyudutan gantri pada simulasi didefinisikan menurut koordinat polar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



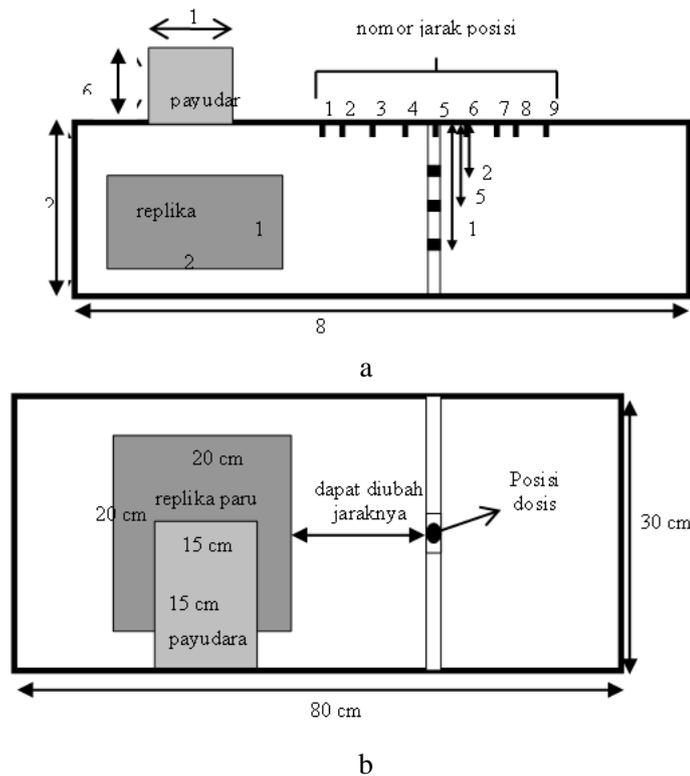
Gambar 1. Sistem koordinat polar dengan titik isosenter pada xiso, yiso, dan ziso.

Sumbu x ke arah kanan adalah sumbu x+, sumbu y yang menuju pengamat adalah sumbu y+, dan sumbu z ke arah bawah adalah sumbu z+. Theta adalah sudut antara arah sumbu +z dengan sumbu utama berkas yang datang pada permukaan fantom menuju isosenter (pada gambar isosenter ditunjukkan dengan kode xiso, yiso, ziso). Sudut theta memiliki rentang dari 0° – 180°. Sedangkan Phi adalah sudut antara arah sumbu +x dengan proyeksi sumbu utama berkas pada bidang x-y dan memiliki rentang 0° – 360°.

Dalam penelitian ini, ukuran lapangan radiasi yang digunakan berdasarkan hasil survey pasien kanker payudara di RS Pusat Pertamina dan RS Persahabatan. Metode penyinaran disesuaikan dengan kondisi klinis dan dipilih ukuran lapangan dengan kategori kecil (tangensial 6 x 16 cm<sup>2</sup> dengan sudut gantri 235° dan 55° dan supraclave 14 x 5.8 cm<sup>2</sup>), kategori sedang (tangensial 9 x 15 cm<sup>2</sup> dengan sudut gantri 231° dan 51° dan supraclave 17.7 x 8.6 cm<sup>2</sup>), dan kategori besar (tangensial 8.5 x 19 cm<sup>2</sup> dengan sudut gantri 243° dan 63° dan supraclave 20.4 x 11.4 cm<sup>2</sup>). Selain itu dilakukan pula simulasi untuk pasien yang hanya disinari dengan 2 lapangan tangensial saja. Ukuran lapangan yang demikian merepresentasikan penyinaran kanker payudara yang tidak mengalami perlakuan bedah. Skema fantom dan posisi titik pengamatan pada simulasi Monte Carlo ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Sudut simulasi yang disesuaikan dengan sudut gantri pada kondisi klinis

Penyinaran	Lapangan (cm <sup>2</sup> )	Sudut gantri (°)	theta (°)	phi (°)
Tangensial kecil	6 x 16	235	55	180
		55	125	360
Tangensial sedang	9 x 15	231	51	180
		51	129	360
Tangensial besar	8.5 x 19	243	63	180
		63	117	360
Supraclave kecil	14 x 5.8	0	180	0
Supraclave sedang	17.7 x 8.6	0	180	0
Supraclave besar	20.4 x 11.4	0	180	0



Gambar 2. Skema fantom pada simulasi Monte Carlo (a) tampak samping, (b) tampak dari atas.

## HASIL & PEMBAHASAN

### Hasil dan Pembahasan

Dalam praktek, perlakuan radioterapi pada pasien kanker payudara tergantung pada kondisi pasien. Apakah sudah mengalami operasi radioterapi atau belum dan tergantung pada stadium penyakitnya. Bila pasien telah mengalami operasi radikal, penyinaran pada daerah payudara umumnya dilakukan dengan berkas elektron ditambah dengan penyinaran supraclave dan axilla. Pasien dengan payudara utuh dan stadium dini, penyinaran dilakukan pada payudara dengan 2 lapangan tangensial. Sedangkan untuk pasien tanpa mengalami operasi dan diperkirakan dengan stadium tidak dini, penyinaran dilakukan pada payudara dengan 2 lapangan tangensial ditambah dengan lapangan supraclave dan axilla.

Dalam penelitian ini, telah dilakukan simulasi penyinaran payudara dengan 2 lapangan tangensial ditambah dengan lapangan supraclave. Lapangan axilla tidak digunakan karena ukuran tebal pasien disimulasikan memiliki tebal 24 cm dan ini melebihi ukuran standar pasien yang mengalami perlakuan radioterapi menggunakan lapangan axilla. Tiga ukuran payudara pasien dipilih yakni kecil, sedang, dan besar. Dosis janin dihitung untuk kedalaman 2 cm, 5 cm, dan 10 cm dengan jarak dari tepi payudara yang selanjutnya disebut jarak pengukuran yang bervariasi disesuaikan dengan yang tercantum pada literatur [12]. Jarak dari lapangan radiasi disesuaikan dengan umur kehamilan. Diharapkan untuk orang Indonesia, jarak ini tidak banyak berbeda. Janin diamati pada 3 trimester kehamilan. Pada trimester 1, janin berada pada jarak pengukuran 36 cm dengan ketebalan abdomen 24 cm, pada trimester 2 berada pada jarak pengukuran 14-36 cm dengan

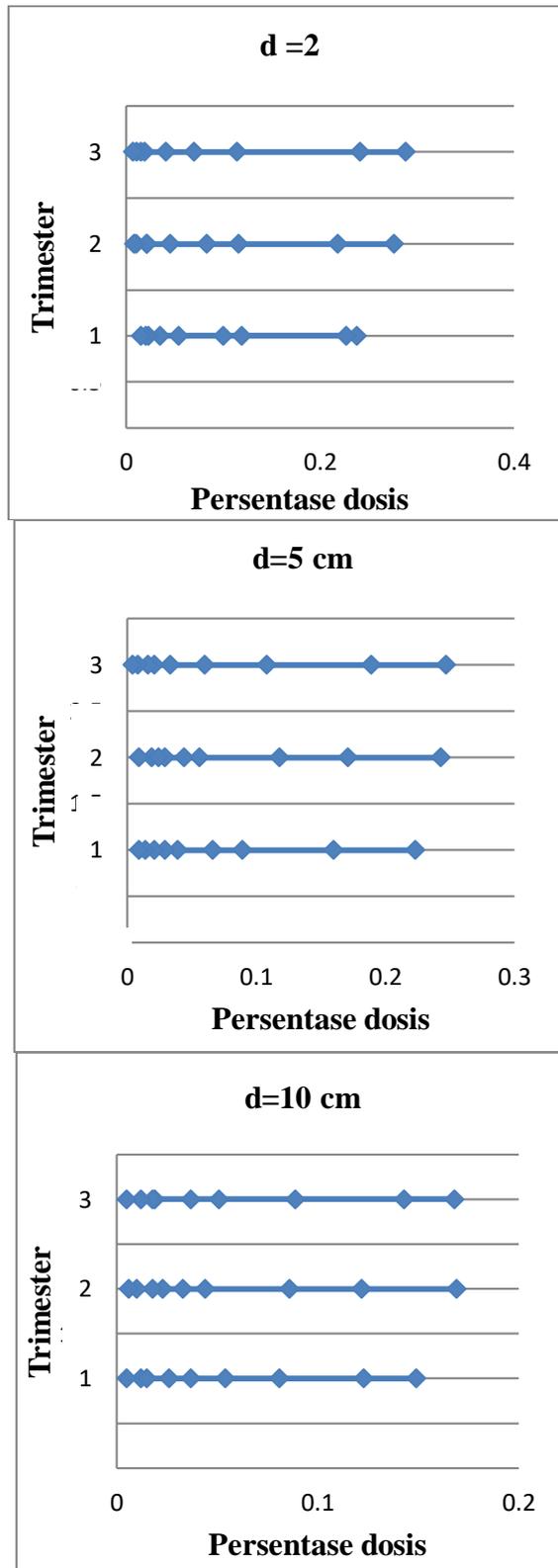
ketebalan abdomen 26 cm, dan trimester 3 berada pada jarak pengukuran 8-36 cm dan sudah memenuhi volume abdomen dengan tebal 27 cm. Awal kehamilan diambil ketika umur janin 12 minggu karena diperkirakan janin sudah mulai tumbuh dengan volume yang sudah terdeteksi sedangkan akhir kehamilan diambil ketika umur janin 40 minggu.

Payudara dianggap sebagai pusat penghambur, janin akan menerima dosis yang dipengaruhi oleh kedalaman mengikuti inverse square law ( $\sim 1/r^2$ ) dan atenuasi jaringan  $[(\sim e)^{-\mu r}]$ . Untuk semua simulasi ukuran pasien, dosis pada payudara dari penyinaran 2 lapangan tangensial adalah 200 cGy/fraksi, dan diberikan pada pertengahan payudara. Dan begitu juga dengan lapangan penyinaran supraclave, diberikan dosis yang sama per fraksi pada kedalaman 3 cm sebesar 200 cGy. Pada umumnya radioterapi kanker payudara dilakukan dalam 30 fraksi dengan dosis target 6000 cGy.

Pada penyinaran pasien dengan ukuran payudara kecil, diandaikan pasien menerima radioterapi 2 lapangan tangensial dengan luas lapangan 6 x 16 cm<sup>2</sup> dan lapangan supraclave 14 x 5.8 cm<sup>2</sup>. Hasil kalkulasi persentase dosis janin pada trimester 1, 2, dan 3. Persentase dosis janin merupakan nilai perbandingan dosis pada titik pengamatan terhadap dosis target. Dari data dibuat grafik hubungan antara persentase dosis janin dengan jarak pengukuran untuk ketiga trimester. Tampak untuk penyinaran dengan 2 lapangan tangensial, persentase dosis janin cenderung menurun secara eksponensial dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini dikarenakan jarak dari payudara ke kedalaman 2 cm adalah paling dekat, diikuti kedalaman 5 cm dan 10 cm untuk semua titik pengamatan. Jika dilihat dari trimester kehamilan, persentase dosis janin cenderung meningkat dengan bertambahnya trimester, terutama untuk jarak pengukuran sampai dengan 14 cm. Bertambahnya trimester berarti jarak antara posisi janin terhadap lapangan radiasi akan semakin dekat, sehingga meningkatkan dosis janin.

Untuk lapangan tangensial dengan tambahan supraclave, tampak ketiga kurva untuk kedalaman 2 cm, 5 cm, dan 10 cm juga menurun secara eksponensial, namun ketiganya cenderung lebih rapat, yang berarti pengaruh kedalaman lebih tidak signifikan dibandingkan dengan persentase dosis janin yang diperoleh dari lapangan tangensial saja. Ditinjau dari trimester kehamilan, nilai persentase dosis janin juga cenderung mengalami peningkatan dan kurva menjadi lebih rapat (hampir menyatu) dengan pertambahan trimester.

Secara umum persentase dosis janin pada kedalaman 2 cm adalah selalu relatif paling tinggi, yang kemudian diikuti oleh persentase dosis pada kedalaman 5 cm, dan 10 cm. Pengaruh kedalaman tidak signifikan pada lapangan tangensial dimulai pada jarak pengukuran 22 cm dengan sedangkan untuk lapangan tangensial dengan tambahan lapangan supraclave pengaruh kedalaman menjadi relatif tidak signifikan dimulai pada jarak pengukuran 18 cm. Untuk keperluan evaluasi, dibuat grafik rentang persentase dosis tiap trimester kehamilan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Kurva rentang persentase dosis janin ukuran kecil

## KESIMPULAN

Jarak antara tepi lapangan radiasi dengan posisi titik pengukuran dibuat bervariasi dengan asumsi letak janin yang berubah sesuai umur kehamilan dan diamati pada tiap trimester kehamilan. Pada setiap jarak tertentu, perhitungan dosis dilakukan pada 3 kedalaman berbeda yaitu 2, 5, dan 10 cm. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dosis janin akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman, berkurangnya luas lapangan, dan maksimum pada saat jarak antara tepi lapangan dengan posisi janin terdekat.

## REFERENSI

1. Alatas, Z. (2005). Efek Tetragonik Radiasi Pengion. Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir – BATAN. Iptek Ilmiah Populer.
2. Alatas, Z. (2006). Efek Pewarisan Akibat Radiasi Pengion. PTKMR – BATAN. Buletin ALARA Vol 8. No. 2.
3. Bartlett, R.M., Nickles, R.J., Barnhart, T.E., Christian, B.T., Holden, J.E., DeJesus, O.T., *Fetal Dose Estimates for  $^{18}\text{F}$ -Fluoro-L-Thymidine Using a Pregnant Monkey Model*. Journal of Nuclear Medicine Vol. 51 No. 2 288-292
4. Bentel, G.C., Nelson, C.E., Noell, K.T., (1989). *Treatment Planning & Dose Calculation in Radiation Oncology*, Edisi 4. McGRAW-HILL, INC
5. Bentel, G.C, *Radiation Therapy Planning, second edition, Mc Graw Hill. Department of Radiation Oncology. North Carolina*
6. Nurhayati, N., & Mulyaningsih, N. N. (2020). PENERAPAN RADIOTERAPI PADA PENGOBATAN KANKER PAYUDARA. Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika, 1(2), 88-94.
7. Bradley, B., Fleck, A., Osei, E.K., *Normalized data for the estimation of fetal radiation dose from radiotherapy of the breast*. The British Journal of Radiology, 79 (2006), 818–827
8. Coia, L.R, Muylan, D.J, *Introduction to Clinical Radiation Oncology*, third edition, Medical Physics Publishing
9. Djarwani. S., Prayitno. *Studi Dosis Janin Dalam Radioterapi Eksternal Dengan Radiasi Gamma Cobalt-60 Menggunakan Fantom dan TLD*. Universitas Indonesia
10. Dyk, J.V, *The Modern Technology of Radiation Oncology Vol 2*, Medical Physics Publishing
11. Erven, K., Weltens, C., Van Limbergen, E., Van den Bogaert, W., *Modern radiotherapy techniques for breast cancer*. (BJMO 2008;Vol 2;6:308-14)
12. IAEA (2005), *Radiation Oncology Physics : A Handbook For Teachers and Student*, Vienna, Austria