

Prediction of 2D Isodose Curve on Arbitrary Field Size in Radiation Treatment Planning System (RTPS)

Dewi Tri Nugraheni¹, Vincensius Gunawan¹, Choirul Anam^{1,*}

¹Physics Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University

*corresponding author's email: anam@fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

The study on prediction of 2D isodose curves for arbitrary field size has been done. Isodose curve is very useful for planning and evaluation of doses received by patients in the radiotherapy treatment.

The percentage depth dose (PDD) and dose profiles data for standard field size (square) were obtained from measurements in the Kersaras hospital, Semarang Regency. Dose profiles were taken at a depth of 1.5 cm and a radiation source to skin distance (SSD) of 100 cm. The calculation of PDD data in any field size uses linear interpolation method. While the calculation of the dose profile curve uses the widening, narrowing and weighting interpolation method. Firstly, the calculation of PDD and dose profile for standard field sizes of 3x3, 10x10, 15x15 and 20x20 cm² were carried out and the results were compared to the measurements. Secondly, the PDD and dose profile for arbitrary field sizes 7x7 dan 13x13 cm² were calculated. After that, the isodose curves for arbitrary field sizes were generated.

The results showed that PDD curves of standard field sizes have maximum deviation values < 5% compared to the measurements. While the dose profile curves for field sizes up from 5x5 cm² have maximum deviation values approximately 5% which was less than measurement. The profile curve of field size of 3x3 cm² has maximum deviation value >5%. These results showed that our proposed algorithm was relatively valid. In this study, the PDD, dose profile and isodose curves of arbitrary field sizes 7x7cm² and 13x13 cm² were successfully generated.

Keyword: PDD, dose profile, isodose curve, arbitrary field size, linier interpolation method, widening, narrowing, and weighting interpolation.

ABSTRAK

Telah dilakukan prediksi kurva isodosis 2D untuk luas lapangan sebarang. Kurva isodosis berguna untuk merancang dan mengevaluasi dosis radiasi yang diterima oleh pasien dalam radioterapi.

Data *percentage depth dose* (PDD) dan profil dosis untuk luas lapangan standar (persegi) diperoleh dari hasil pengukuran di RS Kersaras Kabupaten Semarang. Profil dosis diambil pada kedalaman 1,5 cm dan jarak sumber radiasi ke kulit (SSD) 100 cm. Perhitungan data PDD pada luas lapangan sebarang menggunakan metode interpolasi linier. Sedangkan perhitungan kurva profil dosis menggunakan metode interpolasi pelebaran, penyempitan dan pembobotan. Pertama dilakukan perhitungan PDD dan profil dosis untuk lapangan standar, yaitu 3x3, 10x10, 15x15 dan 20x20 cm² dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran. Berikutnya dilakukan perhitungan PDD dan profil dosis untuk lapangan tak standar, yaitu 7x7 dan 13x13 cm². Setelah itu baru dilakukan pembuatan kurva isodosis untuk lapangan-lapangan tak standar.

Hasil perhitungan PDD untuk beberapa luas lapangan standar memiliki nilai deviasi maksimal < 5% dibandingkan dengan hasil pengukuran. Demikian pula profil dosis hasil perhitungan untuk luas lapangan 5x5 cm² ke atas memiliki nilai deviasi maksimal sekitar 5% atau lebih kecil dibandingkan dengan pengukuran. Sedangkan profil dosis luas lapangan 3x3 cm² memiliki nilai deviasi maksimal > 5%. Hal ini menunjukkan

bahwa algoritma yang kami usulkan relatif cukup valid. Dalam studi ini juga telah berhasil dibuat PDD, profil dosis dan kurva isodosis untuk luas lapangan tak standar, yaitu 7×7 dan 13×13 cm².

Kata kunci : PDD, profil dosis, kurva isodosis, luas lapangan sebarang, metode interpolasi linier, interpolasi pelebaran, penyempitan dan pembobotan.

Pendahuluan

Salah satu aplikasi radiasi dalam bidang kesehatan adalah untuk radioterapi. Tujuan radioterapi adalah untuk mematikan sel-sel kanker dengan menghindari kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya [1]. Karena itu dalam radioterapi perlu dilakukan perencanaan sebelum terapi dilakukan agar tujuan radioterapi tersebut tercapai [2]. Dalam perencanaan terapi perlu diatur jumlah berkas radiasi, arah radiasi, pembobotan berkas radiasi, energi radiasi, dan luas lapangan radiasi yang akan digunakan [3-5].

Untuk itu karakterisasi dosis radiasi untuk berbagai luas lapangan menjadi sangat penting. Dilaporkan dari beberapa riset bahwa jika luas lapangan berubah maka distribusi dosis juga berubah [6-8]. Sunaryati [6] meneliti dosis serap untuk lapangan radiasi persegi panjang berkas foton 10 MV. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 10 cm, jarak sumber ke permukaan 100 cm dan luas lapangan persegi divariasi mulai dari 4×4 cm² sampai dengan 20×20 cm² serta beberapa lapangan radiasi persegi panjang.

Budiarti et al. [7] menganalisis kualitas radiasi keluaran berkas foton 6 dan 10 MV untuk luas lapangan radiasi yang bervariasi mulai dari 3×3 cm² sampai dengan 40×40 cm². Kualitas radiasi dikarakterisasi dengan kurva PDD yang diukur di dalam fantom air menggunakan sistem dosimeter PTW Tandem pada jarak sumber radiasi ke permukaan 100 cm. Sedangkan Rahayuningsih et al. [8] meneliti perubahan kurva PDD di dalam fantom air yang terjadi pada luas lapangan persegi panjang yang ekuivalen dengan lapangan bujur sangkar 10×10 cm² dengan simulasi Monte Carlo. Dalam studinya, salah satu sisi lapangan diset 15, 20, 25, 30, dan 40 cm, sementara sisi satunya lagi diatur sedemikian rupa sehingga luas lapangan ekuivalen dengan lapangan bujur sangkar 10×10 cm².

Sedangkan untuk distribusi dosis yang direpresentasikan dalam kurva isodosis telah dilakukan oleh Anam [9]. Anam [9] telah membuat

kurva isodosis untuk beberapa luas lapangan standar menggunakan interpolasi linier untuk data PDD dan profil dosis pada kedalaman 1,5 cm. Kelemahan program yang telah dibuat adalah bahwa kurva isodosis hanya untuk luas lapangan standar saja, sedangkan kurva isodosis untuk luas lapangan tidak standar belum dibuat.

Sebenarnya penggunaan luas lapangan untuk penyinaran kanker secara klinis kebanyakan bukanlah lapangan standar. Hal tersebut dikarenakan ukuran kanker yang ireguler dan sangat variatif. Oleh karena itu pada studi ini akan memprediksi kurva isodosis 2D untuk luas lapangan sebarang sehingga mempermudah dalam perencanaan terapi radiasi.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan data PDD dan profil dosis hasil pengukuran dari radiasi foton 6 MV yang dihasilkan oleh pesawat Linac merk Siemens tipe Primus M Class 5633 di Rumah Sakit Kersaras, Semarang, Jawa Tengah. Perhitungan dosis dan pembuatan kurva isodosis menggunakan netbook dengan Processor Intel (R) Core (TM) Duo CPU T6500 dan *Installed memory* (RAM) 2,00 GB. Software yang digunakan adalah Matlab R2010a dan excel.

Tata Cara Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan dalam beberapa tahapan. *Pertama* adalah penyiapan data PDD dan profil dosis hasil pengukuran untuk lapangan standar. *Kedua*, dilakukan pengubahan skala dan normalisasi data PDD dan profil dosis. *Ketiga* adalah perhitungan PDD dan profil dosis untuk lapangan standar (3×3 , 10×10 , 15×15 dan 20×20 cm²) dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran. *Keempat*, adalah perhitungan PDD dan profil dosis untuk lapangan tidak standar (sebarang), yaitu untuk ukuran lapangan 7×7 dan 13×13 cm². Terakhir adalah

perhitungan dosis pada semua titik pada daerah 2D dan pembuatan kurva isodosi.

a. Data PDD dan profil dosis

Data PDD dan profil dosis merupakan data sekunder hasil pengukuran dari pesawat Linac 6 MV untuk ukuran lapangan persegi standar, yaitu 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 8x8, 10x10, 15x15, 20x20, 30x30 dan 40x40 cm². Data profil dosis diambil pada kedalaman 1,5 cm. Pengukuran dilakukan dengan jarak sumber ke permukaan kulit (SSD) adalah 100 cm.

b. Standarisasi skala

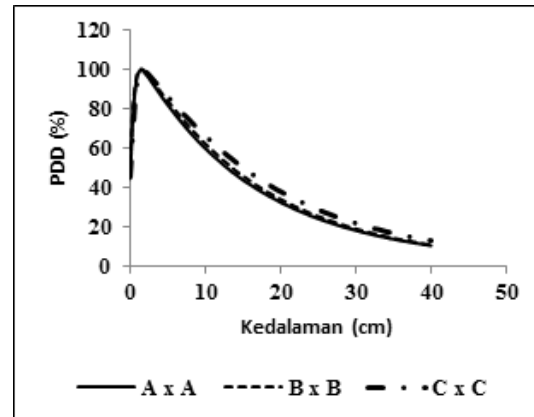
Data PDD dan profil dosis hasil pengukuran memiliki skala yang berbeda-beda. Untuk itu dilakukan standarisasi skala, yaitu dengan skala 0,5 cm. Proses ini dilakukan dengan interpolasi linier dengan menggunakan software Matlab, hasilnya disimpan di excel. Nilai dosis pada kurva PDD tidak diubah yaitu dari 0-100%. Namun, nilai dosis pada kurva profil dilakukan normalisasi dengan nilai maksimum menjadi satu. Hal ini untuk menjamin bahwa nilai dosis pada tiap titik sebagai hasil kali PDD dan profil dosis, tetap bernilai maksimal 100%. Normalisasi dilakukan menggunakan software excel.

c. Pembuatan PDD dan profil dosis baru

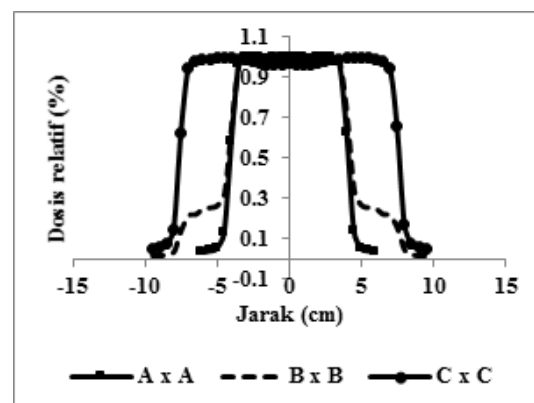
Perhitungan PDD dan profil dosis baru diawali dengan pembuatan lapangan standar (3x3, 10x10, 15x15 dan 20x20 cm²) agar dapat dibandingkan dengan pengukuran. Setelah itu, baru dibuat PDD dan profil dosis untuk lapangan-lapangan yang lain dengan metode yang sama. Metode yang digunakan untuk membuat kurva PDD adalah metode interpolasi linier. Syarat mencari PDD lapangan tertentu harus terdapat dua data PDD lapangan standar, yang satu adalah dengan luas lapangan lebih besar dan satunya lagi dengan luas lapangan lebih kecil, seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.

Untuk membuat kurva profil dosis beberapa luas lapangan standar tidak bisa menggunakan metode interpolasi linier karena kurva yang diperoleh tidak sesuai (Gambar 2). Interpolasi khusus yang digunakan adalah interpolasi pelebaran, penyempitan dan pembobotan. Misalnya, diperoleh data dosis dan jarak dari hasil penyinaran sepanjang sumbu x yaitu (x_1) pada profil 1,5 cm untuk luas lapangan AxA (luas

lapangan standar yang lebih kecil) dan data jarak (x_2) untuk luas CxC (luas lapangan standar yang lebih besar), untuk mengetahui dosis (D) untuk luas lapangan BxB maka caranya yaitu dengan melebarkan jarak awal (x_1) untuk luas AxA dan menyempitkan jarak awal (x_2) untuk luas CxC seperti pada Gambar 3.



Gambar 1. Garis putus-putus adalah grafik PDD luas lapangan BxB hasil perhitungan menggunakan metode interpolasi linier. AxA adalah grafik PDD untuk luas lapangan standar yang lebih kecil. CxC adalah grafik PDD untuk luas lapangan standar yang lebih besar.



Gambar 2. Kurva profil dosis yang menggunakan metode interpolasi linier. Garis putus-putus adalah kurva profil dosis BxB hasil interpolasi linier. Kurva hasil interpolasi tidak sesuai dengan kurva profil dosis lapangan yang akan dicari.

Rumus interpolasi pelebaran jarak (x_1) untuk luas AxA sebagai berikut:

$$D_{lebar} = x_1(awal) + \left(\frac{B-A}{A}\right) x_1(awal) \quad (1)$$

Sedangkan rumus interpolasi penyempitan jarak (x_2) untuk luas CxC sebagai berikut:

$$D_{sempit} = x_2(awal) - \left(\frac{C-B}{C}\right) x_2(awal) \quad (2)$$

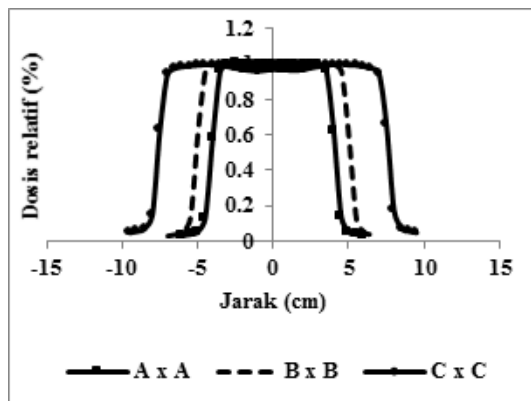
Kemudian jarak hasil pelebaran dan penyempitan dibuat skala 0,5 cm sehingga dosis serap yang tidak terdapat pada data diperoleh dengan metode interpolasi linier. Dosis serap (D_B) dari luas BxB diperoleh dengan interpolasi pembobotan:

$$D_b = \left(\frac{B-A}{C-A}\right) D_{lebar} + \left(\frac{C-B}{C-A}\right) D_{sempit} \quad (3)$$

Metode pelebaran dan penyempitan ditunjukkan pada Gambar 4.

Setelah perhitungan selesai, kemudian PDD dan profil dosis hasil perhitungan dibandingkan dengan PDD dan profil dosis hasil pengukuran. Untuk menghitung nilai deviasi hasil perhitungan digunakan persamaan:

$$\Delta\% = \left(\frac{\text{Perhitungan}-\text{pengukuran}}{\text{Pengukuran}}\right) \times 100\% \quad (4)$$



Gambar 3. Kurva profil dosis dengan metode pelebaran dan penyempitan. Garis putus-putus adalah kurva profil dosis luas lapangan BxB yang dicari dengan pembobotan dari pelebaran profil AxA dan penyempitan profil CxC.

d. Perhitungan PDD dan profil dosis untuk lapangan sebarang

Perhitungan PDD dan profil dosis untuk lapangan sebarang dilakukan untuk dua lapangan saja, yaitu 7x7 dan 13x13 cm². Perhitungannya sama dengan perhitungan pada poin ketiga (c).

e. Pembuatan kurva isodosi.

Pembuatan kurva isodosi sama dengan metode yang digunakan oleh Anam [9]. Kurva isodosi untuk luas lapangan tertentu diperoleh dengan mengalikan PDD dengan profil dosis di permukaan (OA). Misal ingin mengetahui nilai dosis di titik P yang berada di kedalaman d , dan jarak horizontal x_n diperoleh dengan persamaan:

$$D_p(d, x_n) = PDD_d \times OA_{x_i} \quad (5)$$

Dengan PDD_d adalah dosis di kedalaman d , sedangkan OA_{x_i} adalah dosis dengan jarak x_i pada profil dosis di permukaan. Namun karena berkas radiasi merupakan berkas kipas, maka posisi x_i harus ditentukan satu persatu dengan teknik tertentu. Nilai x_i (posisi x pada ke dalaman 1,5 cm) dicari dengan cara proyeksi terhadap x_n (posisi x pada kedalaman d) ditentukan oleh persamaan:

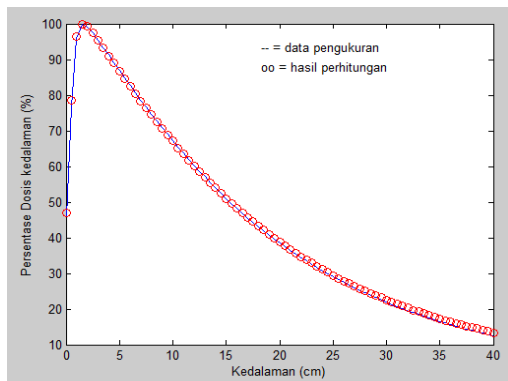
$$x_i = \frac{f \times x}{f+d} \quad (6)$$

Dengan f adalah SSD (jarak sumber ke permukaan). Dari nilai x_i kemudian diperoleh nilai OA_{x_i} dengan interpolasi linier. Setelah nilai dosis pada semua titik diperoleh, maka dosis dengan nilai yang sama terhubung untuk menciptakan kurva isodosi.

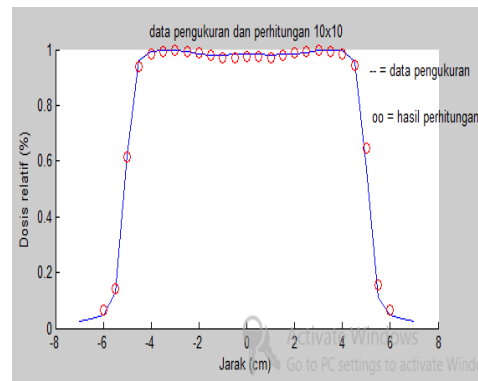
Hasil dan Pembahasan

Luas Lapangan Standar

Kurva PDD hasil perhitungan dan pengukuran untuk luas lapangan 10x10 cm² ditunjukkan oleh Gambar 4. Karakteristik kurva PDD untuk foton MV dicirikan oleh adanya kenaikan dosis dengan cepat dari permukaan sampai kedalaman tertentu, lalu mengalami penurunan secara eksponensial dengan bertambahnya kedalaman. Kurva PDD pada luas lapangan yang lain juga memiliki pola yang sama, meski dengan nilai yang berbeda-beda. Nilai deviasi maksimal antara PDD hasil pengukuran dan perhitungan untuk luas lapangan 3x3, 5x5, 10x10, 15x15, dan 20x20 cm² ditunjukkan oleh Tabel 1. Secara keseluruhan nilai deviasi maksimum untuk semua kurva PDD hasil perhitungan yang menggunakan metode interpolasi linier di bawah 3%. Nilai tersebut masih berada di dalam rentang yang diijinkan karena batas maksimum deviasi adalah 5% [10].



Gambar 4. Kurva PDD hasil pengukuran dan hasil perhitungan untuk luas lapangan standar 10x10 cm².



Gambar 5. Kurva profil dosis hasil pengukuran dan hasil perhitungan untuk luas lapangan standar 10x10 cm².

Tabel 1. Nilai deviasi untuk PDD hasil perhitungan terhadap hasil pengukuran untuk beberapa luas lapangan standar.

No.	Luas lapangan (cm ²)	Deviasi (%)
1.	3x3	0,06
2.	5x5	0,50
3.	10x10	1,75
4.	15x15	2,89
5.	20x20	1,38

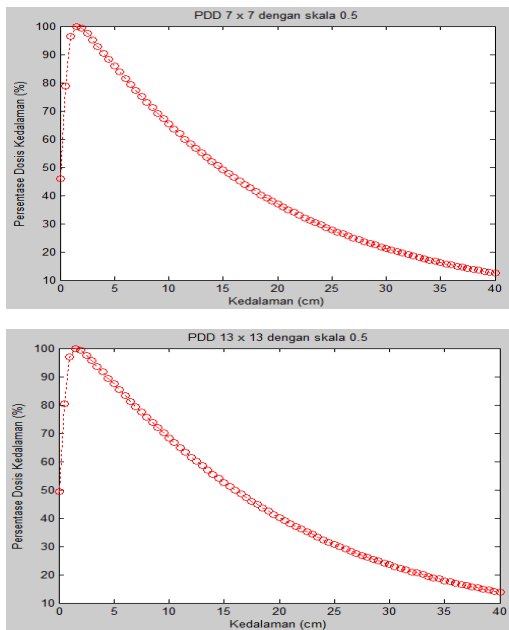
Tabel 2. Nilai deviasi kurva profil dosis hasil perhitungan terhadap hasil pengukuran untuk beberapa luas lapangan standar.

No.	Luas Lapangan (cm ²)	Deviasi (%)
1.	3x3	17,34
2.	5 x5	3,96
3.	10x10	5,02
4.	15x15	2,90
5.	20x20	0,66

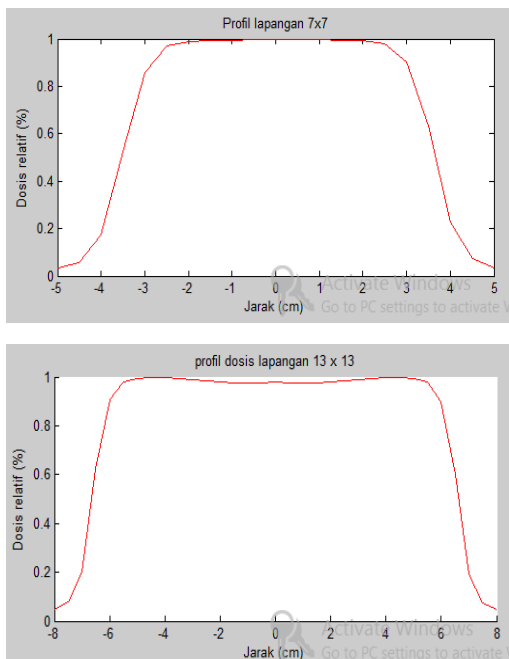
Kurva profil dosis untuk luas lapangan standar 10x10 cm² hasil perhitungan dan pengukuran ditunjukkan pada Gambar 5. Tampak bahwa pada tengah profil dosis tidak rata. Sebelum turun secara eksponensial pada daerah pinggir, dosis agak sedikit naik. Inilah yang dinamakan efek tanduk (*horn*) pada profil dosis. Untuk luas lapangan yang lain juga memiliki pola yang sama, meski dengan nilai yang berbeda-beda. Nilai deviasi maksimal antara profil dosis hasil pengukuran dan perhitungan untuk luas lapangan 3x3, 5x5, 10x10, 15x15, dan 20x20 cm² ditunjukkan oleh Tabel 2. Tampak bahwa deviasi maksimal relatif kecil, namun pada luas lapangan 3x3 cm², deviasi maksimal cukup besar yaitu sekitar 17%. Memang pada luas lapangan kecil, akurasi perhitungan dosis terdapat problem yang harus diatasi. Hasil ini menunjukkan untuk luas lapangan 5x5 cm² keatas, metode interpolasi jenis ini menghasilkan hasil yang relatif baik.

Luas Lapangan Sebarang

Dari hasil sebelumnya diperoleh bahwa pembuatan PDD baru dengan metode interpolasi linear, dan pembuatan kurva profil dosis dengan metode interpolasi pelebaran, penyempitan dan pembobotan, hasilnya relatif baik. Berikutnya akan dihitung kurva PDD dan profil dosis untuk lapangan sebarang. Selanjutnya akan dibuat kurva isodosis pada lapangan tersebut. Dalam studi ini hanya dipilih dua luas lapangan, yaitu 7x7 cm² dan 13x13 cm², untuk lapangan-lapangan yang lain, dihitung dengan cara yang sama. PDD lapangan 7x7 cm² dan 13x13 cm² ditunjukkan oleh Gambar 6, dan kurva profilnya ditunjukkan oleh Gambar 7.



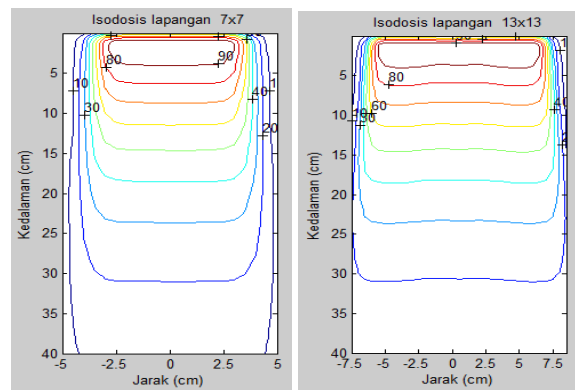
Gambar 6. Kurva PDD luas lapangan sebarang 7x7 cm² (atas) dan 13x13 cm² (bawah).



Gambar 7. Kurva profil dosis luas lapangan sebarang 7x7 cm² (atas) dan 13x13 cm² (bawah).

Sedangkan kurva isodosi ditunjukkan oleh Gambar 8. Kurva Isodosi untuk luas lapangan sebarang diperoleh dengan menghitung dosis tiap titik dengan cara mengalikan PDD dan profil dosis. Kemudian

menghubungkan titik-titik yang memiliki dosis yang sama membentuk kurva isodosi. Tampak bahwa semakin besar luas lapangan semakin lebar kurva isodosi yang terbentuk. Tampak juga untuk luas lapangan 13x13 cm², di bagian tengah agak tidak datar, hal ini adalah pengaruh *horn* profil dosis, sebab dalam penelitian ini hanya menggunakan satu profil dengan kedalaman 1,5 cm. Untuk hasil yang lebih baik, sebaiknya digunakan beberapa profil dosis pada kedalaman tertentu.



Gambar 8. Kurva isodosi untuk luas lapangan sebarang 7x7 cm² (kiri) dan 13x13 cm².

Jadi, dalam studi ini telah berhasil dibuat software untuk menghitung kurva isodosi untuk luas lapangan sebarang. Namun demikian, hasil kurva isodosi yang terbentuk belum dibandingkan dengan hasil pengukuran secara langsung. Untuk itu, perlu dilakukan perbandingan dengan hasil pengukuran untuk studi berikutnya.

Kesimpulan

Prediksi kurva isodosi 2D untuk luas lapangan sebarang telah dilakukan. Bila dibandingkan antara data pengukuran dan hasil perhitungan kurva PDD luas lapangan standar memiliki nilai deviasi < 5%. Sedangkan kurva profil dosis luas lapangan standar 5x5 cm² ke atas memiliki nilai deviasi sekitar 5% atau lebih kecil, nilai tersebut masih berada di dalam rentang yang diijinkan karena batas maksimum deviasi adalah 5%. Sehingga metode interpolasi linier, interpolasi pelebaran, penyempitan dan pembobotan yang digunakan untuk perhitungan relatif valid. Metode tersebut digunakan untuk

membuat kurva isodosis luas lapangan sebarang yaitu $7 \times 7 \text{ cm}^2$ dan $13 \times 13 \text{ cm}^2$.

Daftar Pustaka

- [1] Susworo, R., (2007), *Radioterapi: Dasar-Dasar Radioterapi*, Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker, in, UI-Press, Jakarta.
- [2] Khan, F.M., (2010), *The physics of radiation therapy*, Lippincott Williams & Wilkins,
- [3] Hendee, W.R., Ibbott, G.S., Hendee, E.G., (2013), *Radiation therapy physics*, John Wiley & Sons,
- [4] Podgorsak, E., (2005), *External Photon Beams: Physical Aspects in Radiation Oncology Physics: A Hand Book for Teachers and Student*, in, Publishing Section IAEA, Vienna, Austria: .
- [5] Cherry, P., Duxbury, A., (2009), *Practical radiotherapy: Physics and equipment*, John Wiley & Sons,
- [6] Sunaryati, S.I., (2006), *Penentuan Dosis Serap Lapangan Radiasi Persegi Panjang Berkas Foton 10 MV dengan Pengukuran dan Perhitungan*, in: Seminar Keselamatan Nuklir, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir, Batan.
- [7] Budiarti, C.T., Rajagukguk, N., Firmansyah, A.F., (2011), *Analisis Kualitas Radiasi dan Kalibrasi Luaran Berkas Foton 6 dan 10 MV Pesawat Pemercepat Linier Medik Varian CLINAC CX 4566*, in: Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII, Pusat Teknologi Keselamatan Metrologi Radiasi, Batan., Yogyakarta.
- [8] Rahayuningsih, S., Setiabudi, W., Anam, C., (2012), *The Evaluation of The Square Equivalent Field $10 \times 10 \text{ cm}^2$ in The 6 MV Photon by using Monte Carlo Simulation*, in: 2th ISNPINSA, Semarang, pp. 261-265.
- [9] Anam, C., (2012), *Development of 2D isodose curve from the PDD and dose profiles using matlab*, in: 2th ISNPINSA, Semarang, pp. 48-52.