

Analisis Pengaruh Penggunaan *Physical Wedge Filter* pada *Dose Profile* dan *Percentage Depth Dose* Pesawat Radioterapi Clinax-Cx di Rumah Sakit Universitas Andalas

Mohammad Randy Alhafiz¹, Rico Adrial^{1,*}

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel	ABSTRAK
Histori Artikel: Diajukan: 2 Januari 2025 Direvisi: 15 Februari 2025 Diterima: 1 Maret 2025	Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan <i>physical wedge filter</i> pada <i>dose profile</i> dan <i>Percentage Depth Dose</i> (PDD) pesawat teleterapi CLINAC-CX di rumah sakit Universitas Andalas. Penelitian ini bertujuan menentukan bentuk kurva <i>dose profile</i> dan PDD yang terbentuk dari penggunaan <i>physical wedge</i> . Pengukuran dilakukan dengan variasi energi berkas foton (6 MV dan 10 MV) dan variasi sudut <i>physical wedge filter</i> (15°, 30°, 45°, dan 60°). Pengolahan data dimulai dengan menghitung data-data yang tidak lengkap dari LINAC menggunakan teknik interpolasi. Data kemudian ditampilkan kedalam bentuk kurva atau grafik menggunakan <i>Microsoft Excel</i> . Hasil pengukuran kurva PDD menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan kurva yang dibentuk menggunakan <i>wedge</i> maupun tidak. z_{max} yang dihasilkan tidak berbeda jauh satu sama lain, di mana untuk berkas 6 MV tanpa <i>wedge</i> 13,8 mm sementara rata-rata variasi <i>wedge</i> adalah 14,72 mm. Variasi berkas 10 MV menunjukkan nilai 23,4 mm dan rata-rata 24 mm. <i>Dose profile</i> yang terbentuk dipengaruhi penggunaan <i>wedge</i> , perbandingan nilai <i>symmetry</i> , <i>flatness</i> , dan <i>penumbra</i> terkecil maupun terbesar. Nilai terkecil pada penyinaran 6 MV tanpa <i>wedge</i> berturut-turut 2,1 %, 3,1 %, 7,1 mm, dan 7,3 mm, sementara terbesar dengan sudut <i>wedge</i> 60°, 32,4 %, 58,3 %, 15,8 mm. <i>Wedge factor</i> antara 6 MV dan 10 MV tidak menunjukkan perbedaan.
Kata kunci: <i>Dose profile</i> LINAC <i>Percent Depth Dose</i> <i>Wedge filter</i>	
Keywords: <i>dose profile</i> LINAC <i>Percent Depth Dose</i> <i>wedge filter</i>	<i>A study has been conducted on the effect of using a physical wedge filter on the dose profile and Percentage Depth Dose (PDD) of the CLINAC-CX teletherapy device at Andalas University Hospital. This study aims to determine the shape of the dose profile and PDD curves formed from the use of physical wedges. Measurements were made with variations in photon beam energy (6 MV and 10 MV) and variations in the angle of the physical wedge filter (15°, 30°, 45°, and 60°). Data processing begins by calculating incomplete data from the LINAC using interpolation techniques. The data is then displayed in the form of a curve or graph using Microsoft Excel. The results of the PDD curve measurement showed no significant difference in the curve formed using or without a wedge. The resulting z_{max} did not differ much from each other, where for a 6 MV beam without a wedge it was 13.8 mm while the average wedge variation was 14.72 mm. The 10 MV beam variation showed a value of 23.4 mm and an average of 24 mm. The dose profile formed is influenced by the use of wedge, the comparison of the smallest and largest symmetry, flatness, and penumbra values. The smallest values at 6 MV irradiation without wedge are respectively 2.1%, 3.1%, 7.1 mm, and 7.3 mm, while the largest with a wedge angle of 60°, 32.4%, 58.3%, 15.8 mm. The wedge factor between 6 MV and 10 MV shows no difference.</i>
Penulis Korespondensi: Rico Adrial Email: ricoadrial@sci.unand.ac.id	

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserve

I. PENDAHULUAN

Radioterapi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengobatan tumor atau kanker. Radioterapi menggunakan berkas radiasi pengion berupa foton atau elektron dalam penanganan kanker. Kanker muncul karena adanya sel-sel abnormal di dalam tubuh. Sel-sel abnormal tersebut tumbuh secara tidak terkontrol dan dapat menyerang jaringan di sekitarnya (Chakrabarti & Mitra, 2017). Kanker dapat tumbuh di bagian tubuh mana saja, salah satunya di permukaan kulit.

Permukaan kulit pada daerah kanker cenderung tidak merata menyebabkan distribusi dosis tidak seragam, sehingga dosis yang diterima tidak optimal. Salah satu cara untuk menyeragamkan dosis pada permukaan kulit yang tidak rata adalah dengan menggunakan *wedge filter*. *Wedge filter* terbuat dari bahan padat yang mempunyai daya serap tinggi terhadap radiasi pengion. *Wedge filter* berfungsi menyeragamkan, memodifikasi atau mengoptimalkan distribusi isodosis pada volume target untuk pemberian dosis yang lebih baik (Khan & Gibbons, 2014).

Wedge Filter terdiri dari dua tipe yaitu, *physical wedge* dan *dynamic wedge*. *Physical wedge* terbuat dari material padat seperti timah dan besi, lalu dipasang pada *gantry* dengan jarak tertentu dari pasien. *Dynamical wedge* atau *virtual wedge* dihasilkan dengan cara menggerakkan *jaws*. *Jaws* merupakan bagian pada LINAC yang digunakan untuk menentukan bentuk medan radiasi (Shamsi dkk., 2016). Penggunaan *wedge filter* baik *physical wedge* maupun *virtual wedge* harus selalu memperhatikan *Quality Control*. Parameter yang dijadikan sebagai acuan adalah *dose profile* dan *Percentage Depth Dose* (PDD).

Aspek selanjutnya adalah *dose profile*. *Dose profile* merupakan bentuk muka pada sumbu horisontal yang tegak lurus terhadap arah datangnya sinar. *Dose profile* merupakan gambaran dosis dalam penyinaran radiasi sebagai fungsi spasial sepanjang garis horisontal (Perez dkk., 2008). Kestabilan *dose profile* pada pesawat LINAC dapat diperhatikan dari tiga parameter, yaitu: *flatness*, *symmetry*, dan penumbra. *Flatness* menunjukkan variasi dosis maksimum yang diperbolehkan pada lapangan penyinaran. Nilai *flatness* ditentukan pada daerah 80 % FWHM (*Full Width Half Maximum*) dari kurva dan data yang didapatkan. *Symmetry* menggambarkan persentase deviasi maksimum dosis radiasi di bagian kiri dan kanan pada 80 % FWHM. Penumbra menunjukkan keseragaman dosis radiasi pada daerah yang menerima 20% sampai 80 % (Khan & Gibbons, 2014).

Percentage Depth Dose (PDD) merupakan rasio antara dosis radiasi pada kedalaman tertentu dengan dosis radiasi pada kedalaman dosis maksimum (d_{maks}). PDD dijadikan sebagai acuan besarnya energi radiasi yang akan diterapkan pada terapi. Nilai PDD dipengaruhi oleh kedalaman, bentuk dan luas lapangan penyinaran, serta jarak permukaan ke sumber radiasi (Haffty & Wilson, 2009).

Selain *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *dose profile*, *wedge factor* juga akan dihitung. *Wedge factor* adalah perbandingan dosis yang dihasilkan pada penyinaran menggunakan *wedge* dan penyinaran tanpa *wedge* (Ahmad dkk., 2010).

Penggunaan *virtual wedge filter* pada pengobatan memerlukan lebih banyak persiapan yang harus dilakukan dibandingkan *physical wedge filter* (Akasaka dkk., 2017). *Physical wedge* juga lebih mudah diterapkan dan dipelajari penggunaannya. Zabihzadeh dkk. (2020) melakukan penelitian mengenai karakteristik dosimetris dari penggunaan *physical wedge filter* pada LINAC bertipe Siemens. PDD dan *dose profile* digunakan sebagai parameter karakteristik. Berkas foton pada LINAC dimodifikasi dengan menambahkan *physical wedge* 15° dan 45°. Teknik yang digunakan adalah SSD dengan jarak 100 cm dan energi foton 6 MV. PDD dan *dose profile* yang terbentuk dari penyinaran menunjukkan semakin tinggi sudut *wedge* maka akan mempertinggi kemiringan kurva.

Penelitian mengenai kualitas berkas LINAC tipe Clinac-CX di RS Universitas Andalas (UNAND) pada penggunaan *physical wedge filter* diperlukan. Karakteristik kurva PDD dan *dose profile* yang dihasilkan pada penelitian kali ini dijadikan acuan untuk pengobatan radioterapi menggunakan *physical wedge filter*, sehingga penyinaran pada pasien dapat dilakukan secara maksimal.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di Instalasi radioterapi RS UNAND dan Laboratorium Nuklir Departemen Fisika UNAND. Pesawat teleterapi LINAC digunakan sebagai instrumen untuk menghasilkan berkas radiasi baik foton maupun elektron. *Software* MyQA digunakan untuk

menampilkan grafik PDD dan *profile dose* ketika dilakukan penyinaran. *Physical wedge filter* merupakan perangkat eksternal LINAC yang digunakan untuk menyeragamkan dosis radiasi pada permukaan tubuh pasien yang tidak rata. *Physical wedge* memiliki beberapa variasi sudut dimulai dari 15°, 30°, 45°, dan 60°. *Aquades* sebagai air murni hasil distilasi yang digunakan untuk mengisi *blue phantom*. *Blue Phantom* berukuran (67,5 x 64,5 x 56) cm³ digunakan sebagai pengganti pasien pada pengukuran PDD (*Percentage Depth Dose*). *Ion chamber reference* dan *field* digunakan sebagai detektor dalam pengukuran PDD dan *profile dose*. *Ion chamber reference* diletakkan pada bagian sudut *blue phantom*, sementara *Ion chamber field* diletakkan pada lapangan *blue phantom*. *Computer Control Unit* (CCU), Kabel LAN, dan Konektor CCU ke *Ionisasi Chamber* berfungsi untuk menghubungkan perangkat.

Physical wedge filter dipersiapkan terlebih dahulu. *Aquades* dimasukkan ke dalam *blue phantom*. *Blue phantom* kemudian diletakkan sejajar dengan berkas laser LINAC. *Ion chamber reference* dan *field*, Kabel LAN, Konektor CCU dan CCU disiapkan. Detektor *ion chamber reference* diposisikan di bagian atas *blue phantom* dan *ion chamber field* di bagian bawah. Susunan alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Susunan alat penelitian

2.1 Pengukuran Dose Profile

Pada pengukuran dosis tahapan yang dilakukan yaitu :

1. Pertama *dose profile* yang ditentukan pada LINAC tanpa penggunaan *wedge filter*.
2. Software MyQA dibuka, kemudian klik *queue setup* maka akan tampil pilihan *cross line* untuk *dose profile*.
3. Pada software MyQA tipe radiasi yang digunakan adalah foton dengan energi 6 MV dan 10 MV, kedalaman yang diset adalah (0-30) cm, dan *field size* (10x10) cm².
4. Kemudian klik tulisan *measurement* dan *start* (Penyinaran dilakukan).
5. Hasil pengukuran *profile dose* akan terlihat pada komputer dalam bentuk kurva.
6. Selanjutnya pengukuran dilakukan dengan memasang *wedge* pada *gantry*.

2.2 Pengukuran Percentage Depth Dose (PDD)

Pengambilan data untuk PDD dilakukan dengan tahapan :

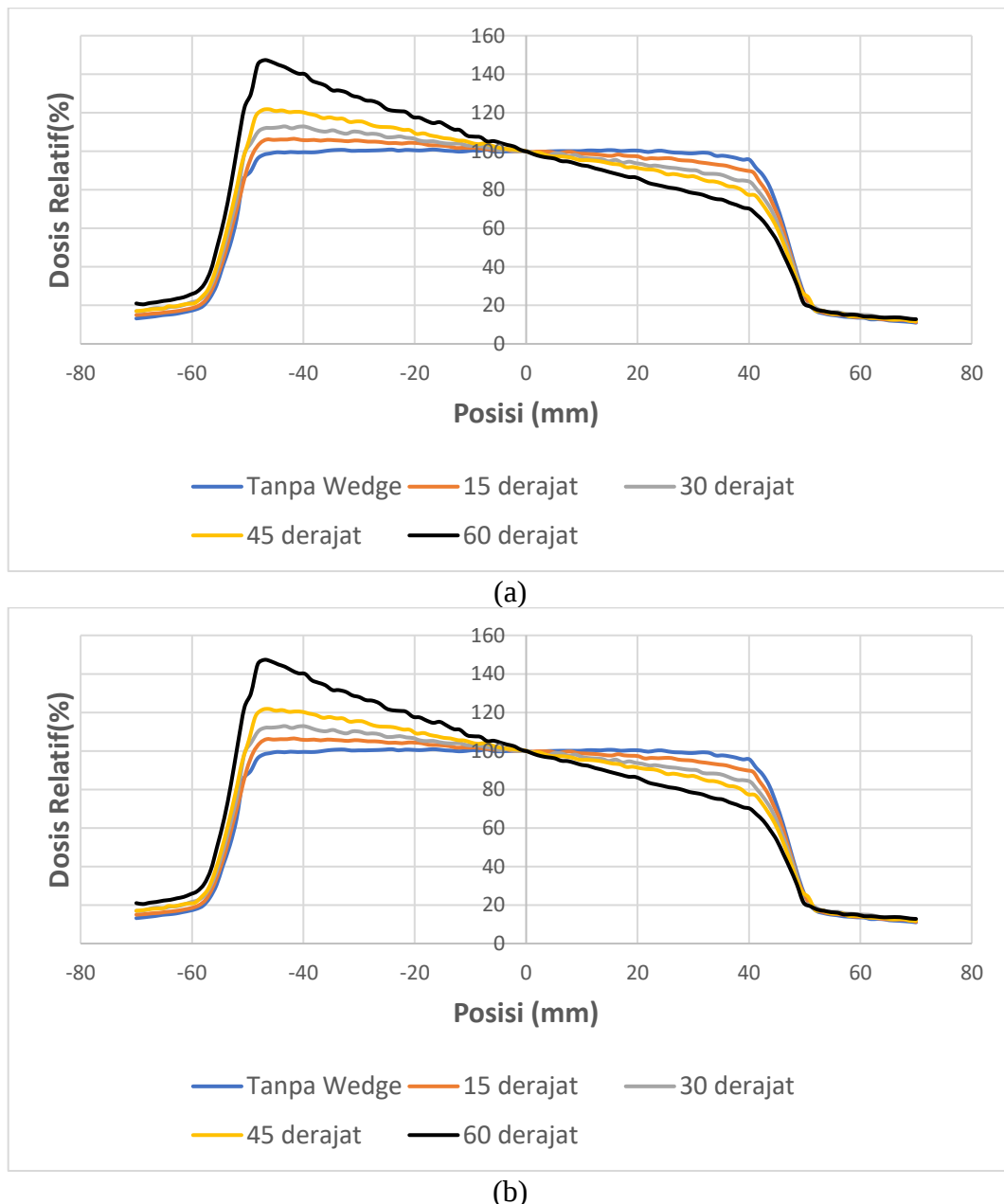
1. Prosedur pengambilan data PDD mempunyai tahap yang sama dengan pengambilan data *profile dose* tapi untuk PDD setelah *queue setup* pilih *depth dose*.
2. Penyinaran pertama dilakukan tanpa menggunakan *wedge filter*.
3. Tipe radiasi yang dipilih adalah foton dengan energi 6 MV dan 10 MV dengan kedalaman yang diset (0-30) cm.
4. Kemudian klik *measurement* dan *start*, penyinaran akan dimulai (*beam on*).

5. Hasil pengukuran PDD akan muncul dilayar dalam bentuk kurva.
6. Selanjutnya pengukuran dilakukan dengan memasang *wedge* pada gantry

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengukuran *Dose Profile*

Gambar 2 (a) dan Gambar 2 (b) menunjukkan bentuk *dose profile* yang dihasilkan berdasarkan variasi energi dan sudut. Kedua grafik menunjukkan pola serupa dengan grafik penelitian oleh Geraily dkk. (2014).

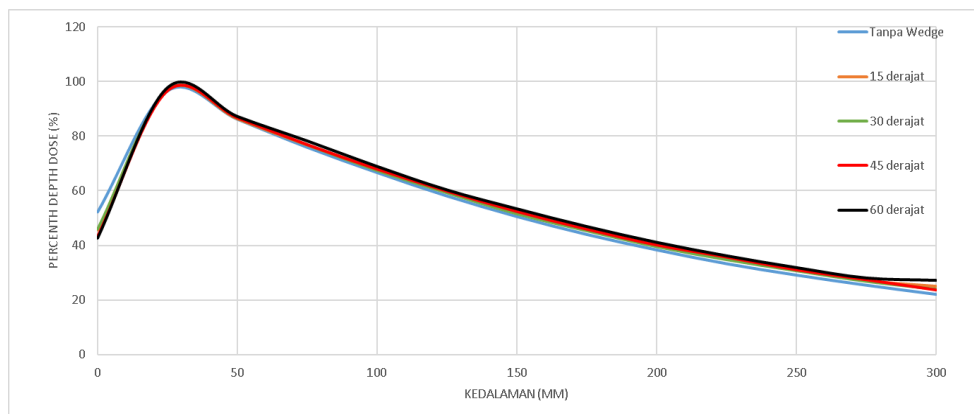


Gambar 2 Grafik *dose profile* (a) berkas 6 MV (b) 10 MV

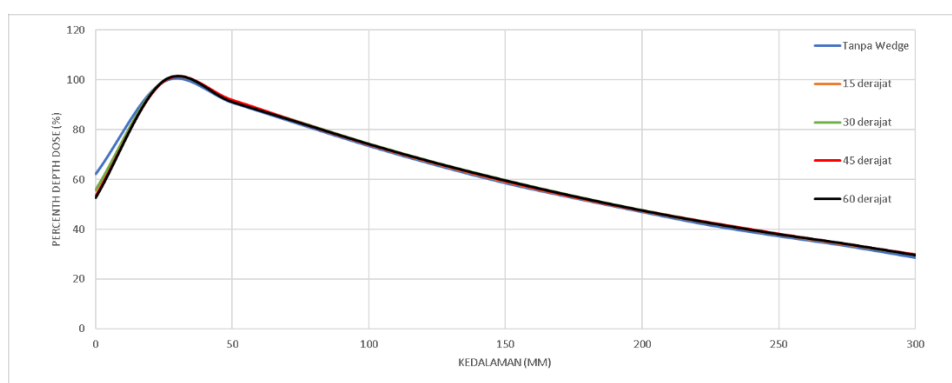
Grafik menunjukkan perbedaan yang sangat mencolok untuk setiap variasi sudut *wedge filter*. Sudut *wedge* paling besar yaitu 60°, memiliki kemiringan kurva yang paling besar. Berlawanan dengan itu, variasi tanpa penggunaan *wedge* memiliki tingkat kemiringan yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena pada variasi tanpa *wedge* berkas foton tidak mengalami pelemahan intensitas radiasi. Berbeda dengan pada *wedge*, berkas radiasi foton sebelum menyentuh permukaan fantom mengalami pelemahan

intensitas radiasi. Pelemahan terjadi dikarena berkas melewati *wedge*, sehingga sebagian intensitas radiasi diserap oleh material *wedge*. Bentuk kurva yang dihasilkan sesuai dengan bentuk atau kemiringan *wedge filter* yang digunakan.

3.2 Pengukuran *Percentage Depth Dose* (PDD)



(a)



(b)

Gambar 3 Grafik PDD dengan berkas foton (a) 6 MV, (b) 10 MV

Gambar 3(a) dan Gambar 3(b) menunjukkan kurva PDD pada penggunaan berkas foton 6 MV dan 10 MV. Kurva PDD pada penggunaan variasi *wedge filter* maupun tidak, menunjukkan *trend* yang sama. Nilai dosis radiasi pada *phantom* untuk setiap variasi mengalami kenaikan seiring dengan kedalaman *phantom*. Nilai tertinggi terjadi pada kedalaman maksimum atau z_{maks} setelah itu mengalami penurunan dikarenakan adanya atenuasi foton dan *inverse square law* (Milvita dkk., 2018). Penggunaan *wedge filter* tidak begitu mempengaruhi PDD yang terbentuk. Faktor yang mempengaruhi bentuk kurva PDD adalah bentuk lapangan penyinaran, kedalaman, besar energi penyinaran, dan jarak sumber radiasi ke permukaan target (Haffty & Wilson, 2009). Meskipun secara keseluruhan PDD yang terbentuk hampir sama, dapat dilihat bahwa baik pada Gambar 3 (a) ataupun Gambar 3 (b) memiliki perbedaan pada persentase dosis untuk kedalaman 0 mm atau dipermukaan *blue phantom*. Data perbedaan presentase dosis pada permukaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Persentase dosis pada permukaan *blue phantom*

Energi	Persentase dosis (%)				
	Tanpa wedge	Physical wedge filter			
		15°	30°	45°	60°
6 MV	52,2	45,6	46	43,4	42,6
10 MV	60,2	56	55,6	53,3	52

Persentase dosis tertinggi untuk kedua variasi energi terdapat pada penyinaran tanpa *wedge*. Nilai tersebut kemudian semakin mengecil seiring dengan bertambahnya sudut *wedge*. Hal ini terjadi karena pada penyinaran dengan *wedge filter*, berkas radiasi LINAC mengalami pelemahan intensitas radiasi. Pelemahan ini terjadi ketika radiasi melewati sebuah materi, maka akan terjadi penyerapan intensitas radiasi. Intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan ketebalan materi yang dilewati, semakin tebal materi maka semakin besar pelemahan intensitas radiasi. Sesuai dengan yang ditunjukkan pada Tabel 1, di mana *wedge filter* 60° memiliki persentase dosis yang paling rendah. Fenomena ini terjadi karena ketebalan *wedge filter* sebanding dengan sudut yang dibentuk.

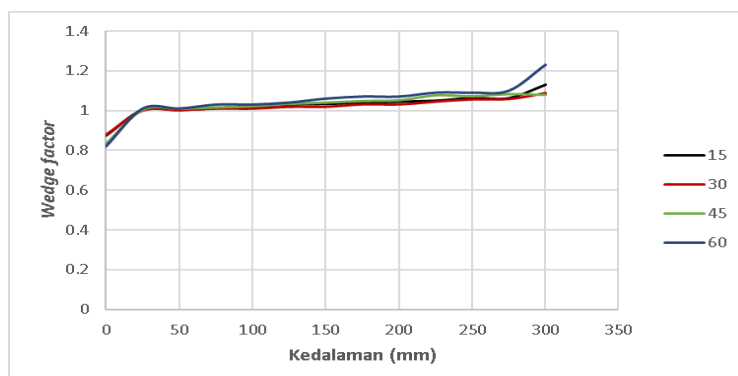
Gambar 3 (a) dan Gambar 3 (b) memiliki pola kurva PDD yang sama, yaitu akan mengalami kenaikan persentase dosis dari permukaan *blue phantom* hingga mencapai kedalaman maksimum z_{maks} . Kenaikan ini disebut dengan *build-up region*. Setelah mencapai kedalaman maksimum z_{maks} , persentase dosis akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman. Meskipun memiliki pola yang sama, terdapat perbedaan antara variasi berkas 6 MV dan 10 MV. Perbedaan itu bisa kita lihat dari kedalaman maksimum z_{maks} yang dihasilkan, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut .

Tabel 1 Kedalaman maksimum z_{maks} setiap variasi

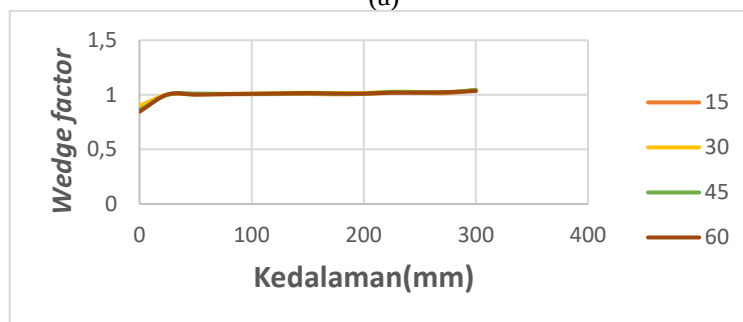
Energi	Kedalaman maksimum z_{maks} (mm)				
	Tanpa <i>wedge</i>	<i>Physical wedge filter</i>			
		15°	30°	45°	60°
6 MV	13,8	14,43	15,5	15,03	13,93
10 MV	23,4	24	24	23,56	24,4

3.3 Nilai *Wedge Factor*

Wedge factor atau WF merupakan parameter yang digunakan sebagai nilai toleransi dalam menghitung dosis radiasi. WF bisa ditentukan dengan cara membandingkan dosis radiasi tanpa menggunakan *wedge* dan menggunakan *wedge*. Nilai *wedge factor* dapat dilihat pada Lampiran. Perbandingan *wedge factor* yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4 Nilai *wedge factor* berkas (a) 6 MV (b) 10 MV

Gambar 4 menunjukkan WF untuk setiap kedalaman pada *blue phantom*. WF yang didapatkan menunjukkan bahwa dosis radiasi pada penggunaan maupun tidak, nilai *wedge factor* yang didapat tidak begitu berbeda.. Nilai PDD yang terbentuk tidak terpengaruh oleh penggunaan *wedge* secara signifikan. Hal ini bisa terjadi karena PDD diukur pada garis lurus (sumbu z), berbeda dengan *dose profile* yang diukur pada sumbu x atau y. Bentuk *wedge filter* yang tidak rata akan hanya mempengaruhi bentuk muka sinar pada sumbu x dan y

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan nilai *symmetry*, *flatness*, penumbra kiri, dan penumbra kanan yang didapatkan pada penyinaran 6 MV tanpa *wedge* berturut-turut 2,1 %, 3,1 %, 7,1 mm, dan 7,3 mm.. Nilai tertinggi ditunjukkan pada penyinaran 6 MV dengan sudut *wedge* 60° yaitu, 32,4 %, 58,3 %, 15,8 mm, dan 24,3 mm. Nilai *symmetry*, *flatness*, dan penumbra untuk penyinaran 10 MV tanpa *wedge* diketahui 4,4 %, 2,5 %, 7,2 mm dan 7,3 mm. Nilai tertinggi didapatkan pada pengukuran menggunakan sudut *wedge* 60°, yaitu 52,2 %, 28,5 %, 15,5 mm, dan 23 mm.

PDD yang didapatkan pada penyinaran menggunakan *wedge* dan tanpa *wedge* tidak jauh berbeda. Hal tersebut bisa dilihat dari nilai z_{max} pengukuran berkas 6 MV tiap variasi *wedge* 13,8 mm, 14,43 mm, 15,5 mm, 15,03 mm, dan 13,93 mm. Pengukuran pada berkas 10 MV yaitu, 23,4 mm, 24 mm, 24 mm, 23,56 mm, dan 24,4 mm.

Wedge factor dihitung berdasarkan perbandingan PDD tiap kedalaman 25 cm pada pengukuran dengan *wedge* dan tanpa *wedge*. Nilai tertinggi ditunjukkan pada kedalaman 300 mm, sudut *wedge* 60°, dan energi 6 MV. Berdasarkan data pengukuran yang didapatkan *wedge filter* sangat mempengaruhi bentuk *profile dose* yang dihasilkan, sementara PDD dan *wedge factor* tidak terpengaruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., Hussain, A., Muhammad, W., Rizvi, S. Q. A., & Matiullah. (2010). Studying wedge factors and beam profiles for physical and enhanced dynamic wedges. *Journal of Medical Physics*, 35(1), 33–41. <https://doi.org/10.4103/0971-6203.57116>.
- Akasaka, H., Mukumoto, N., Nakayama, M., Wang, T., Yada, R., Shimizu, Y., Osuga, S., Wakahara, Y., & Sasaki, R. (2017). A Comparison of Physical vs. Nonphysical Wedge Modalities in Radiotherapy. *InTech*.
- Chakrabarti, J., & Mitra, S. (2017). *Cancer and Noncoding RNAs* (1st ed.). Elsevier Science.
- Geraily, G., Mirzapour, M., Mahdavi, S. R., & Allahverdi, M. (2014). Monte Carlo study on beam hardening effect of physical wedges. 12(3).
- Haffty, B. ., & Wilson, L. . (2009). *Handbook of Radiation Oncology: Basic Principles and Clinical Protocols*. Jones & Bartlett Publisher.
- Khan, F. M., & Gibbons, J. P. (2014). *Khan's the Physics of Radiation Therapy*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Milvita, D., Mahyudin, A., & Alvionita, V. (2018). Komunikasi Fisika Indonesia Analisis Nilai Percentage Depth Dose (Pdd) Terhadap Variasi Kedalaman Target Dan Luas Lapangan Penyinaran Menggunakan Pesawat Linac-Cx. 15(02).
- Perez, C. ., Brady, L. ., & Halperin, E. (2008). *Principles and practice of radiation oncology* (Fifth). Lippincott Williams & Wilkins.
- Shamsi, A., Birgani, M. J. T., Behrooz, M. A., Arvandi, S., Fatahiasl, J., Maskny, R., & Abdalvand, N. (2016). Determination of an effective wedge angle by combination of two arbitrary universal wedge fields in radiation therapy of cancer patients with megavoltage photon beams. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 17(1), 197–200. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2016.17.1.197>
- Zabihzadeh, M., Fadaei, M., Hoseini, S. M., Arvandi, S., & Tahmasbi, M. (2020). Characterization of wedge factors and dose distributions in radiotherapy with symmetric and asymmetric physical wedged beams of 6 MV photon beam. *Iranian Journal of Medical Physics*, 17(3), 213–219. <https://doi.org/10.22038/ijmp.2019.41275.1595>