

## ANALISIS DOSIS SERAP RELATIF BERKAS ELEKTRON DENGAN VARIASI KETEBALAN BLOK CERROBEND PADA PESAWAT LINEAR ACCELERATOR

Lamtiyah Ikha Indriyana, Eko Hidayanto, Zaenal Arifin

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl Prof Soedarto, SH. Tembalang Semarang.

Email: lamtiyah.ikhaindriyana@st.fisika.undip.ac.id

### ABSTRACT

During radiotherapy treatment, critical organs are shielded using cerrobend blocks. The objective of this study was to define the minimal thickness of cerrobend blocks so that the relative absorbed dose in target less than 5%.

All measurements were performed using linac Siemens/Primus Mclass 5633. Phantom relative absorbed dose were measured for square field  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . The thickness of cerrobend blocks were 2, 4, 6, 8 and 10 mm. The measurements in water were performed using compact chamber fitted with acrylic build up caps.

The minimal thickness of cerrobend blocks for 5, 10 and 14 MeV electron beams are 2, 4 and 6 mm, respectively. The relative absorbed dose for phantom's surface, maximum depth and x-ray tail using those blocks are 0.12%, 0.16%, 0.21%, 2.18%, 1.56%, 1.16%, 2.92%, 2.47% dan 1.70%. The relative absorbed dose decreases with the increasing of cerrobend block thickness and phantom depth. Therefore, if cerrobend blocks are used to protect critical organs, the thickness should be taken into account accurately.

**Keywords:** cerrobend blocks, relative absorbed dose, electron beams

### ABSTRAK

Pada radioterapi, perlindungan organ kritis dilakukan dengan blok cerrobend. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan ketebalan blok cerrobend agar dosis serap relatif berkas elektron yang diterima target <5%.

Penelitian dilakukan dengan mengukur dosis serap relatif berkas elektron dari pesawat linac Siemens/Primus Mclass 5633 pada fantom air di berbagai titik kedalaman, dengan variasi ketebalan blok cerrobend 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 mm. Pengukuran dilakukan pada luas lapangan  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , menggunakan dua detektor Compact Chamber.

Ketebalan minimum blok cerrobend untuk berkas 5, 10 dan 14 MeV berturut – turut adalah 2, 4 dan 6 mm. Nilai dosis serap relatif yang terukur pada permukaan, kedalaman maksimum dan daerah kontaminasi foton untuk ketiga berkas energi berturut – turut adalah 0,12%; 0,16%; 0,21%; 2,18%; 1,56%; 1,16%; 2,92%; 2,47% dan 1,70%. Nilai dosis serap relatif menurun dengan peningkatan ketebalan blok dan kedalaman target.

**Kata-kata kunci:** blok cerrobend, dosis serap relatif, berkas elektron

### PENDAHULUAN

Tujuan utama radioterapi adalah untuk memberikan dosis semaksimal mungkin kepada jaringan kanker dengan tetap meminimalkan dosis yang diterima organ kritis di sekitarnya. Organ kritis (OAR) merupakan jaringan normal yang terletak berdekatan dengan tumor dan tercakup dalam volume organ yang akan diradiasi sehingga dalam pelaksanaan radioterapi sangat penting untuk memastikan perlindungan terhadap daerah tersebut[1]. Salah satu upaya perlindungan jaringan sehat adalah dengan menggunakan blok. Blok terapi merupakan salah satu alat bantu yang digunakan untuk membatasi luas

lapangan penyinaran yang dapat dibuat secara manual menyesuaikan bentuk lapangan[2].

Ketebalan blok ditentukan dari tingkat energi yang akan digunakan pada terapi. Blok yang diperlukan untuk melindungi organ kritis harus mampu menahan radiasi sehingga dosis yang diterima organ tersebut kurang dari 5% [2,3,4]. Salah satu jenis blok yang digunakan dalam radioterapi adalah *cerrobend* yang memiliki densitas  $9,4 \text{ g/cm}^3$  pada  $20^\circ \text{ C}$ . *Cerrobend* tersusun atas 50% Bismut, 26,7% Timbal, 13,3% Timah dan 10% Cadmium. Keuntungan utama penggunaan *cerrobend* dibanding timbal adalah titik didih *cerrobend* berkisar pada temperatur  $70^\circ \text{ C}$  sedangkan titik didih Timbal adalah  $327^\circ \text{ C}$ [2].

Sebagian besar proses dosimetri mengabaikan pengaruh ketebalan blok dan tingkat energi terhadap dosis serap yang diterima pasien. Pada sebagian besar proses terapi, digunakan blok dengan tebal yang sama untuk berbagai tingkat energi. Padahal, penggunaan blok akan mempengaruhi dosis serap yang diterima pasien sebagai akibat kontribusi dari berkas foton primer, foton hambur dan elektron kontaminasi[5]. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai koefisien atenuasi blok *cerrobend* antara berkas 6 MV dan 15 MV. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa atenuasi sangat bergantung pada energi berkas dan *beam hardening* sehingga kedua faktor harus diperhitungkan[6].

Blok yang digunakan dalam praktek klinis harus mampu menahan radiasi sehingga dosis serap relatif yang melewati blok tersebut bernilai kurang dari 5%[7]. Penelitian ini difokuskan pada penentuan ketebalan minimal blok *cerrobend* pada terapi berkas elektron melalui pengukuran dosis serap berkas pada berbagai titik kedalaman dengan variasi ketebalan blok *cerrobend*.

## LANDASAN TEORI

### Blok *Cerrobend*

Salah satu jenis blok yang banyak digunakan pada radioterapi adalah blok yang terbuat dari campuran berbagai jenis material, *Lipowitz metal* atau yang lebih dikenal sebagai *cerrobend* yang memiliki densitas  $9.4 \text{ g/cm}^3$  pada  $20^\circ\text{C}$  ( $\sim 83\%$  dari densitas blok Pb). *Cerrobend* terdiri dari 50% bismut, 26.7% timbal, 13.3% timah, 10% cadmium. Keuntungan utama penggunaan *cerrobend* dibandingkan blok timbal adalah titik didih *cerrobend* berkisar pada temperatur  $70^\circ\text{C}$  sedangkan pada blok timbal titik didihnya mencapai  $327^\circ\text{C}$ . Hal tersebut menyebabkan *cerrobend* relatif lebih mudah dibentuk dibandingkan timbal. Selain itu, pada temperatur ruang, *cerrobend* lebih keras dibandingkan timbal[2].

### Dosis Serap

Dosis serap merupakan besaran yang dapat diterapkan pada ionisasi radiasi langsung maupun tak langsung. Pada ionisasi tidak langsung, energi diberikan kepada materi melalui dua proses. Proses pertama merupakan hasil KERMA, ionisasi tidak langsung mentransfer energinya sebagai energi kinetik untuk menjadi partikel bermuatan sekunder. Pada proses kedua, partikel-partikel sekunder tersebut menyerahkan sebagian energi kinetiknya kepada materi (yang menjadi dosis serap) dan kehilangan sebagian energinya dalam bentuk radiasi (Bremsstrahlung dan annihilasi)[4].

Dosis serap merupakan besaran penting yang menyatakan efek ionisasi radiasi terhadap jaringan biologis. Definisi dosis serap atau yang lebih sering disebut dosis merupakan hasil bagi antara energi rata-rata dengan massa materi yang dilaluinya. Satuan lama dosis adalah rad (merupakan singkatan dari *radiation absorbed dose* dan menggambarkan penyerapan energi 100 erg per satuan gram massa suatu materi[2]).

### Terapi Berkas Elektron

Berkas elektron yang biasanya digunakan pada pusat radioterapi memiliki rentang energi antara 4 sampai 25 MeV yang diproduksi oleh pesawat *linac*, meskipun beberapa mikrotron mampu menyediakan energi yang lebih tinggi. Berkas elektron memiliki beberapa keunggulan pada beberapa kasus dalam praktek klinis sejalan dengan karakteristik kurva PDD elektron. Berkas elektron menghasilkan dosis yang relatif lebih seragam pada target yang dituju yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan[3].

Dua hal utama yang dimiliki oleh elektron adalah muatannya negatif dan memiliki massa yang kecil hampir mendekati  $\frac{1}{2000}$  massa proton atau neutron. Elektron termasuk partikel bermuatan sehingga dapat secara langsung berinteraksi maupun

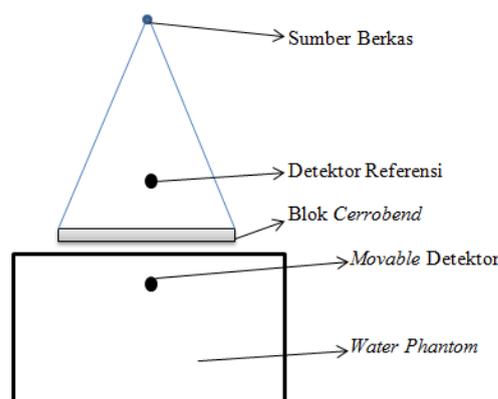
mengionisasi materi yang dilaluinya. Elektron berinteraksi dengan dipengaruhi oleh gaya Coulomb. Karena memiliki massa yang ringan, arah pergerakan elektron dapat berubah dengan mudah selama berinteraksi dengan suatu materi. Ketika elektron melewati suatu materi, rata-rata energi yang dimilikinya berkurang dengan kedalaman dan hamburan di sepanjang perjalanannya. Dengan demikian daerah dimana elektron menghambur merupakan daerah dimana ikatan terputus dan akhirnya dosis tersimpan[7].

### METODE PENELITIAN

Berkas energi elektron yang digunakan pada penelitian ini adalah 5, 10 dan 14 MeV yang dihasilkan oleh *Linac* Siemens/Primus MClass 5633 yang terdapat di Rumah Sakit Ken Saras Kabupaten Semarang. Pengukuran dosis serap relatif berkas dilakukan dengan dua buah detektor *compact chambers* (CC) yaitu CC13 SN-9970 yang digunakan sebagai detektor referensi yang ditempatkan di atas blok dan CC13 SN-9976 yang digunakan sebagai *movable* detektor yang diletakkan di dalam fantom air. Skema penempatan detektor dapat dilihat pada gambar 1. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 0 sampai 100 mm dengan fokus penelitian pada permukaan fantom,  $d_{maks}$  dan daerah kontaminasi foton. Variasi ketebalan blok yang digunakan adalah 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 mm. Blok tersebut diletakkan di atas aplikator dengan ukuran luas 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan ketebalan minimal blok *cerrobend* pada terapi berkas elektron pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisa dosis serap yang diterima target setelah melewati blok dengan berbagai variasi ketebalan. Kedalaman target yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah pada permukaan fantom,  $d_{maks}$  dan daerah foton kontaminasi.



Gambar 1. Skema Pengukuran Dosis Serap Relatif Berkas Elektron dengan Variasi Ketebalan Blok Cerrobend

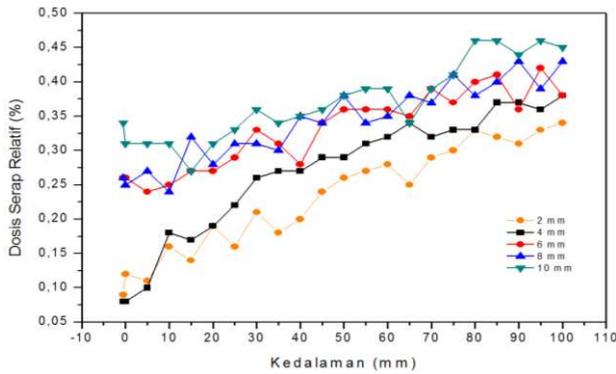
Pemilihan permukaan fantom didasari kenyataan bahwa elektron sering digunakan pada terapi tumor superficial. Selain itu, dosis tertinggi di bawah blok adalah pada kulit yang disebabkan adanya hamburan elektron dan foton kontaminasi[3]. Pemilihan  $d_{maks}$  didasari bahwa pada kurva PDD elektron, nilai dosis tertinggi yang diterima target diperoleh pada  $d_{maks}$ . Sedangkan pemilihan daerah kontaminasi foton didasari bahwa pada terapi dengan berkas elektron, dosis yang terdeposit dalam tubuh pasien disebabkan oleh energi primer dari berkas elektron dan sinar-x bremsstrahlung yang dihasilkan dari interaksi berkas dengan atom penyusun bahan. Daerah kontaminasi foton atau yang disebut *x-ray tail* merupakan daerah dimana nilai dosis sebagian besar disumbang oleh sinar-x bremsstrahlung yang ditunjukkan dengan daerah setelah *fall-off* pada kurva PDD yang menampilkan garis lurus. Ketiga nilai titik tersebut pada penelitian ini ditentukan dengan hasil perhitungan nilai dosis serap relatif tanpa menggunakan blok.

Hasil pengukuran dosis serap relatif berkas 5, 10 dan 14 MeV pada permukaan fantom,  $d_{maks}$  dan daerah kontaminasi foton ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3 berturut-turut. Gambar 2, 3 dan 4 berturut-turut menampilkan hasil pengukuran dosis serap relatif berkas elektron 5, 10 dan 14 MeV

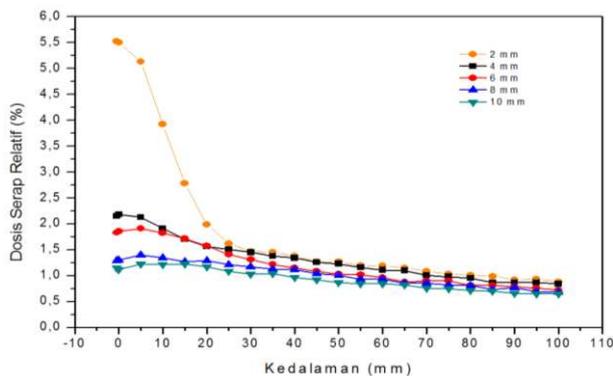
dengan variasi ketebalan blok 2, 4, 6, 8 dan 10 mm.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Dosis Serap Relatif Berkas Elektron dengan Variasi Ketebalan Blok pada Permukaan Fantom

Tebal blok (mm)	% Dosis untuk Energi		
	5 MeV	10 MeV	14 MeV
0	77,08	84,71	88,59
2	0,12	5,50	13,12
4	0,08	2,18	5,78
6	0,26	1,86	2,92
8	0,25	1,30	2,37
10	0,31	1,12	2,03



Gambar 2 Grafik Hubungan Kedalaman terhadap Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Energi 5 MeV dengan Variasi Ketebalan Blok



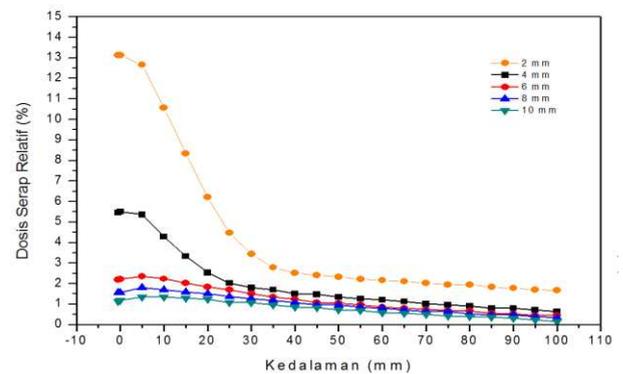
Gambar 3 Grafik Hubungan Kedalaman terhadap Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Energi 10 MeV dengan Variasi Ketebalan Blok

Tabel 2 Hasil Pengukuran Dosis Serap Relatif Berkas Elektron dengan Variasi Ketebalan Blok pada  $d_{maks}$

Tebal blok (mm)	% Dosis		
	5 MeV	10 MeV	14 MeV
0	100,00	99,53	99,99
2	0,16	1,99	4,48
4	0,18	1,56	2,77
6	0,25	1,57	2,47
8	0,24	1,29	2,20
10	0,31	1,17	1,93

Tabel 3 Hasil Pengukuran Dosis Serap Relatif Berkas Elektron dengan Variasi Ketebalan Blok pada Daerah Kontaminasi Foton

Tebal blok (mm)	% Dosis untuk tingkat energi		
	5 MeV	10 MeV	14 MeV
0	0,64	1,72	3,39
2	0,21	1,20	2,12
4	0,26	1,16	1,98
6	0,33	1,02	1,70
8	0,31	0,93	1,62
10	0,36	0,85	1,48

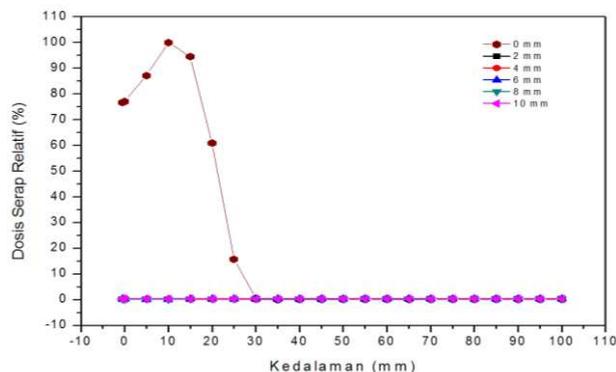


Gambar 4 Grafik Hubungan Kedalaman terhadap Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Energi 14 MeV dengan Variasi Ketebalan Blok

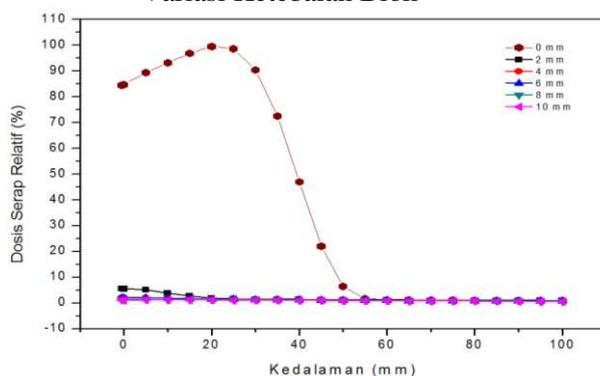
Berdasarkan tabel 1, 2 dan 3 serta gambar 2, 3 dan 4 diperoleh bahwa ketebalan minimal blok *cerrobend* yang diperlukan pada terapi berkas elektron 5, 10 dan 14 MeV berturut-turut adalah 2, 4 dan 6 mm. Blok tersebut telah mampu menahan radiasi sehingga dosis yang diterima target pada semua titik kedalaman bernilai kurang dari 5%. Pada energi 5 MeV penambahan ketebalan blok menghasilkan fluktuasi nilai dosis serap yang terbaca oleh detektor. Hal tersebut karena dengan blok 2 mm energi 5 MeV telah habis berinteraksi dengan atom penyusun *cerrobend* sehingga pada dosis dengan tebal > 2 mm dosis yang terbaca didominasi oleh radiasi latar serta kemungkinan interaksi antara elektron sekunder dengan atom penyusun blok.

Melalui penelitian ini, karakteristik elektron sebagai partikel bermuatan dapat dilihat dari penurunan nilai dosis secara bertahap dengan kenaikan kedalaman target dan ketebalan blok. Semakin dalam target, maka energi elektron semakin habis digunakan untuk berinteraksi dengan atom penyusun target. Demikian pula, semakin tebal blok yang digunakan maka elektron semakin banyak kehilangan energinya untuk berinteraksi dengan atom penyusun *cerrobend*.

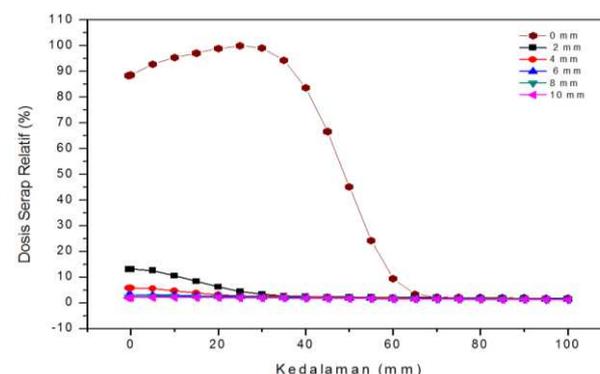
Penggunaan blok bukan hanya mempengaruhi dosis serap yang diterima fantom pada setiap titik kedalaman, melainkan juga berpengaruh terhadap daerah kontaminasi foton yang ditimbulkan sebagai akibat interaksi non elastik elektron dengan atom penyusun *cerrobend*. Perbandingan daerah kontaminasi foton berkas elektron 5, 10 dan 14 MeV sebelum dan setelah penggunaan blok dapat dilihat pada gambar 5, 6 dan 7 berturut-turut.



Gambar 5 Grafik Hubungan Kedalaman terhadap Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Energi 5 MeV dengan dan Tanpa Variasi Ketebalan Blok



Gambar 6 Grafik Hubungan Kedalaman terhadap Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Energi 10 MeV dengan dan Tanpa Variasi Ketebalan Blok



Gambar 7 Grafik Hubungan Kedalaman terhadap Dosis Serap Relatif Berkas Elektron Energi 14 MeV dengan dan Tanpa Variasi Ketebalan Blok

**KESIMPULAN:**

Nilai dosis serap relatif menurun dengan peningkatan ketebalan blok dan kedalaman target. Penurunan ini terjadi akibat interaksi elektron dengan atom penyusun *cerrobend*. Oleh karena itu, ketebalan blok harus diperhitungkan untuk menjamin akurasi dosis yang diberikan pada radioterapi.

**DAFTAR PUSTAKA:**

- [1] Barret, A., Dobbs, J., Morris, S., dan Roques, T., 2009, *Practical Radiotherapy Planning; fourth edition*, United Kingdom, Hodder Arnold An Hachette UK Company
- [2] Khan, Faiz, M., 2003, *The Physics of Radiation Therapy; third edition*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- [3] Mayles, P., Nahum, A., dan Rosenwald, J. C., 2007, *Handbook of Radiotherapy Physics; Theory and Practise*, New York, Taylor & Francis Group
- [4] Podgorsak, B. E., 2005, *Radiation Oncology Physics; a Handbook for teachers and Students*, IAEA, Vienna, Austria
- [5] Iftikhar, A., Wazir, M., Kakakhail M.B., Sbilal, A., Amjad, H., Khwaja, A., dan Khushnaseeb, A., 2011, Comparison of Lead and Cerrobend Blocks for Incident Photon Flux of 6 and 15 MV X-rays, *Iran Journal Cancer Prevention*, vol 4 no.1, 10-14
- [6] Taherkhani, A., Mohammadi, M., Saboori, M.S., dan Changizi, V., 2010, Evaluation of the Physical Characteristic of Cerrobend Blocks Used for Radiation Therapy. *Iran Journal Radiation Research*, vol 8 no. 2, 93-101
- [7] S.H Levitt, J. P., 2006, *Technical Basic of Radiation Therapy Practical Clinical Applications, fourth revised edition*, Berlin, Springer