

**TRANSMISI BERKAS SINAR-X 6 MV
UNTUK LAPANGAN TIDAK TERATUR
DENGAN SHIELDING BLOK
CERROBEND 4 BLOK SEGITIGA
UKURAN 10 CM X 10 CM**

*Sihat Manisia Siboro
(Dosen Radiodiagnostik dan Radioterapi
Fakultas Kesehatan Universitas Efarina)*

ABSTRAK

Penggunaan radiasi pengion dari pesawat linac untuk radioterapi menjadi pilihan tersendiri dalam dunia kedokteran. Sinar pengion pada radioterapi untuk pengobatan kanker disebabkan kemampuan dari sinar pengion bila mengenai suatu materi akan menyebabkan ionisasi pada materi tersebut. Pada radioterapi akibat proses ionisasi tersebut akan terjadi kerusakan sel dan jaringan kanker sehingga akan menyebabkan kematian dan kehilangan kemampuan hidup pada siklus pembelahan sel. Penelitian ini membahas dosis transmisi pada lapangan yang diblok dengan cerrobend untuk berkas sinar- X 6 MV, pesawat linear accelerator Siemens Primus 2D Plus dengan lapangan dasar 20 cm x 20 cm. Pengukuran dilakukan dengan ionisasi chamber PTW 2D Array seven29 pada titik dalam phantom akrilik untuk lapangan yang diblok dan lapangan yang tidak dilindungi blok dengan bentuk blok 4 blok segitiga sama sisi dengan ukuran 10 cm x 10 cm dengan kedalaman pengukuran 5, 8, 10, 12, 15 cm, dari hasil pengukuran diperoleh nilai transmisi dosis untuk kedalaman 5 cm dosis transmisi diterima 6.2 %, kedalaman 8 cm (7.2%), kedalaman 10 cm (9.1%), kedalaman 12 cm (10.3%) dan kedalaman 15 cm (11.4%). Transmisi dosis akan semakin meningkat dengan kenaikan kedalaman. Hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil TPS.

Kata kunci:

Blok cerrobend, persentasi transmisi dosis, daerah transisi

PENDAHULUAN

Morphology kanker yang tidak simetri (*iregular*) menyebabkan jaringan sehat tersebut tidak dapat terhindar dari radiasi, sehingga dalam pelaksanaan terapi kanker dengan radioterapi selalu diusahakan optimasi dosis, yaitu memberikan dosis tinggi pada jaringan kanker dan dosis rendah pada jaringan normal. Salah satu cara optimasi ini adalah memproteksi jaringan normal dengan menggunakan blok. Blok pembentuk lapangan yang sering disebut cut-out aplikator yang tersedia pada pesawat hanya ukuran lapangan yang teratur. Padahal dalam klinisnya daerah perlakuan sering ditemukan lapangan yang tidak teratur, maka perlu dibuat blok yang dapat menyaring pajanan radiasi untuk lapangan tidak teratur (*iregular*). Blok ini terbuat dari campuran beberapa logam yang dikenal dengan *cerrobend* yang bentuk dan ukurannya disesuaikan dengan volume kanker. Penggunaan blok *cerrobend* ini akan berpengaruh dalam perhitungan dosis radiasi yang akan diberikan dalam terapi.

Penelitian ini mengkaji seberapa besar pengaruh blok dengan geometri yang berbeda terhadap dosis serap khususnya pada organ, daerah transisi dan pada target penyinaran tentang distribusi dosis serap pada sumbu horizontal fantom karena pengaruh penggunaan blok individual berbahan *cerrobend* melebihi batas toleransi. *Cerrobend* merupakan bahan campuran terdiri dari 50% bismuth, 27% timbal, 13% tin dan 10% cadmium dan mempunyai titik lebur 690C. Dalam kebanyakan situasi digunakan blok berbentuk persegi panjang, segitiga atau blok non-divergen yang biasanya disediakan oleh unit radioterapi (Avadhani, 1995).

Berdasarkan teori target yang menyatakan bahwa " sel akan mati bila molekul target yang berada pada sel tersebut terinaktivasi (tidak aktif) akibat pajanan radiasi". Semakin sensitif sel terhadap radiasi, semakin banyak sel tersebut yang mati, dan semakin rendah sel yang survival¹³. Dengan demikian sel kanker diharapkan mengalami penyusutan volume secara kontiniu yang pada akhirnya akan hilang. Sel kanker lebih sensitif dibandingkan dengan jaringan sehat. Permasalahannya jaringan kanker tidak

diterapi dalam keadaan terisolasi dari jaringan normal. Hal ini disebabkan karena sel kanker terletak pada jaringan yang fungsinya harus dipertahankan setelah radioterapi dan sel kanker menyebar dalam jaringan sehat.

Penggunaan radiasi pengion dari pesawat linac untuk radioterapi menjadi pilihan tersendiri dalam dunia kedokteran. Sinar pengion pada radioterapi untuk pengobatan kanker disebabkan kemampuan dari sinar pengion bila mengenai suatu materi akan menyebabkan ionisasi pada materi tersebut. Pada radioterapi akibat proses ionisasi tersebut akan terjadi kerusakan sel dan jaringan kanker sehingga akan menyebabkan kematian dan kehilangan kemampuan hidup pada siklus pembelahan sel. Disamping efek sampingnya yang lebih rendah dibandingkan kemoterapi, energy dan jenis radiasi pengion yang dihasilkan oleh linac juga dapat diatur melalui ruang control dengan menggunakan software yang diberikan oleh pabrik.

Seluruh proses reaksi biokimia yang terjadi dalam tubuh manusia akan terkena dampak paparan radiasi pengion. Kerusakan tersebut tergantung pada sifat ekstrinsik, meliputi dosis dan jenis radiasi yang diterima oleh sel, serta sifat intrinsik sel itu sendiri, yaitu radiosensitivitas sel. Pengaruh radiasi pengion bukan hanya terjadi pada sel – sel kanker, tetapi terjadi pula pada sel – sel normal. Istilah kematian sel itu sendiri ada dua, pertama kematian sel proliferasi yaitu kematian sel pada saat sedang melakukan pembelahan, dan kedua kematian sel terdiferensiasi yaitu kematian sel yang telah matang, pada keadaan ini biasanya sel lebih bertahan terhadap radiasi. Kematian sel diharapkan lebih banyak terjadi, karena pada saat itulah sel sedang memasuki fase M dan G2 yang sensitif terhadap paparan radiasi pengion (Dwi, 2002). Semakin cepat sel mengalami proses pembelahan semakin besar probabilitas terpajannya sel.

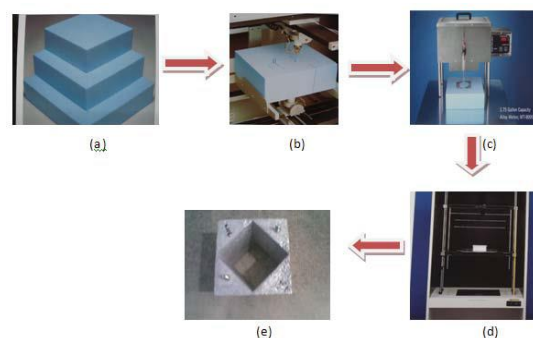
Sesuai dengan apa yang telah dijelaskan diatas, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung persentase dosis transmisi pada lapangan radiasi yang diblok guna melindungi organ sehat disekitar target tumor dan distribusi dosis diluar daerah blok, kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan TPS. Dengan mengetahui

persentase dosis transmisi blok diharapkan akan memperoleh grafik hubungan antara dosis transmisi dan lebar blok, dan hubungan antara variasi kedalaman dan lebar blok, sehingga dari grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat Linear accelerator (LINAC) jenis Siemens Primus 2D di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Pertamina Pusat (RSPP). Suhu ruangan diukur dengan Thermometer digital dan tekanan udara diukur dengan menggunakan barometer. *Phantom* akrilik berukuran 30 cm x 30 cm dengan ketebalan 1 cm dan 0.5 cm, dan blok individual yang terbuat dari bahan *cerrobend*, untuk proteksi berbagai organ disekitar target tumor, *blocking tray* untuk meletakkan blok individual, *Styrofoam* bahan yang digunakan sebagai negative blok individual, *hot wire cutter* mesin otomatis untuk memotong *Styrofoam* otomatis dikontrol oleh komputer. Pengukuran dosis dilakukan dengan menggunakan PTW 2D Array seven 29.

Pembuatan blok *cerrobend* didahului oleh pembuatan blok negative dari bahan *Styrofoam* yang dikontrol dengan komputer dengan memperhatikan berbagai factor perlakuan klinis seperti SSD, bentuk blok, luas lapangan bentuk dan ukuran blok. Proses pembuatan blok *cerrobend* dapat dilihat dalam gambar 1 dibawah ini:



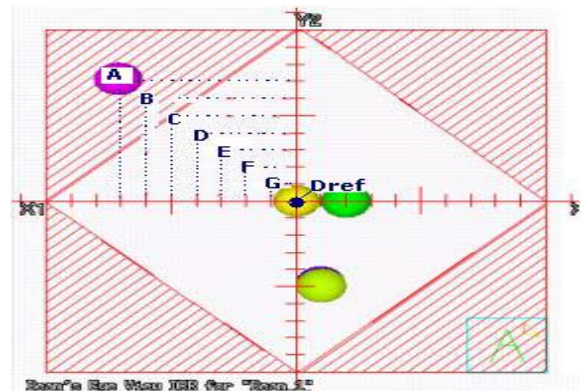
Gambar 1. Proses Pencetakan Block *Cerrobend*

Pengukuran dosis serap dengan pesawat Linac dengan modalitas sinar-x 6 MV pada lapangan tidak teratur (*irregular*) dengan SSD = 100 cm. Pengukuran dilakukan dengan fantom akrilik pada

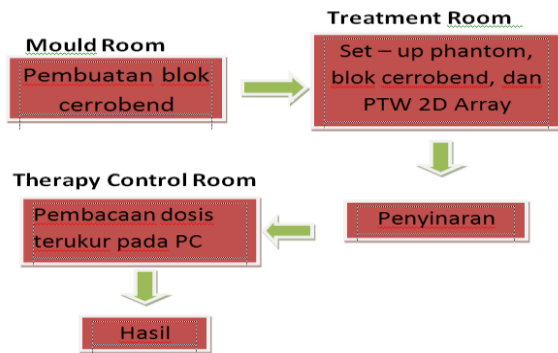
lapangan dasar 20 cm x 20 cm. Pengukuran dilakukan dengan bentuk blok segitiga sama sisi dengan ukuran 10 x 10 cm. Blok untuk melindungi daerah serviks, dengan panjang yang sama 10 cm. pengukuran dilakukan pada kedalaman 5 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm dan 15 cm.

Dengan Setiap pengukuran dosis ditentukan sesuai dengan dosis 200 MU. Koreksi tekanan udara, suhu ruangan, dan factor koreksi dimasukkan langsung ke dalam system komputasi dosimeter yang mengakibatkan bacaan dosimeter terkoreksi secara otomatis. Gambar 4 menunjukkan blok diagram pengukuran transmisi dosis pada pesawat linac dengan ionisasi chamber 2D array seven 29.

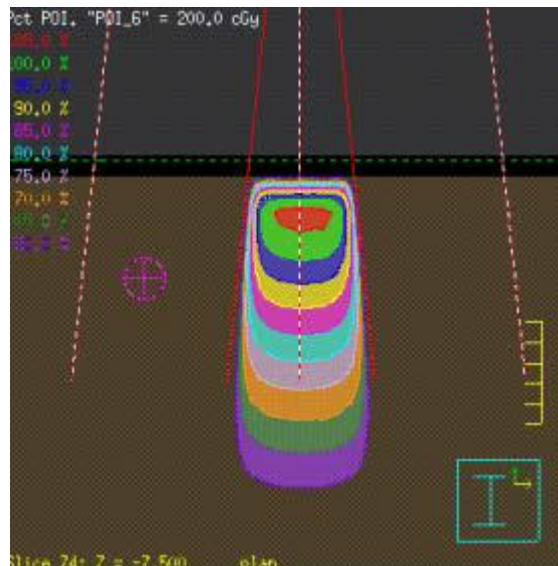
4 blok segitiga sama sisi seperti gambar berikut:



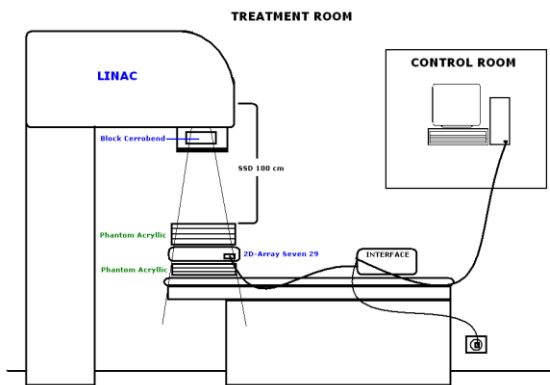
Gambar 4. Titik pengukuran pada lapangan



Gambar 2. Block Diagram Pengukuran persentase dosis transmisi pada pesawat Linac dengan ionisasi chamber 2D Arrat Senven29



Gambar 5. Skema penutupan 4 buah blok segitiga sama sisi dengan sisi 10 cm dan penentuan titik pengukuran.



Gambar 3. Skema Pengukuran di Lapangan

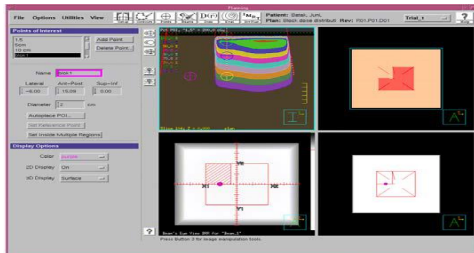
Pengukuran dosis masing masing dilakukan pada setiap blok yang telah ditentukan yaitu pengukuran dosis dengan

Pengukuran dilakukan pada titik pengukuran yang telah ditentukan, titik A, B adalah dosis diukur tepat pada lapangan yang dilindungi dengan blok, titik C, D, E, F, G, adalah dosis diukur pada lapangan yang tidak dilindungi blok dan Dref adalah dosis referensi.

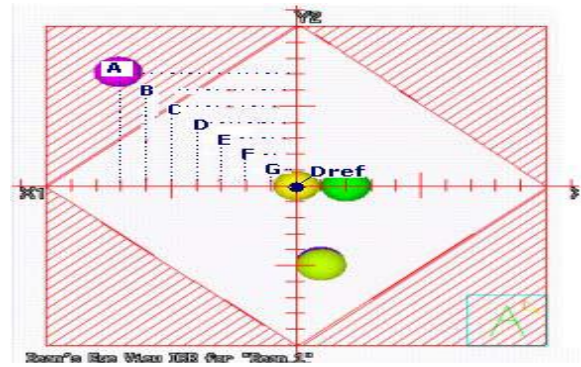
Kalkulasi dosis serap dengan Treatments Planning System (TPS)

Treatment planning system digunakan untuk merekonstruksi volumetrik dari citra CT, setelah direkonstruksi kemudian dilakukan simulasi perlakuan radioterapi

dan kalkulasi distribusi dosis. Semua kondisi pengukuran yang telah dilaksanakan disimulasikan dalam TPS, kemudian distribusi dosis dalam medium dikalkulasi selanjutnya hasil pengukuran dibandingkan dengan kalkulasi TPS. Tampilan pada system computer TPS dapat dilihat Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Pada Kompuetr TPS Pinnacle



Gambar 7. Hasil pengukuran dosis diberbagai titik

Tabel 2. Kalkulasi TPS di berbagai titik dan kedalaman dari berkas sinar-x 6 MV pada lapanagan tidak teratur (lap. Dasar 20 x 20 cm), 4 blok segitiga sama sisi 10 x 10 cm

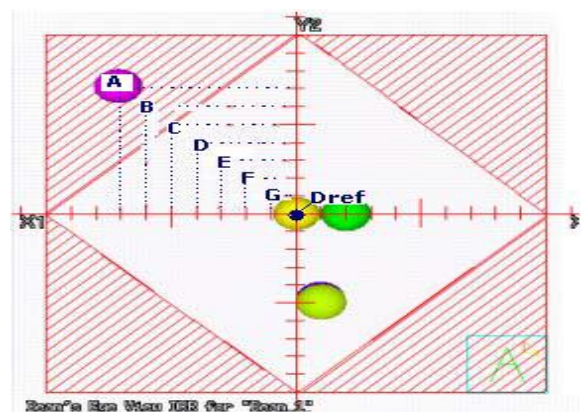
Lebar Blok	Titik Pengukuran	Dosis (cGray) / perentase transmisi dosis pada kedalaman (cm).				
		5	8	10	12	15
4 segitiga sama sisi	Dref	170.8	148.7	134.9	121.7	104.8
	A	10.9 (6.4)	11.6 (7.8)	11.7 (8.7)	11.9 (9.8)	12 (11.5)
	B	14.4 (8.4)	16.5 (11.1)	17.8 (13.2)	18.9 (15.5)	22.5 (21.5)
	C	149.9 (87.8)	139.4 (93.7)	127.7 (94.7)	115.8 (95.2)	99.1 (94.6)
	D	174.4 (102.1)	150 (100.9)	135.2 (100.2)	124.4 (102.2)	103.7 (99.0)
	E	176.3 (103.2)	152.4 (102.5)	137.6 (102.0)	123.8 (101.7)	106.1 (101.2)
	F	175.9 (101.8)	150.8 (101.4)	136.3 (101.0)	122.8 (100.9)	105.5 (100.7)
	G	171.1 (100.2)	148.9 (100.1)	134.9 (100.0)	121.7 (100.0)	104.8 (100.0)

HASIL PENELITIAN

Pada pengukuran lapangan III blok yang digunakan 4 buah segita sama sisi dengan sisi 10 cm x 10 cm, karena blok relative lebar sehingga hamburan dari medium berkurang maka dosis transmisi juga berkurang. Pengukuran dosis lapangan dilakukan di berbagai titik dan kedalaman. Hasil pengukuran dan kalkulasi TPS dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2, data selisih hasil pengukuran dan kalkulasi TPS ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 1. Hasil pengukuran dosis di berbagai titik dan kedalaman dari berkas sinar-x 6 MV pada lapangan tidak teratur (lap.dasar 20x20 cm²), 4 blok segitiga sama sisi 10 x 10 cm

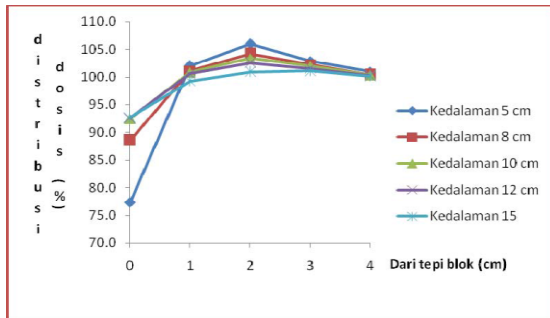
Lebar Blok	Titik Pengukuran	Dosis (cGray) / perentase transmisi dosis pada kedalaman (cm).				
		5	8	10	12	15
4 segitiga sama sisi	Dref	171.70	149.20	134.77	121.27	108.60
	A	10.60 (6.2)	11.77 (7.9)	12.30 (9.1)	12.53 (10.3)	12.43 (11.4)
	B	15.73 (9.2)	17.90 (12.0)	18.13 (13.5)	18.73 (15.4)	18.40 (16.9)
	C	132.80 (77.3)	132.20 (88.6)	124.60 (92.5)	112.30 (92.6)	100.70 (92.7)
	D	175.27 (102.1)	150.83 (101.1)	135.93 (100.9)	121.97 (100.6)	107.80 (99.3)
	E	182.00 (106.0)	155.50 (104.2)	139.37 (103.4)	124.37 (102.6)	109.57 (100.9)
	F	176.63 (102.9)	152.57 (102.3)	137.40 (102.0)	123.17 (101.6)	109.80 (101.1)
	G	173.40 (100.9)	149.83 (100.9)	135.23 (100.7)	123.33 (100.4)	107.73 (100.4)



Gambar 8. Kalkulasi TPS diberbagai titik dan kedalaman.

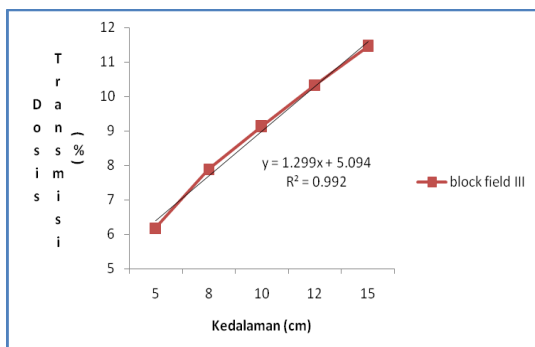
Tabel 3. Selisih hasil pengukuran dan kalkulasi TPS (Tabel 1 dan 2)

Lebar Blok	Titik Pengukuran	Dosis (cGray) / perentase transmisi dosis pada kedalaman (cm).				
		5	8	10	12	15
4 segitiga sama sisi	A	-0.21	0.09	0.45	0.56	0.00
	B	0.73	0.90	0.26	-0.08	-4.53
	C	-10.42	-5.14	-2.21	-2.55	-1.84
	D	-0.03	0.22	0.64	-1.64	0.31
	E	2.78	1.73	1.41	0.83	-0.35
	F	1.06	0.84	0.92	0.66	0.44
	G	0.81	0.29	0.35	0.22	0.15



Gambar 9. Persentasi Distribusi dosis sinar-x 6 MV lapangan rectangular (4 buah Blok segitiga sama sisi 10 x 10 cm²)

Dosis transmisi berpengaruh dengan kenaikan kedalaman, Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan persentasi dosis transmisi dengan kedalaman pengukuran.



Gambar 10, Persentasi dosis transmisi ditengah lapangan yang dilindungi blok corrobend variasi kedalaman dengan 4 buah blok segitiga sama sisi 10 cm x 10 cm

PEMBAHASAN

Pengukuran dosis pada lapangan III dilakukan dengan 4 buah blok segitiga sama sisi, lapangan ini umumnya digunakan untuk penyinaran serviks untuk

memproteksi organ sehat disekitar target tumor. Dosis transmisi akan diterima organ sehat yang diproteksi meningkat secara linear dengan kenaikan kedalaman, disebabkan adanya hamburan dari medium dengan nilai linearitas $Y = 1.3x + 5.1$ dengan $R^2 = 0,992$, dimana x adalah kedalaman dan Y adalah persentasi dosis transmisi. Untuk kedalaman 5 cm dosis transmisi diterima 6.2 %, kedalaman 8 cm (7.2%), kedalaman 10 cm (9.1%), kedalaman 12 cm (10.3%), kedalaman 15 cm 11.4%), nilai ini masih jauh dari yang diharapkan kecuali untuk kedalaman 5 cm hampir mendekati dari batas maksimum yang diijinkan yaitu 5 % (William, et al., 1993).

Panjang daerah transisi dari pinggir blok sampai pencapaian nilai dosis referensi sekitar 1 cm dari tepi blok, dan ternyata tidak bergantung dengan kedalaman sama halnya dengan pengukuran pada lapangan I dan II. Untuk dosis di tepi blok hampir mendekati dari yang diharapkan yaitu 87.8% untuk kedalaman 5 cm, 93.7% untuk kedalaman 8 cm, 94.7% untuk kedalaman 10 cm, 95.2% untuk kedalaman 12 cm, dan 94.6% untuk kedalaman 15 cm. Nilai distribusi dosis hampir mendekati batas yang diharapkan bahwa distribusi dosis pada target diperbolehkan mempunyai deviasi +7% dan -5% sesuai dengan Report ICRU 62. Transmis dosis hasil kalkulasi TPS dengan hasil pengukuran tidak jauh berbeda, ini dapat dilihat dari nilai selisih kalkulasi TPS dan hasil pengukuran masih dibawah 2%, nilai ini masih diperbolehkan dari batas maksimum yang diijinkan 3 % (Papatheodorou, et al., 1999).

KESIMPULAN

Persentasi dosis transmisi untuk proteksi organ risk disekitar target tumor bergantung pada lebar blok cerrobend. Bentuk dan ukuran yang optimum blok untuk proteksi daerah yang beresiko yaitu blok segitiga sama sisi optimum untuk proteksi organ disekitar serviks. Nilai selisih dosis transmisi hasil kalkulasi TPS dengan hasil pengukuran dibawah 2%.

DAFTAR PUSTAKA

Attix F.H. (1986). "Introduction to Radiological Physics and Radiation

- Dosimetri”, University of Wisconsin Medical School, Madison, Wisconsin.
- G.Luxton and Melvin.A.A, (1988.) “Output Factor constituents of a highenergy photon beam”. *Medical Physics* 15 (1).
- Hall. Eric J, “ Radiobiology for the Radiologist ”, 4th ed. J.B Lippincott Company, Philadelphia.
- ICRU Report 62, Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Reports 50), The International Commission on Radiation Units and Measurements, 1999.
- Jerrold TB., J Anthony S., Edwin ML., dan John M Boone, (2001). “The essential physics of medical imaging”, Lippincott Williams &Wilkins.
- Johns.H.E, Cunningham, John. R,(1983). “The Physics of Radiology”, Charles C Thomas Publisher, Springfield, Illinois, U.S.A.
- Khan.F.M. (1984), “The Physics of Radiation Therapy”, Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore.
- Kron Thomas, et. Al, (1997). “ The Physics of Radiotherapy X-ray and Electrons”, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin.
- Medicartel SDN.BHD, (2005). “Souercebook Medtec Radiation Oncology Accessories, Malaysia.
- P. Huang, J. Chu, and B. Bjarngard, (1987)“The effect of collimator backscatter radiation on photon output of linier accelerators,” *Medical Physics*. 14, 268.
- Podgorsak, E. B. (2003)“Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students“, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Spiridon papatheodorou et al., (1999) “Dose calculation and verification of intensity modulation generate by dynamic MLC”.
- S.K.Dwi, (2002) ” Faktor Hamburan Maksimum Berkas Sinar-X 6 MV and 10 MV”, *Jurnal Fisika HFI Vol A5 No: 0531*
- S. Djarwani. (2008), “ buku Panduan Kuliah Radioterapi “, Fisika Medis, Universitas Indonesia
- Spraws, Perry, Physical principles of medical imaging second edition,
- Susworo. R, (2007), “Dasar – dasar Radioterapi”, Penerbit Universitas Indonesia. UI Press
- Williams, J. R., et. al. (1993), “Radiotherapy Physics in Practice”, Oxford University Press Inc., New York, U.S.A.