

## ANALISIS PROFIL BERKAS RADIASI LINEAR ACCELERATOR 6MV PADA PENGGUNAAN VIRTUAL WEDGE DENGAN GAFCHROMIC FILM

Arisa Dwi Sakti<sup>1)</sup> Eko Hidayanto<sup>1)</sup>, Heri Sutanto<sup>1)</sup>, dan Sanggam Ramantisan<sup>2)</sup>

<sup>1,1)</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2)</sup>Unit Radiologi Rumah sakit Ken Saras Ungaran Kabupaten Semarang

Email: arisads@st.fisika.undip.ac.id

### ABSTRACT

Analysis of the radiation beam profile linear accelerator 6mV on the use of virtual wedge with gafchromic film done as a virtual wedge calibration on the linear accelerator . Virtual wedge calibration was originally done using ionization chamber detector, but its use is not efficient because for one-time calibration with an area of 10 x 10 cm<sup>2</sup> field takes 10 times the exposure with the results of 10 data transform one dose profile curve . It takes a dosimeter that can capture the entire virtual dose results wedge with one exposure is gafchromic films with an area that can be customized . This research was conducted with a virtual wedge on the Siemens PRIMUS linear accelerator , scanner Epson Stylus 10000 XL , Solid Water Phantom , Matlab Program and Excel Program. This research begin to find the correlation between radiation beam and pixel value on gafchromic film with field size 1x 1 cm<sup>2</sup>. This correlation in used to find profile dose of virtual wedge from gafchromic film with field size 1 x 11 cm<sup>2</sup>. Variation of gafchromic film is in this angle on 150, 300, and 450, opening jaws in Y1 and Y2 and the last variation of half beam position in (-10 until 0), (-5 until 5) and (0 until 10). This research find that in higher beam dose, make the darkness film but lower pixel value. there are 2 correction in jaws position Y2 half beam (-10 until 0) 300 and jaws position Y2 half beam (0 until 10) 450. No one of symmetry value higher than 3% appropriate with AAPM TG-47.

**Keyword:** virtual wedge, profil dosis, gafchromic film, half beam

### ABSTRAK

Analisis profil berkas radiasi linear accelerator 6MV pada penggunaan virtual wedge dengan gafchromic film dilakukan sebagai upaya kalibrasi berkas virtual wedge pada pesawat linear accelerator. Kalibrasi virtual wedge pada awalnya dilakukan dengan menggunakan detektor ionisasi chamber, akan tetapi penggunaannya tidak efisien karena untuk satu kali kalibrasi dengan luas lapangan 10 x 10 cm<sup>2</sup> dibutuhkan 10 kali penyinaran dengan hasil 10 data untuk satu kurva profil dosis. Dibutuhkan dosimeter yang dapat menangkap seluruh hasil dosis virtual wedge dengan satu kali paparan yaitu gafchromic film dengan luasan yang dapat disesuaikan. Penelitian ini dilakukan dengan virtual wedge pada pesawat linear accelerator merk Siemens Primus, scanner Epson Stylus 10000 XL, Solid Water Phantom, Program Matlab dan Program Excel. Penelitian ini diawali dengan perhitungan korelasi antara dosis yang diterima dengan hasil pixel scanner stepwedge dari potongan gafchromic film berukuran 1x1 cm<sup>2</sup>. Hasil korelasi tersebut kemudian digunakan untuk perhitungan profil dosis virtual wedge dari hasil paparan dan scanner gafchromic film berukuran 1x11 cm<sup>2</sup>. Paparan pada film gafchromic dilakukan dengan variasi sudut virtual wedge (15<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup> dan 45<sup>0</sup>), pembukaan jaws (Y1 dan Y2) dan posisi half beam untuk rentang -10 sampai 0, -5 sampai 5 dan 0 sampai 10. Hasil dari penelitian ini adalah semakin besar dosis, film semakin hitam dan nilai pixel semakin kecil. Hasil profil dosis pada posisi Y2 rentang -10 sampai 0 ada kesalahan pada sudut 30<sup>0</sup> dan pada rentang 0 sampai 10 di posisi Y2 juga ada kesalahan pada sudut 45<sup>0</sup> sehingga harus dikalibrasi ulang dimana letak kesalahannya. Untuk simetrisitas jaws tidak ada yang melebihi 3% sesuai dengan standar AAPM TG-47.

**Kata-kata kunci:** virtual wedge, profil dosis, gafchromic film, half beam.

### PENDAHULUAN

Radioterapi adalah jenis terapi yang menggunakan radiasi pengion untuk terapi kanker<sup>(8)</sup>. Pesawat *linier accelerator* merupakan contoh pesawat yang dapat menghasilkan radiasi pengion foton dan elektron. Elektron digunakan untuk terapi kanker dengan kedalaman hingga 70 mm sedangkan untuk foton digunakan untuk terapi kanker dengan kedalaman yang lebih besar<sup>(5)</sup>.

Terapi kanker membutuhkan paparan dosis yang optimal dan efisien untuk melindungi jaringan sehat, padahal tubuh manusia memiliki bentuk yang berbeda-beda untuk setiap bagiannya, contohnya saja untuk payudara dan perut bagian pinggir. *Virtual wedge* yang ada pada pesawat linear *accelerator* membantu pengoptimalan dosis untuk bagian-bagian tubuh yang tidak rata atau miring. *Virtual wedge* memberikan dosis dengan kedalaman paparan yang berbeda sehingga untuk

bagian tubuh yang miring mendapatkan paparan radiasi yang sama.

*Virtual wedge* merupakan alat bantu terapi kanker yang harus dikalibrasi untuk jangka waktu tertentu sehingga dapat menjaga keefektifan dan pengoptimalan kemiringan dosis<sup>(4)</sup>. Penggunaan ionisasi chamber untuk kalibrasi *virtual wedge* yang sering dilakukan tidak efisien mengingat *virtual wedge* adalah wedge yang dihasilkan dari pembukaan *collimator* secara bertahap. Penggunaan *ionisasi chamber* dikatakan tidak efisien karena luasan *ionisasi chamber* sempit sehingga dibutuhkan paparan *virtual wedge* berkali-kali untuk mendapatkan dosis setiap titik<sup>(2)</sup>.

Mengacu pada penelitian sebelumnya mengenai perbandingan *ionisasi chamber* dengan *gafchromic film*, keduanya memiliki tingkat keakuratan yang sama<sup>(3)</sup>. *Gafchromic film* adalah dosimetri film dengan luasan yang dapat diatur sesuai dengan luasan yang akan dikalibrasi. Kalibrasi *virtual wedge* dengan *gafchromic film* yang luasannya dapat diatur diharapkan dapat mengefektifkan kalibrasi *virtual wedge* dengan satu kali paparan untuk semua titik dosis. Kesesuaian *virtual wedge* dapat dilihat dari hasil profil dosisnya setelah kalibrasi.

Profil dosis yang terbaca dari hasil citra *gafchromic film* dapat memberikan informasi mengenai berkas radiasi keluaran *virtual wedge* pada pesawat *linear accelerator*, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai profil berkas radiasi *linear accelerator* pada penggunaan *virtual wedge* dengan *gafchromic film*

## DASAR TEORI

### 1. Linear accelerator

Pesawat akselerator linier medik atau biasa disebut *linear accelerator (linac)* merupakan seperangkat peralatan pemercepat elektron hingga memiliki energi kinetik 4 sampai 25 MeV dengan menggunakan medan magnet non-konservatif dari radio frekuensi gelombang mikro<sup>(7)</sup>

### 2. Virtual wedge

Linac mempunyai jaws dibagian kepala yang berfungsi untuk mengubah kualitas sinar dengan mendahulukan perlemahan energi foton rendah (*low energy photon*) / penggeseran sinar dan untuk mengurangi perpanjangan oleh hamburan Compton

yang menghasilkan degradasi energi/ pelemahan sinar<sup>(4)</sup>. Pelemahan energi sinar tersebut diakibatkan karena pergerakan jaws yang berkala sehingga menghasilkan profil dosis yang miring. Pergerakan jaws yang menghasilkan kemiringan profil dosis disebut *virtual wedge*.

### 3. Profil dosis

Profil berkas menunjukkan variasi dosis pada lapangan dengan kedalaman tertentu, yang menyatakan bahwa luas lapangan didefinisikan sebagai jarak lateral antara 50% garis isodosis pada kedalaman tereferensikan<sup>(4)</sup>. Terdapat beberapa parameter yang dapat menentukan kualitas profil dosis diantaranya simetrisitas dan linieritas dari kurva profil dosis.

### 4. Gafchromic film

Film *gafchromic EBT-2* adalah salah satu dari perkembangan terbaru untuk menganalisis sinar-x pada dosimetri radiasi dalam aplikasi radioterapi. Film berhubungan dengan dosis serap yang sangat berguna bagi fraksinasi pada radioterapi<sup>(1)</sup>.

## METODE PENELITIAN

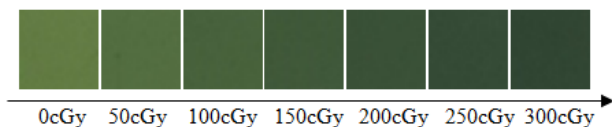
Penelitian ini diawali dengan pemotongan film *gafchromic* berukuran  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  sebanyak 7 buah untuk step wedge dan  $1 \times 11 \text{ cm}^2$  berjumlah 18 buah untuk analisis profil dosis *virtual wedge* dengan variasi 3 posisi half beam, 3 sudut dan 2 pergerakan jaws. Step wedge adalah potongan *gafchromic* yang dipapari radiasi dengan rentang tertentu. Untuk penelitian ini stepwedge dipapari radiasi dengan kenaikan 50cGy.

Setelah dipotong, film *gafchromic* dipapari radiasi foton 6MV dari pesawat linear accelerator. Pengukuran profil dosis dilakukan dengan variasi sudut *virtual wedge* yaitu 15, 30 dan 45, variasi posisi half beam di (-10 hingga 0), (-5 hingga 5) dan (0 sampai 10), juga variasi bukaan jaws Y1 dan Y2.

Semua film yang telah selesai disinari kemudian discanning menggunakan scanner Epson Stylus 10000 XL 50dpi, 48 bit. Citra yang terbentuk kemudian di proses menggunakan program matlab menjadi bentuk greyscale dengan nilai pixel yang nantinya di proses dalam program excel. Citra step wedge diproses hingga terbentuk korelasi, sedangkan yang dipapari *virtual wedge* diproses untuk menghasilkan profil dosis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Citra gafchromic yang disinari setiap kenaikan 50 cGy atau yang disebut step wedge menghitam setiap kenaikan dosis.



**Gambar 1.1** citra gafchromic setelah disinari radiasi yang berbeda

Terlihat bahwa semakin besar dosis, citra film gafchromic semakin menghitam. Ketika citra di program menggunakan matlab menjadi bentuk greyscale, nilai pixel semakin berkurang dengan menghitamnya film. Sehingga semakin besar dosis keluaran, nilai pixel semakin kecil. Semakin kecilnya pixel dikarenakan kombinasi warna pada citra gafchromic semakin berkurang.

**Tabel 1.1** Nilai Dosis dan Nilai Pixel

Nilai dosis (cCy)	Nilai pixel
0	110
50	96
100	86
150	77
200	71
250	66
300	61

Nilai pixel kemudian dikorelasikan dengan nilai dosis dan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$y = ax + b \tag{1.1}$$

Dengan y adalah nilai pixel dan x adalah nilai dosisnya. Untuk perhitungan bisa dimasukkan untuk baris pertama dan kedua:

$$110 = a(0) + b$$

sehingga diperoleh nilai b adalah 110, setelah itu mencari nilai a.

$$96 = a(50) + 110$$

$$(-14) = a(50)$$

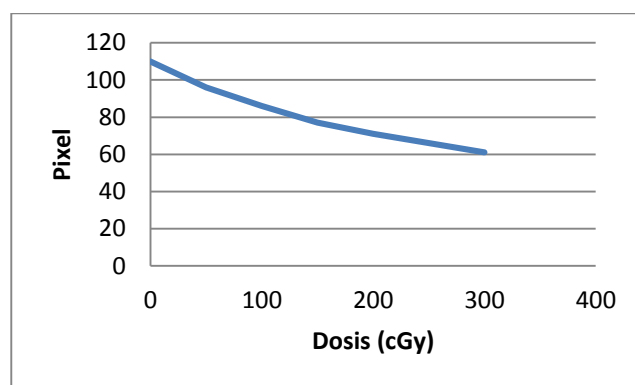
$$a = (-0,2)$$

Hasil korelasi dosis dengan pixel diperoleh persamaan:

$$y = (-0.2)x + 110 \tag{1.2}$$

dimana perhitungan dapat dilanjutkan dengan membandingkan hasil pixel dan dosis dengan nilai yang berbeda.

Korelasi antara nilai pixel dengan dosis yang dikeluarkan juga bisa dilihat pada gambar 1.2 yang menggambarkan untuk setiap kenaikan dosis yang diberikan ke film, nilai pixel semakin kecil karena citra semakin gelap. Kurva yang terbentuk menurun untuk setiap kenaikan dosis



**Gambar 1.2** Kurva hubungan antara dosis yang dikeluarkan dengan hasil pixel citra

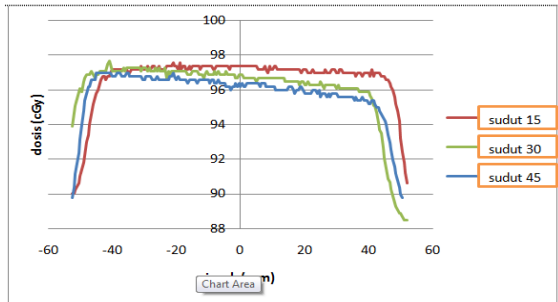
Film gafchromik dengan ukuran 1 x11 cm disinari dengan virtual wedge dengan variasi sudut. Untuk gambar 1.3 adalah citra gafchromic untuk ketiga sudut dengan urutan dari posisi (-10 hingga 0), (-5 hingga 5) dan (10 hingga 0) dengan masing-masing pembukaan jaws Y1 dan Y2 secara berurutan. Posisi pembukaan Y1 adalah penyinaran dari bawah ke atas dan untuk Y2 untuk penyinaran dari atas ke bawah.



**Gambar 1.3** Hasil film gafchromic untuk sudut 15°, 30°, dan 45°

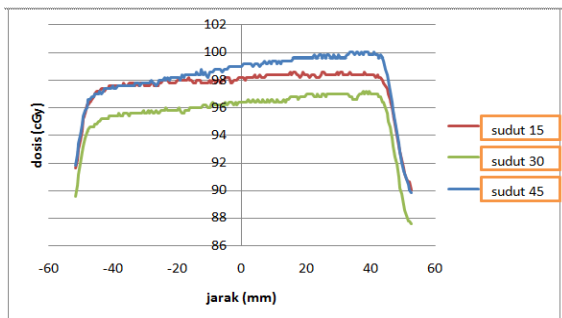
Citra gafchromic yang masih berwarna hijau diprogram menggunakan matlab menghasilkan citra greyscale. Citra greyscale mempunyai nilai

pixel yang kemudian di olah ke software excel menjadi kurva profil dosis.



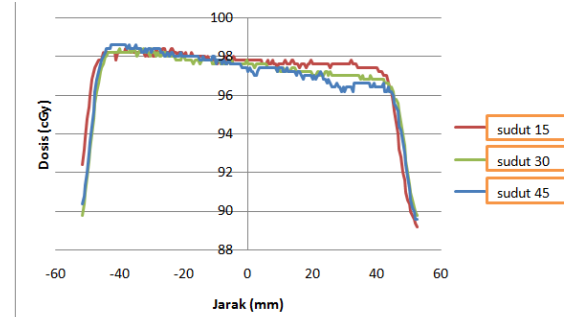
**Gambar 1.4** Profil dosis pada posisi -10 hingga 0 pembukaan jaws Y1

Terlihat bahwa semakin besar kemiringan virtual wedge, semakin besar sudut kurva profil dosis semakin curam. Untuk titik potong ketiga kurva tidak berada pada sumbu axisnya, melainkan pada sisi kiri kurva. Titik potong yang tidak pada sumbu simetri berarti ada perbedaan rentang dosis yang dipaparkan. Bisa juga dalam kalibrasi peletakan film miring dan tidak sesuai dengan sumbu axis.



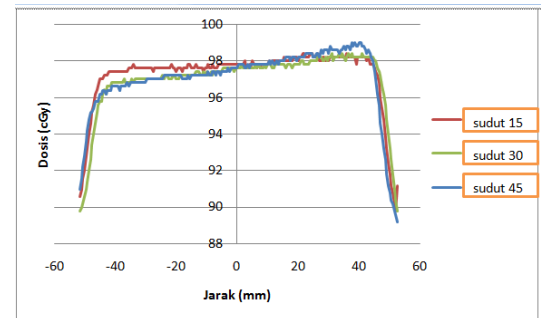
**Gambar 1.5** Profil dosis pada posisi -10 hingga 0 pembukaan jaws Y2

Terlihat untuk sudut 30°, posisi awal kemiringan berbeda dengan sudut yang lain. Sudut 30° tidak berada di antara sudut 15° dan 45°. Kesalahan pada sudut 30° bisa terjadi karena kesalahan pembukaan jaw dan peletakan film yang tidak pas di tengah sehingga ada pengurangan dosis.



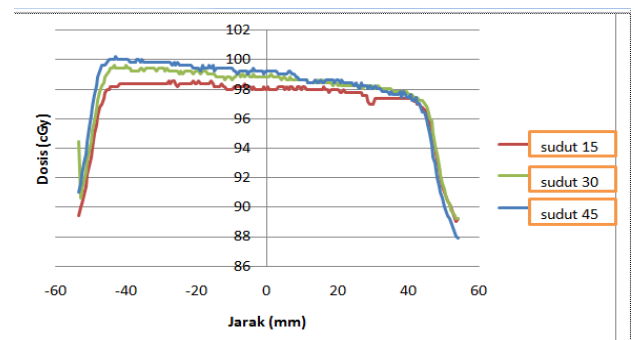
**Gambar 1.6** Profil dosis pada posisi -5 hingga 5 pembukaan jaws Y1

Terlihat bahwa pada posisi ini hasil profil dosis bagus dengan titik potong berada di sumbu axis sehingga kemiringan dapat terlihat jelas dan penggunaannya dalam terapi dapat divariasikan. Posisi -5 hingga 5 tidak perlu dikalibrasi ulang



**Gambar 1.7** Profil dosis pada posisi -5 hingga 5 pembukaan jaws Y2

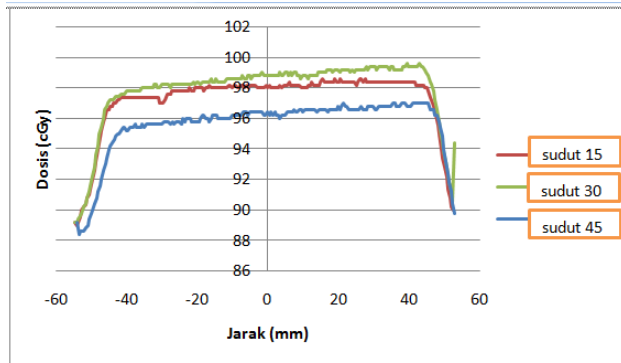
Posisi Y2 ini hampir sama dengan posisi Y1. Profil dosis yang terbentuk sesuai dengan yang diharapkan. Perpotongan kurva berada di sumbu axis yang menunjukkan ketiga sudut dalam posisi baik dan tidak memerlukan kalibrasi ulang.



**Gambar 1.8** Profil dosis pada posisi -10 hingga 0 pembukaan jaws Y1

Terlihat kurva virtual wedge hampir sama dengan kurva posisi -10 hingga 0, akan tetapi untuk

perpotongan kurva berada pada sisi kanan. Untuk sudut 30 terapat sedikit noise di bagian kiri, hal itu bisa terjadi karena film yang kotor atau pada ujung film tidak terpapar radiasi.



**Gambar 1.9 Profil dosis pada posisi -10 hingga 0 pembukaan jaws Y2**

Pada kurva ini terlihat kesalahan pada sudut 45°. Seharusnya pada sudut 45° grafik yang diperoleh semakin curam, akan tetapi untuk sudut 45° kurva profil dosis yang dihasilkan datar dan berada dibawah, hal ini berarti ada kesalahan. Kesalahan bisa berada pada pembukaan jaws, bisa juga karen kesalahan kalibrasi dengan film, sehingga untuk posisi ini dibutuhkan kalibrasi ulang.

**Tabel 1.2 Nilai gradien profil dosis Virtual wedge**

Posisi	Jaws	Sudut	Gradien
(-10 hingga 0)	Y1	15	-0,001
		30	-0,007
		45	-0,008
	Y2	15	0,006
		30	0,011
		45	0,016
(-5 hingga 5)	Y1	15	-0,006
		30	-0,009
		45	-0,012
	Y2	15	0,007
		30	0,009
		45	0,014

Y1	15	-0,005
	30	-0,008
	45	-0,0013
Y2	15	0,005
	30	0,008
	45	0,005

Dilihat dari kurva profil dosis dan hasil gradien, semakin curam kurva, semakin besar sudut, semakin besar gradien yang diperoleh. Untuk sudut 15°, nilai gradien diantara 0.001 hingga 0,007. Sudut ini biasanya digunakan untuk terapi kanker dengan kemiringan yang relatif sedikit seperti untuk kanker serviks. Sudut 30° dengan nilai gradien 0,007 hingga 0,11 dan sudut 45° dengan gradien 0,011 hingga 0,013 digunakan untuk teapi kanker dengan kemiringan yang lebih besar. Contohnya kanker payudara.

Pada perhitungan symetrisitas kedua jaws yang tetlihat pada tabel 1.3, posisi untuk simetrisitas yang paling baik adalah pada sudut 30° dimana nilai simetrisitasnya 99,5% hingga 100%. Nilai simetrisitas paling rendah ada pada sudut 450 dengan nilai 98,3% pada posisi half beam (-10 hingga 0 posisi Y2. Keseluruhan nilai, kesalahan simetrisitas tidak ada yng melebihi 3% sesuai dengan nili AAPM TG-47 dengan rentang kesalahan dari 0 hingga 1,7. Dapat dikatakan bahwa pembukaan jaws kanan dan kiri masih simetri dan dapat digunakan.

Tabel 1.3 Simetrisitas kedua jaws

sudut	Posisi								
	(-10,0)			(-5,5)			(10,0)		
	Y1	Y2	K	Y1	Y2	K	Y1	Y2	K
15 <sup>0</sup>	-0,001	0,006	99,4%	-0,006	0,007	99,8%	-0,005	0,005	100%
30 <sup>0</sup>	-0,007	0,011	99,5%	-0,009	0,009	100%	-0,008	0,008	100%
45 <sup>0</sup>	-0,008	0,016	98,3%	-0,012	0,014	98,5%	-0,013	0,005	98,6%

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Untuk membuat kurva profil dosis dengan menggunakan pixel greyscale citra pada matlab dan excel, harus dimasukan dulu ke persamaan yang telah dilakukan dengan bantuan stepwedge yaitu  $(-0,2)x + 110$ .
2. Pada grafik profil dosis yang dihasilkan dengan perbedaan jaws dan posisi half beam, semakin besar sudut, profil dosis yang dihasilkan semakin besar dan gradien yang dihasilkan juga semakin besar.
3. Untuk pembukaan jaws kanan dan kiri pada ketiga sudut, jaws kanan dan kiri masih simetri dan dalam batas aman tidak melebihi 3% sesuai dengan AAPM no. 47. Nilai koreksi simetrisnya berkisar 0% sampai 1,7%.

### SARAN

Untuk melakukan kalibrasi virtual wedge dengan hasil citra matlab dari hasil scanning, harus dilakukan dengan hati-hati, karena apabila citra yang dihasilkan miring, hasil yang diperoleh juga tidak sesuai sehingga kemiringan virtual wedge akan berbeda dari hasilnya. Apabila citra miring, juga akan banyak noise yang terdapat pada gambar, karena akan ada garis putih di sekitar gambar yang akan memperbesar citra sehingga dapat mengganggu kurva profil dosis.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Diana, L., 2010, Pengukuran Berkas Radiasi pesawat linear acceleration 6MV

- dengan Film Gafchromik EBT pada Kanker Serviks, *skripsi*, Universitas Indonesia, Depok.
- [2]. Dewanti, K. W. A. dan Setiabudi, W., Pengaruh Virtual Wedge Terhadap Simetrisitas Profil Diosis Keluaran Pesawat Linac, *Skripsi*, Fakultas sains dan Matematika UNDIP, Semarang
- [3]. Fuadi, Hamzah. dan Sutanto, H., 2015, Perbandingan Pengukuran PDD dan Beam Profil Antara Detektor Ionisasi Chamber dengan Gafchromic Film pada Lapangan 10 x 10cm<sup>2</sup>, *skripsi*, Fakultas Sains dan Matematika UNDIP, Semarang.
- [4]. Khan, Faiz, M., 2010, *The Physics of RadiationTherapy ;third edition*, Lippincqtt Williams & Wilkins, Philadelphia
- [5]. Mayles, P., Nahum, A., dan Rosenwald, J. C., 2007, *Handbook of Radiotherapy Physics; Theory and Practice*, New York, Taylor & Francis Group
- [6]. Nath, R., 1994, *AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators, AAPM No. 47 in Medicine Publication, American Association of Physicist in Medicine*, Vienna
- [7] Podgorsak, B. E., 2005, *Radiation Onkology Physics; a Handbook for teachers and Students*, IAEA, Vienna, Austria: Depok.
- [8] Tjokronagoro, M., 2001, *Biologi Sel Tumor Maligna*, Fakultas Kedokteran, Yogyakarta: UGM