

## **PERBANDINGAN PENGUKURAN PDD DAN BEAM PROFILE ANTARA DETEKTOR IONISASI CHAMBER DAN GAFCHROMIC FILM PADA LAPANGAN 10 X 10 CM<sup>2</sup>**

**Hamzah Fuadi dan Heri Sutanto**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*E-mail : hamzahfuadi.milan@gmail.com*

### **ABSTRACT**

*The Comparison of PDD and beam profile measurements between detectors Ionization Chamber and Gafchromic film on 10x10 cm<sup>2</sup> field. has been done Measurements were made with the detector CC-13s with a volume of 0.13 cc as a reference detector. Measurements were performed using IBA RFA phantom dosimeter. while the film measurement using solid water phantom gafchromic done. Measurements were taken at a field size of 10x10 cm<sup>2</sup> in plane 6 MV linac with energy. Profile measurements performed using the SAD technique, with a depth of 10 cm for 6 MV. While the PDD measurements using SSD technique. From the results of this study are expected to know the PDD curve Beam profile and optimal dose measurement accuracy can be achieved in clinical treatment. well as the advantages and disadvantages of each detector and can be taken into consideration in selecting the optimal dosimeter according to the function that will be used.*

**Key words:** *Small field dosimetry, ionization chamber, gafchromic film*

### **ABSTRAK**

*Telah dilakukan Perbandingan pengukuran PDD dan beam profile antara Detektor Ionisasi Chamber dan Gafchromic film pada lapangan 10x10 cm<sup>2</sup>. Pengukuran dilakukan dengan detektor CC-13s dengan volume 0,13 cc sebagai detector referensi. Pengukuran dilakukan menggunakan RFA phantom IBA dosimeter. sedangkan pengukuran film gafchromic dilakukan menggunakan solid water phantom. Pengukuran dilakukan pada ukuran lapangan 10x10 cm<sup>2</sup> di pesawat Linac dengan energy 6 MV. Pengukuran profil dilakukan menggunakan teknik SAD, dengan kedalaman 10 cm untuk 6 MV. Sedangkan pengukuran PDD menggunakan teknik SSD. Dari hasil penelitian ini diharapkan dengan mengetahui Kurva Beam profile dan PDD yang optimal dapat dicapai keakuratan pengukuran dosis dalam perlakuan klinis. Serta dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing detector dan dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih dosimeter yang optimal sesuai dengan fungsi yang akan digunakan.*

**Kata Kunci :** *Small field dosimetry, Ionisasi chamber, gafchromic film*

### **PENDAHULUAN**

Radioterapi adalah suatu perlakuan atau *treatment* terhadap penyakit tumor ganas atau kanker dengan menggunakan radiasi Proton, pion, seperti sinar-x, sinar gamma ataupun elektron berenergi tinggi [1]. Dalam dunia kedokteran elektron tingkat tinggi digunakan untuk keperluan radioterapi sejak permulaan tahun 1950. Semula, penyinaran kebanyakan berasal dari betatron walaupun terdapat akselerator linear dan generator Van de Graff dengan elektron energi rendah. *Linear*

*Accelerator (linac)* termasuk pesawat yang menghasilkan radiasi pion energi tinggi dalam orde Megavolt. Pesawat ini dapat menghasilkan berkas elektron atau berkas foton (Cherry dan Duxbury, 2009).

Radiasi pion bisa merusak jaringan, maka diusahakan dosis radiasi yang diberikan pada sel tumor harus terdistribusi secara merata dan sedapat mungkin dosis yang jatuh di luar lapangan penyinaran kecil. Pemberian dosis yang berlebihan akan menyebabkan kerusakan jaringan normal di luar lapangan penyinaran, sedangkan dosis yang tidak cukup untuk

membunuh sel ganas akan menyebabkan kambuh/residif [2]. Pemberian dosis yang optimum akan menentukan keberhasilan dan efisiensi penyinaran. Dosis optimum yang digunakan untuk keperluan terapi haruslah berhasil secara medis dalam arti dapat menyembuhkan penyakit dan juga menekan seminimal mungkin efek biologis pada jaringan normal disekitarnya.

Sandy, 2010 melakukan pengukuran pada profil untuk arah *crossplane* dan arah *inplane* pada kedalaman dosis maksimum (Dmax) dengan hasil pengukuran terjadinya perubahan nilai PDD sampai sekitar 5% akibat pembentukan lapangan asimetri dan terjadi degradasi nilai *flatness*, *symmetry*, dan penumbra. Hal ini berpengaruh pada karakteristik distribusi dosis akibat pembentukan lapangan asimetris sehingga harus diperhatikan dalam aplikasi klinis.

Menurut I.J. Das et. al, 2008 [3] untuk memperoleh dosimetri yang optimal, diperlukan detektor khusus untuk lapangan penyinaran tradisional dengan lapangan radiasi yang besar maupun teknik penyinaran modern dengan lapangan radiasi yang lebih kecil (<3x3cm<sup>2</sup>). Keterbatasan peralatan yang dimiliki oleh tiap-tiap pusat radioterapi menjadi permasalahan yang penting untuk menentukan detektor yang lebih baik untuk semua teknik penyinaran. Pada makalah ini akan dikaji Perbandingan Pengukuran PDD dan *Beam Profile* menggunakan *Ionisasi Chamber* dan *Gafchromic Film*.

## DASAR TEORI

### a. Dosimeter Bilik Ionisasi

Menurut Podgorsak (2005), [4] bilik ionisasi digunakan dalam radioterapi dan radiagnostik untuk menentukan dosis radiasi. Penentuan dosis dalam kondisi referensi penyinaran disebut kalibrasi berkas. Bilik ionisasi terdapat berbagai variasi bentuk dan ukuran, bergantung pada spesifikasi yang dibutuhkan.

### b. Film Gafchromic

Film merupakan salah satu jenis detektor radiasi yang dapat digunakan sebagai dosimeter baik kualitatif maupun kuantitatif. Pada masa sekarang penggunaan dosimeter film umumnya untuk dosimetri radioterapi dan proteksi radiasi. Untuk dosimetri radioterapi dosimeter film dimanfaatkan dalam kontrol kualitas dan alat verifikasi teknik terapi pasien. Dalam kontrol kualitas biasanya film digunakan untuk memverifikasi dosis, kesetaraan lampu lapangan dengan berkas radiasi, profil berkas pada suatu kedalaman, dan penentuan posisi sumbu (*axis*) kolimator. Pada terapi pasien, film digunakan untuk *portal imaging* dan memverifikasi teknik radiasi kompleks seperti IMRT. Dosimeter ini termasuk dosimeter relatif yang hanya sekali pakai, namun hasilnya dapat diarsipkan.

### c. Percentage Depth Dose (PDD)

Pengukuran berkas foton yang keluar dari pesawat linac lebih akurat dapat diketahui dengan memperhatikan data, grafik dan profil persentase kedalaman dosis, dimana nilai persentase dosis pada suatu kedalaman tertentu dibandingkan dengan dosis pada kedalaman maksimum yang dinamakan *PDD (percentage depth dose)*.

### d. Penentuan Homogenitas Berkas Radiasi Foton

Homogenitas dosis keluaran pesawat linac ditentukan dengan meletakkan detektor pada sumbu utama sumber radiasi (luas 10 x 10 cm<sup>2</sup>) dengan kedalaman 10 cm dari permukaan *phantom* kemudian dilakukan penyinaran. Langkah selanjutnya menggeser detektor ke kanan maupun ke kiri dengan *interval* jarak 1 cm sampai tepi luas lapangan radiasi, masing-masing dilakukan penyinaran. Setelah didapat hasil pengukuran dengan waktu penyinaran sekitar 60 detik, kemudian dilakukan perhitungan untuk masing-masing kedudukan detektor untuk dinilai kerataan (*beam flatness*) dan simetrisnya (*beam Symetrys*).

*Flatness* dan *symmetry* berkas radiasi adalah parameter yang harus diperiksa pada waktu *acceptance test* pesawat radioterapi dan secara periodiksetelah itu. Baik *flatness* maupun *symmetry* berkas radiasi biasanya ditentukan pada daerah 80% dari FWHM (*full width half maximum*). FWHM merupakan lebar profil pada 50% dosis, yang dimaksudkan untuk menghindari penumbra.

*Beam flatness* untuk berkas radiasi foton telah didefinisikan sebagai presentase variasi dosis relatif dari  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  di pusat 80% dari ukuran bidang (daerah acuan) pada kedalaman 10 cm [5]. Dalam *beam flatness* yang tegak lurus terhadap *central axis*. Variasi dosis sekitar rentang 3% masih dapat diterima pada ukuran lapangan referensi (sesuai dengan ketentuan dari AAPM No. 47, 1994)[6].

*Profile* berkas radiasi silang selain didapatkan untuk *flatness*/kerataan juga digunakan untuk simetri. Simetri berkas S umumnya ditentukan pada  $z_{max}$  yang merepresentasikan parameter uniformitas. Nilai S untuk 2 titik yang berjarak sama dari pusat berkas tidak boleh melebihi 2%.

*Penumbra* merupakan parameter keseragaman profil berkas radiasi yang didefinisikan sebagai daerah pada profil yang menerima dosis antara 80 % dan 20% dari sumbu utama [6].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan Linear Accelerator produksi Elekta Synergy S. Bahan dan peralatan yang digunakan antara lain detektor Ionisasi chamber detektor CC-13 dengan volume 0.13 cm<sup>3</sup> produksi IBA Dosimeter sebagai detektor *reference*. Kedua detektor tersebut dirangkai dengan RFA *Blue phantom with omnipro-accept* produksi IBA Dosimeter. Detektor *reference* digunakan dalam pengukuran ini mempunyai tujuan untuk mengkompensasi fluktuasi *output* di sekitar berkas lapangan radiasi. Gafchromic film tipe EBT dan *Solid water phantom* produksi Standard Imaging memiliki kerapatan massa  $\rho$  1.03 g/cm<sup>3</sup> (Standard Imaging), serta

menggunakan *scanner* film Epson 10000 *expression XL* dan pengolahan film menggunakan *software* Image J 1.41o. [7]

Pengukuran berkas profil dan PDD dilakukan di pesawat LINAC Synergy S pada sinar-x 6 MV. Pengukuran pada film Gafchromic dilakukan menggunakan *Solid water phantom* dengan kerapatan massa 1,03 g/cm<sup>3</sup>. Sedangkan pengukuran dengan Detektor Ionisasi chamber menggunakan RFA IBA Dosimeter dengan luas lapangan radiasi 10 cm<sup>2</sup>

Pengukuran dilakukan dengan detektor CC-13s dengan volume 0.13 cc sebagai detektor *reference*. Pengukuran menggunakan *Blue Phantom* IBA dosimeter berukuran 48x48x41 cm<sup>3</sup>, menggunakan teknik SAD pada kedalaman 10 cm untuk sinar-x 6 MV pada luas lapangan radiasi 10 cm<sup>2</sup>. Pengukuran RFA dilakukan dengan menggunakan mode *step by step* 1 mm. pengukuran ini dilakukan dengan mendeteksi langsung berkas radiasi menggunakan detektor bilik ionisasi yang diletakkan dalam fantom air dan digerakkan oleh suatu sistem penggerak dan terkontrol dalam tiga dimensi.

Pengoperasian dan pengolahan data hasil pengukuran langsung diatur melalui program komputer *Omni-Pro Accept software*. Dengan program komputer ini *scanning* berlangsung dalam waktu yang singkat dan akurat, Hanya saja persiapan awalnya memakan waktu yang cukup lama, sehingga akan menghasilkan data berupa grafik dari PDD dan beam profil dari linac Synergy S dan nilainya akan dikonversi dalam bentuk *excel*.

Untuk pengambilan profil film Gafchromic dilakukan dengan *virtual water phantom*. Data *off-axis* yang diberikan dengan profil berkas diukur tegak lurus terhadap sumbu berkas pusat pada kedalaman tertentu dalam phantom seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.4. Posisi film diletakkan diantara slab phantom tegak lurus dengan arah berkas sinar. Penyinaran menggunakan teknik SAD pada kedalaman 10 cm untuk sinar-x 6 MV pada luas lapangan radiasi 10 cm<sup>2</sup>.

Pengambilan PDD film Gafchromic dilakukan dengan *Solid water phantom* seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.5, penyinaran dilakukan pada sumbu utama dari film. Posisi film diletakkan secara vertikal diantara slab fantom sejajar dengan arah berkas sinar dengan menggunakan SSD 100 cm dan sinar-x 6 MV.

Untuk setiap modalitas sinar-x, masing-masing film dipapari dengan dosis yang sama. Film yang telah dipapari tersebut akan di *Scan* menggunakan Epson 10000 *expression XL* dan disimpan ke dalam format .TIFF. Resolusi pemindaian adalah 75 dpi, dan gambar disimpan dalam format RGB 48-bit. Di dalam software Image J 1.41o, warna-warna dipisahkan dan disimpan dalam format red channel 16 bit (ISP, 2007). File tersebut diolah menggunakan program Image J 1.41o, dengan mengkonversi dosis menjadi *pixel value* dan kemudian dievaluasi dan dianalisa berdasarkan kajian teoritis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

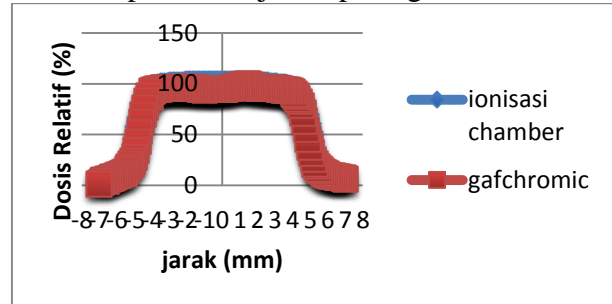
Telah dilakukan pengukuran PDD dan beam Profile menggunakan detektor *pin-point micro chamber* dan film Gafchromic untuk kelima luas lapangan yang berbeda menggunakan modalitas sinar-x 6 MV dan 10 MV pada pesawat Elekta Synergy S

### Hasil Profil

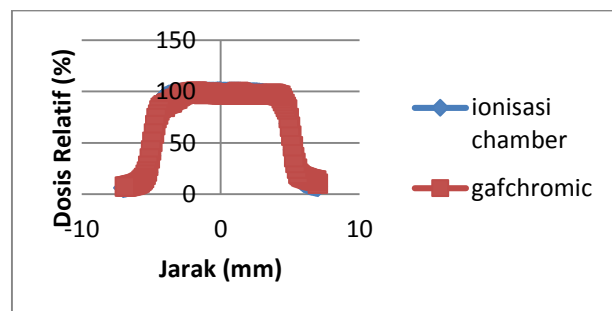
Profil berkas radiasi hasil pengukuran film Gafchromic menggunakan *virtual water Phantom* pada sinar-x 6 MV. Profil film Gafchromic dipapari menggunakan LINAC berkas foton sinar-x 6 MV dengan 800 MU pada lapangan 10 cm<sup>2</sup>. Pengukuran ini dilakukan menggunakan SSD 90 cm untuk sinar-x 6 MV.

Profil berkas radiasi pengukuran menggunakan detektor CC13 menggunakan RFA Blue Phantom merk IBA Dosimeter dengan *Omni-Pro Accept software* yang dilengkapi dengan *scanning* dosimetri untuk ke lima luas lapangan pada berkas sinar-x 6 MV. Pengukuran dilakukan dengan SSD 90 cm

untuk sinar-x 6 MV. Pengukuran profil pada linac dilakukan untuk menilai homogenitas dosis dengan menganalisa kualitas *beam flatness* yang dilakukan dengan 2 arah gerakan detektor yang berbeda, yaitu *crossline* dan *inline*, seperti ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Grafik gabungan crossline sinar-x 6 MV film Gafchromic dan ionisasi chamber



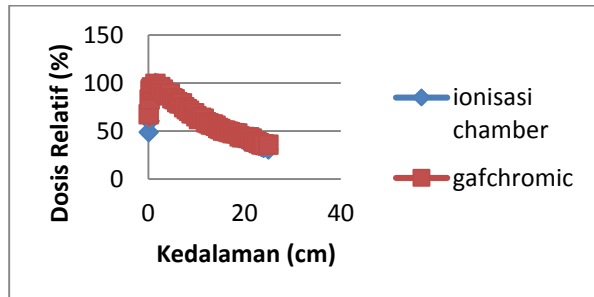
Gambar 2. Grafik gabungan inline sinar-x 6 MV film Gafchromic dan ionisasi chamber.

### Hasil PDD

Pengukuran PDD film Gafchromic menggunakan LINAC dengan modalitas berkas foton 6 MV pada lapangan 10x10 cm dengan menggunakan SSD 100 cm. Pada modalitas berkas foton 6 MV, lapangan disinari dengan 800 MU. Pengukuran dilakukan pada ukuran lapangan yang berbeda dengan SSD 100 cm.

Pengambilan kurva PDD menggunakan detektor *ionisasi chamber* yang dirangkai dengan detektor CC13 menggunakan RFA *Blue Phantom* merk IBA Dosimeter dengan *Omni-Pro Accept software* yang dilengkapi dengan *scanning* dosimetri untuk luas lapangan pada sinar-x 6 MV dengan menggunakan SSD 100 cm. Semua data angka sehingga menghasilkan

kurva berasal dari hasil ekstrak yang dilakukan pada *Image J 1.41o* untuk film Gafchromic, *Omni-Pro Accept software* untuk detektor Ionisasi chamber seperti terlihat pada Gambar. 3.



Gambar 3. Grafik gabungan PDD sinar-x 6 MV pada lapangan  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  antara ionisasi chamber dan gafchromic film.

### 1. Pembahasan Profil

Pengukuran profil pada LINAC dilakukan untuk menganalisa kualitas berkas dan kerataan berkas yang dilakukan dengan 2 arah gerakan detektor yang berbeda, yaitu *inline* dan *crossline*. Data hasil pengukuran profil *inline* dan *crossline* untuk menilai homogenitas dosis dengan menganalisa kualitas *beam flatness* dan *beam symetrys*

Gambar 1. Dan 2. merupakan hasil pengukuran profil *inline* dan profil *crossline*, menunjukkan variasi dosis yang melintasi bidang pada kedalaman yang spesifik seperti gambaran berkas radiasi. Data *off-axis* yang diberikan dengan profil berkas diukur tegak lurus terhadap sumbu berkas pusat pada kedalaman tertentu dalam phantom Berkas profil *inline* diukur tegak lurus terhadap pusat berkas radiasi yang sejajar sumbu Y (detektor digerakkan dari kanan ke kiri, searah *gun target*), sedangkan berkas profil *crossline* diukur tegak lurus terhadap pusat berkas radiasi yang sejajar sumbu X (detektor digerakkan dari depan ke belakang).

Tabel 1. Gabungan Hasil analisa *crossline* dan *inline* profil berkas sinar-x 6 MV dengan

| Ukuran Lap $10 \times 10 \text{ cm}$ |              |              |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
|                                      | Crossline    | Innline      |
| Ionisasi Chamber                     | -8.13 & 9.14 | 7.52 & -7.11 |
| Gafchromic Film                      | 9.18 & 9.18  | 7.45 & 8.24  |

detektor Ionisasi Chamber pada lapangan  $10 \times 10 \text{ cm}^2$

| Ionisasi Chamber |             |              |
|------------------|-------------|--------------|
| Parameter        | Crossline   | Inline       |
| Field size (cm)  | 9.84        | 9.98         |
| Flatness (%)     | 2.97        | 2.46         |
| Symmetry (%)     | 0.61        | -1.80        |
| Penumbra (cm)    | -0.8 & -0.9 | 0.75 & -0.71 |

Tabel 2. Gabungan Hasil analisa *crossline* dan *inline* profil berkas sinar-x 6 MV dengan detektor Gafchromic film pada lapangan  $10 \times 10 \text{ cm}^2$

Tabel 3. Gabungan Nilai deviasi ukuran lapangan profil berkas sinar-x 6 MV dengan detektor Ionisasi Chamber dan Gafchromic film

| Film Gafchromic                           |           |             |
|---|-----------|-------------|
| Parameter                                 | Crossline | Inline      |
| ukuran lapangan $10 \times 10 \text{ cm}$ | 9.8       | 10.7        |
| Flatness (%)                              | Crossline | Innline     |
| Ionisasi chamber                          | 3.06      | 4.272       |
| Gafchromic film                           | 0.9 & 0.9 | 0.75 & 0.83 |

Berdasarkan hasil ukuran bidang yang berbeda pada tabel 1 dan 2, dapat dilihat bahwa distribusi berkas radiasi memiliki profil dan bentuk yang khas. Secara individual, memiliki profil *full width at half maksimum* (FWHM), nilainya tergantung pada ukuran lapangan yang digunakan. Istilah teknis FWHM menggambarkan sebagai ukuran lebar obyek dalam gambar atau grafik.

Setelah dilakukan evaluasi ukuran lapangan hasil pengukuran seperti yang

disajikan pada Tabel 3 didapatkan nilai deviasi ukuran lapangan pada film Ionisasi Chamber menggunakan berkas sinar-x 6 MV yaitu -1,6% dan -0.2%. Sedangkan pada Gafchromic film didapatkan nilai deviasi profil untuk sinar-x 6 MV yaitu -2% dan 0.7%. Dari hasil evaluasi nilai deviasi ukuran lapangan dapat disimpulkan pengukuran profil berkas menggunakan Ionisasi Chamber lebih akurat

karena memiliki nilai rata-rata deviasi yang lebih kecil dibandingkan pengukuran menggunakan film Gafchromic.

Informasi mengenai daerah penumbra merupakan hal yang penting dalam perlakuan klinis, terutama untuk mengetahui dosis di luar dan sekitar area dari target. Penumbra ditentukan pada daerah dari 80%-20% dari kurva berkas profil [4]. Dari hasil analisa, dapat diketahui nilai presentasi daerah penumbra terhadap ukuran lapangan radiasi seperti yang disajikan pada Tabel 4 Pada Ionisasi Chamber untuk berkas sinar-x 6 MV yaitu 7.11% dan nilai deviasi terbesar yaitu 9.18%. Pada pengukuran Gafchromic film untuk berkas sinar-x 6 MV yaitu 7.45% sampai 9.18%.

Berdasarkan hasil diatas terdapat perbandingan luas daerah penumbra pada bidang *crossline* dan *inline* untuk ukuran nilainya fluktuatif, namun memiliki kecenderungan daerah penumbra yang lebih luas pada bidang *crossline* dibandingkan bidang *inline*. Dalam hal ini pendekatan *collimator* digunakan, *collimator* bidang lapangan kecil arah X dibentuk dari rangkaian *leaf MLC* dan sisi atas atau bawah rahang kolimator sebagai arah Y. Faktor yang dominan adalah dari sisi geometris pembentuk lapangan radiasi.

Tabel 4 Nilai deviasi daerah penumbra terhadap ukuran lapangan

Pengukuran menggunakan detektor dengan volume kamar ionisasi kecil yang sensitif menunjukkan secara signifikan akan membuat daerah penumbra bidang kecil menjadi lebih besar, dengan jumlah relatif yang signifikan akan menjadi lebih buruk karena penurunan ukuran lapangan. Meskipun kamar pengion memiliki volume kecil yaitu 0,013 cc, namun volume detektor Ionisasi chamber masih terlalu besar untuk secara akurat mengukur data berkas dari kolimator pada lapangan 10x10 cm<sup>2</sup>. Hal ini merupakan bukti perlu adanya faktor koreksi *volume averaging* dalam pengukuran menggunakan detektor pada ukuran lapangan kecil [3].

Tingkat ketelitian dalam melakukan setiap pengukuran juga akan mempengaruhi *fluktuasi* data eksperimen yang dihasilkan. Untuk itu, memperkecil tingkat kesalahan akibat kekurangtelitian sangat diperlukan. Karena kompleksnya pengukuran pada lapangan kecil akan sangat menentukan hasil pengukuran dengan menggunakan detektor, sehingga berbagai faktor akan mempengaruhi keakuratan data yang dihasilkan.

Dalam aplikasi klinis nilai kerataan berkas menunjukkan distribusi dosis yang terjadi dalam satu berkas lapangan radiasi. Idealnya distribusi dosis dalam satu lapangan berkas harus sama di semua titik sehingga dosis yang diterima kanker merata. Namun dalam prakteknya hal ini sangat sulit dicapai. Tabel 1 dan 2 menunjukkan analisa kerataan berkas profil *crossline* pada pengukuran menggunakan detektor Ionisasi chamber pada sinar-x 6 MV yaitu 2.97%. dan pada Hasil pengukuran menggunakan film Gafchromic pada sinar-x 6 MV yaitu 5.2%. sedangkan berkas profil *inline* pada pengukuran menggunakan detektor Ionisasi chamber pada sinar-x 6 MV yaitu 2.46%. dan pada Hasil pengukuran menggunakan film Gafchromic pada sinar-x 6 MV yaitu 7.83%

Dari hasil evaluasi nilai kerataan berkas profil *crossline* dan *inline* dapat disimpulkan pengukuran menggunakan detector ionisasi chamber lebih akurat Karena memiliki nilai rata-rata yang lebih kecil dibandingkan pengukuran menggunakan film gafchromic.

Analisa simetri berkas profil *crossline* pada pengukuran menggunakan detektor Ionisasi chamber pada sinar-x 6 MV yaitu 0.61%. dan pada Hasil pengukuran menggunakan film Gafchromic pada sinar-x 6 MV yaitu 3.06%. sedangkan berkas profil *inline* pada pengukuran menggunakan detektor Ionisasi chamber pada sinar-x 6 MV yaitu -1.80%. dan pada Hasil pengukuran menggunakan film Gafchromic pada sinar-x 6 MV yaitu 4.27%.

Dari hasil evaluasi nilai simetri berkas profil *crossline* dan *inline* dapat disimpulkan pengukuran menggunakan detector ionisasi

chamber lebih akurat Karena memiliki nilai rata-rata yang lebih kecil dibandingkan pengukuran menggunakan film gafchromic.

## 2. Pembahasan PDD

Profil berkas radiasi ini memberikan gambaran distribusi dosis di setiap titik dalam satu *lapangan* radiasi pada kedalaman tertentu. Bentuk profil dipengaruhi oleh *absorpsi* dan hamburan yang terjadi pada semua komponen, terutama pada kolimator dan phantom, baik phantom air ataupun *solid water phantom*. Berkas radiasi foton dari pesawat akselerator linier medik adalah hasil interaksi antara berkas elektron dengan target. Ketika berinteraksi dengan materi, maka interaksi yang dominan terjadi adalah efek *Compton* (Cunningham,1983). Dengan demikian radiasi hambur yang terjadi cukup besar. Di setiap kedalaman radiasi hambur yang terjadi berbeda. Pada daerah yang dekat dengan permukaan, radiasi hambur yang terjadi dominan berasal dari hamburan kolimator.

Melihat hasil Tabel 5 didapat nilai kedalaman maksimum ( $R_{max}$ ) pada pengukuran menggunakan film Gafchromic untuk berkas sinar-x 6 MV yaitu 1.48 cm. Sedangkan Pada pengukuran PDD menggunakan detektor Ionisasi Chamber untuk berkas sinar 6 MV yaitu 1.48 cm

Berdasarkan hasil tersebut, pada pengukuran PDD menggunakan detektor Ionisasi chamber dan film gafchromic terlihat kedalaman maksimum yang cukup jelas bahwa kurva PDD dipengaruhi oleh luas lapangan. Hasil penelitian ini baik pada film Gafchromic maupun Ionisasi Chamber memiliki kecenderungan kedalaman maksimum.

Jarak antara permukaan sampai dengan titik dengan dosis maksimum merupakan kedalaman maksimum atau kedalaman *build up*. Untuk energi radiasi tinggi, elektron sekunder hasil interaksi cenderung bergerak ke depan, sehingga jumlah ionisasi meningkat dan maksimum pada saat mencapai kedalaman sama dengan jangkauan elektron. Setelah

maksimum dicapai, jumlah ionisasi menurun dengan kenaikan kedalaman karena pengaruh *inverse square law* dan atenuasi foton. Persentase dosis kedalaman dipengaruhi oleh energi, luas lapangan, *SSD* dan komposisi medium yang diradiasi. Tentu saja persentase dosis kedalaman pun berubah-ubah dengan kedalaman yang berbeda.[8]

$TPR_{20,10}$  merupakan *index* kualitas berkas radiasi untuk energi tinggi. Kualitas energi berkas radiasi foton merupakan percepatan potensial nominal atau energi maksimum nominal yang hampir sama dengan energi elektron yang menumbuk target. Untuk mendapatkan *index* kualitas berkas radiasi pada luas lapangan radiasi sesuai dengan referensi dapat dicari menggunakan formula (TRS 398):[9]

$$TPR_{20,10} = 1.2661 \times D_{20,10} - 0.0595 \quad (1)$$

Tabel 5. Nilai  $R_{max}$  dan  $TPR_{20,10}$  pada pengukuran menggunakan ionisasi chamber dan film Gafchromic untuk berkas sinar-x 6 MV pada luas lapangan 10x10cm

| Hasil analisa PDD |             |                 |
|-------------------|-------------|-----------------|
| Parameter         | Ion chamber | Film Gafchromic |
| $R_{max}$ (cm)    | 1.48        | 1.48            |
| $D10$ (%)         | 68.27       | 65.49           |
| $D20$ (%)         | 40.69       | 43.78           |
| $TPR_{20,10}$ (%) | 0.69510     | 0.78689         |

## KESIMPULAN

Telah dilakukan pengukuran PDD dan berkas profil foton pada ukuran lapangan 10 x 10 cm<sup>2</sup> di Pesawat Linear akselerator Elekta Sinergy S meenggunakan film Gafchromic dan detektor Ionisasi Chamber. Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan, yaitu:

1. Untuk analisa ukuran luas lapangan profil, nilai deviasi terkecil pada lapangan 10x10 cm yaitu -0.2% dan deviasi terbesar yaitu 0.7% keduanya menggunakan film gafchromic

2. Untuk analisa daerah penumbra berkas profil, presentasi daerah penumbra terkecil yaitu -7.11% menggunakan detector ionisasi Chamber dan deviasi terbesar yaitu 9.18% menggunakan film gafchromic.
3. Pada pengukuran kerataan berkas profil, kerataan berkas terkecil yaitu 2.46% menggunakan detector Ionisasi chamber dan kerataan berkas terbesar yaitu 7.83% menggunakan film gafchromic.
4. Pada pengukuran symetri berkas profil, kerataan berkas terkecil yaitu 0.61% menggunakan detector Ionisasi chamber dan kerataan berkas terbesar yaitu 4.27% menggunakan film gafchromic.
5. Untuk analisa  $TPR_{20,10}$  pada berkas sinar-x 6 MV nilai Terkecil 0.69510 menggunakan detector ionisasi chamber dan nilai terbesar 0.78689 menggunakan fim gafchromic.

*films of the size of high-energy X-ray fields*". Applied Radiation and Isotopes 64 (2006) 1027–1030

- [8] Gunilla C. B., 1996, *Radiation Therapy Planning, Second Edition*, Mc Graw-Hill : New York.
- [9] *Technical Report Series (TRS) No. 398.*, 2000, *Absorb Dose Determination External Beam Radiotherapy*, Vienna : International Atomic Energy Agency (IAEA).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhartono, Z. 1990. "Dosimetri Radioterapi". Jakarta : PSPKR-BATAN.
- [2] Meredith, W.J. and John B. M., 1968, *Fundamental Physics of Radiology*, Wilham and wilkie, Baltimore.
- [3] I. J. Das, G. X. Ding, and A. Ahnesjö, 2008. "Small fields: Non-equilibrium radiation dosimetry," Med. Phys. 35, 206–215.
- [4] Podgorsak, E., B., 2005, *Eksternal Photon Beams : Physical Aspect in Radiation Oncology Physics : A Handbook for Teachers and Students*, International Atomic Energy Agency, Publishing Section IAEA, Vienna.
- [5] Khan, F. M., 2003, *The Physics of Radiation Therapy 2nd edition*, Baltimore, Maryland, USA: Lippincott Williams and Wilkins.
- [6] *American Association of Physicists in Medicine.*, No. 47, 1994, *AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators*, AAPM in Medicine Publication, American Association of Physicists in Medicine.
- [7] Tsang, C et all. 2006. "Independence of calibration curves for EBT Gafchromic