

## PENENTUAN LAJU DOSIS SERAP AIR BERKAS FOTON 6 MV MENGUNAKAN EMPAT TIPE DETEKTOR IONISASI

Assef Firnando Firmansyah

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN, Jakarta,  
Indonesia, firando3154@gmail.com

### ABSTRAK

**PENENTUAN LAJU DOSIS SERAP BERKAS FOTON 6 MV MENGGUNAKAN EMPAT TIPE DETEKTOR IONISASI.** Makalah ini menguraikan penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV dari pesawat pemercepat linier medik Synergy Platform S151731 menggunakan empat tipe detektor ionisasi. Keempat detektor tersebut adalah PTW TW 30013, PTW Semiflex TW 31010, Exradin A1 *ion chamber* dan PTW *PinPoint* 3D 31016. Pengukuran dilakukan di dalam fantom air pada kedalaman detektor 10 cm dengan jarak sumber radiasi ke permukaan air 100 cm dan lapangan radiasi 10 cm x 10 cm untuk TW 30013 dan PTW Semiflex 31010 serta lapangan radiasi 5 cm x 5 cm untuk detektor Semiflex, Exradin A1 *ion chamber* dan PTW *PinPoint* 3D 31016 serta kedalaman 10 cm. Perhitungan hasil pengukuran dilakukan menggunakan protokol dosimetri IAEA yang terdapat dalam Technical Report Series No. 398. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kesesuaian yang cukup baik antara kedua pengukuran dengan perbedaan lebih kecil dari 2,5 %.

Kata kunci: empat, detektor, foton, mini, mikro

### ABSTRACT

**DETERMINATION OF THE ABSORBED DOSE TO WATER FOR A 6 MV PHOTON BEAM USING FOUR TYPES OF IONIZATION CHAMBERS.** This paper describes the determination of the absorbed dose to water for a 6 MV photon beam obtained from a Synergy Platform S151731 linear accelerator machine using four types of ionization chambers. These chamber types were a PTW TW 30013, a PTW Semiflex, an Exradin A1 *ion chamber* and a PTW *PinPoint* 3D 31016. Measurement has been carried out inside a water phantom at the depth of 10 cm with the source to the surface distance of 100 cm, the field sizes of 10 cm x 10 cm for a PTW TW 30013 and a PTW Semiflex, and 5 cm x 5 cm for a PTW Semiflex, an Exradin A1 *ion chamber* and a PTW *PinPoint* 3D 31016. Calculation of the measurement were based on the International Atomic Energy Agency publication in the Technical Report Series No. 398. The result obtained showed that there were good agreement among the measurement with differences less than 2.5 %.

Keywords: four, chamber, photon, mini, micro

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknik penatalaksanaan penggunaan radiasi pengion di bidang radioterapi di Indonesia sangat pesat seperti teknik *intensity modulated radiation therapy* (IMRT), *Stereotactic Radiosurgery* (SRS), *Volumetric Arc Therapy* (VMAT) dan lain-lain. Beberapa teknik tersebut di atas membutuhkan lapangan radiasi kecil dan sangat kecil. Dengan penggunaan lapangan radiasi kecil tersebut memungkinkan dosis

yang diberikan pada volume target sangat akurat, sementara itu jaringan yang sehat terhindar dari dosis radiasi yang tidak diinginkan<sup>1,2,3</sup>.

Perkembangan lain adalah masuknya ke Indonesia pesawat terapi dengan teknologi yang relatif baru dan berbeda dengan yang sudah ada selama ini seperti pesawat Pisau Gamma Leksell Perfexion yang dioperasikan oleh Rumah Sakit Siloam Karawaci dan Rumah Sakit Umum Pusat Nasional dan menyusul pesawat tomoterapi Hi Art yang

digunakan oleh Rumah Sakit Umum Pusat Nasional dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta<sup>4,5</sup>.

Pesawat Pisau Gamma Leksell, khusus digunakan untuk tumor kecil yang berada di bagian kepala dan tidak mungkin dilakukan pembedahan. Lapangan radiasi yang digunakan pada pesawat model Perfexion ini berdiameter 4, 8 dan 16 mm. Sementara itu pesawat Tomoterapi Hi Art adalah pesawat pemercepat linier dengan berkas radiasi foton 6 MV yang berputar seperti pesawat sinar-X diagnostik CT Scan dan secara bersamaan meja pasien dapat bergerak maju. Perbedaan pesawat tomoterapi ini dengan pesawat pemercepat linier medik konvensional adalah ukuran lapangan radiasi pada arah longitudinal (sumbu-y) maksimal 5 cm sedangkan jarak sumber radiasi ke pasien 85 cm. Dengan demikian kalibrasi pada kondisi acuan (*reference condition*) dengan lapangan radiasi 10 cm x 10 cm dan jarak ke permukaan fantom 100 cm menggunakan detektor ionisasi volume 0,6 cc sebagaimana pesawat pemercepat linier konvensional tidak dapat diterapkan<sup>6</sup>.

Terakhir adalah masuknya ke Indonesia pesawat pemercepat linier medik generasi terbaru buatan pabrik Elekta yaitu Versa HD yang dioperasikan oleh Rumah Sakit Murni Teguh Memorial Hospital, Medan. Pesawat ini merupakan yang pertama di Indonesia dan dapat memancarkan berkas foton menggunakan *flattening filter* sebagaimana halnya pesawat linac konvensional, namun dapat juga memancarkan berkas foton tanpa menggunakan flattening filter, sehingga laju dosisnya menjadi 3 sampai 4 kali lipat dibandingkan menggunakan *flattening filter*<sup>7,8</sup>. Berkas foton dari pesawat ini dapat digunakan untuk lapangan radiasi yang sangat kecil sebesar 5 mm. Disamping itu pesawat ini dapat memancarkan berkas elektron dengan dosis serap yang 10 kali lipat untuk keperluan penatalaksanaan *Total Skin Electron Therapy* (TSET) yaitu penyembuhan penyakit tumor kulit<sup>9</sup>.

Uraian tersebut di atas mengindikasikan perlunya berbagai detektor dengan volume yang bervariasi untuk digunakan dalam menentukan laju dosis serap air berkas radiasi pada kondisi bukan acuan (*non-reference condition*). Saat ini banyak detektor dengan

volume yang bervariasi yang tersedia secara komersial yang dibuat oleh beberapa pabrik

Dalam radioterapi, detektor diklasifikasi sesuai dengan ukuran dari volume aktifnya. Detektor disebut sebagai "*micro*" jika volume aktifnya lebih kecil dari 10 mm<sup>3</sup> dan "*mini*" jika volumenya antara 10 dan 40 mm<sup>3</sup>, sedangkan jika volume aktifnya lebih besar dari 40 mm<sup>3</sup> maka detektor disebut sebagai detektor standar<sup>10</sup>. Detektor "*micro*" digunakan untuk pengukuran berkas foton pada lapangan radiasi kecil, sedangkan detektor "*mini*" digunakan untuk pengukuran relatif seperti PDD dan profil berkas radiasi namun pabrik merekomendasikan juga untuk pengukuran absolut, sedangkan detektor standar digunakan untuk pengukuran absolut. Sudah tentu respon masing-masing terhadap radiasi tidak sama.

Makalah ini menguraikan penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV dari pesawat pemercepat linier medik Synergy Platform S151731 menggunakan beberapa tipe detektor ionisasi yang dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat Nasional dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta. Pengukuran dilakukan menggunakan dua buah detektor ionisasi milik RSUP Nasional dr. Cipto Mangunkusumo dan dua buah milik PTKMR-BATAN. Tujuan pengukuran ini untuk mengetahui respon masing-masing detektor terhadap berkas radiasi foton 6 MV pada kondisi acuan (*reference condition*) dan bukan acuan (*non-reference condition*) sekaligus sebagai persiapan untuk menentukan laju dosis serap air berkas foton yang dipancarkan dari pesawat Tomoterapi Hi Art serta verifikasi *Gold Data* yang diberikan oleh pabrik. Pesawat pemercepat linier medik Synergy Platform S151731 yang digunakan sebagai sumber radiasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pesawat pemercepat linier medik Synergy Platform

## DASAR TEORI

### Penentuan Dosis Serap di Air Berkas Foton

Dosis serap air berkas foton dari sebuah pesawat teleterapi merupakan salah satu parameter dosimetri yang sangat penting karena berhasilnya perlakuan radioterapi sangat bergantung pada parameter ini. Laju Dosis serap air berkas foton pada titik acuan pengukuran dapat ditentukan dengan persamaan berikut<sup>11</sup> :

$$D_{w,Q} = M_Q \cdot N_{D,w,Q_0} \cdot k_{Q,Q_0} \quad (1)$$

dengan :

- $D_{w,Q}$ : dosis serap pada titik pengukuran acuan
- $M_Q$ : bacaan dosimeter terkoreksi temperatur, tekanan dan rekombinasi ion dan polaritas
- $N_{D,w,Q_0}$ : faktor kalibrasi dosimeter dalam besaran dosis serap air untuk kualitas acuan  $Q_0$
- $k_{Q,Q_0}$ : faktor koreksi kualitas radiasi detektor (Tabel 6. III dalam TRS No. 398)

## PERALATAN DAN TATA KERJA

### Peralatan

Sebagai sumber radiasi digunakan berkas radiasi foton 6 MV yang dipancarkan dari pesawat pemercepat linier medik Synergy Platform S151731 milik Rumah Sakit Umum Pusat Nasional dr. Cipto Mangunkusumo, Jakarta. Pesawat ini dapat memancarkan berkas foton 6 dan 10 MV serta berkas elektron dengan energi nominal 6, 9, 12, 16 dan 20 MeV.

Sebagai alat ukur radiasi digunakan dosimeter milik PTKMR-BATAN yang terdiri dari detektor ionisasi volume 0,6 cc tipe TW 30013 no. seri 6367 yang dirangkaikan dengan elektrometer Farmer NE 2570/1B no. seri 1182 dan detektor ionisasi volume 0,016 cc tipe *PinPoint* PTW 31016 no. seri 968 yang dirangkaikan dengan elektrometer PTW Unidos Weblin T 10022 no. Seri 000268 serta dosimeter milik RSUP Nasional dr. Cipto Mangunkusumo yang terdiri dari detektor ionisasi volume 0,125 cc tipe TW 31010 no. seri 6224 dan volume 0,007 cc tipe A16 REF 9276/XAA 093455 yang dirangkaikan dengan elektrometer PTW Unidos E T 10009 no. seri 90209.

Pengukuran dilakukan didalam fantom air 1D Scanner dengan dimensi 600 mm x 500 mm x 407,5 mm. Untuk memantau kondisi ruang digunakan barometer Oakton dan termometer Digi Sense. Fantom 1D Scanner dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 1.** Karakteristik detektor ionisasi yang digunakan dalam pengukuran

| Detektor                | Volume Rongga | Panjang Rongga | Diameter Rongga | Respon     |
|-------------------------|---------------|----------------|-----------------|------------|
| PTW TW 30013            | 0,600 cc      | 23,0 mm        | 3,05 mm         | 20,0 nC/Gy |
| PTW Semiflex TM31010    | 0,125 cc      | 6,5 mm         | 2,75 mm         | 3,30 nC/Gy |
| PTW TW31016             | 0,016 cc      | 2,9 mm         | 1,45 mm         | 0,40 nC/Gy |
| A16 REF 9276 XAA 093455 | 0,007 cc      | 1,27 mm        | 0,3 mm          | 0,24 nC/Gy |

Beberapa detektor dan elektrometer tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 di bawah ini.



Gambar 2. Dari kiri, detektor volume 0,007cc, volume 0,016 cc, volume 0,125 cc, dan volume 0,6 cc tipe PTW TW 30013 no. seri 6367



Gambar 3. Dari kiri, Elektrometer PTW Unidos E T 10009, Farmer NE 2570/1B dan PTW Unidos Weblin T 10022



Gambar 4. Susunan peralatan pada pengukuran berkas foton 6 MV.

### TATA KERJA

#### Pengukuran Laju Dosis Serap di Air Berkas Foton 6 MV

Mula-mula pengukuran dilakukan menggunakan detektor pengionan volume 0,6 cc tipe PTW TW 30013 no. seri 6367 dan detektor volume 0,125 cc PTW Semiflex 31010. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 10 cm dengan jarak sumber radiasi ke permukaan fantom 100 cm dan lapangan radiasi pada permukaan fantom 10 cm x 10 cm.

Setelah itu pengukuran dilakukan dengan detektor volume 0,125 cc PTW Semiflex 31010, PTW 31016 dan A16 REF 9276/XAA093455 menggunakan lapangan radiasi 5 cm x 5 cm. Pemilihan lapangan radiasi tersebut disesuaikan dengan dimensi dari detektor.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran laju dosis serap air berkas foton 6 MV pada jarak sumber radiasi ke permukaan fantom 100 cm dan lapangan radiasi 10 cm x 10 cm serta kedalaman detektor 10 cm menggunakan detektor volume 0,6 cc dan 0,125 cc yang dihitung menggunakan Persamaan 1 dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini, sedangkan dengan detektor volume 0,125 cc PTW Semiflex 31010, PTW 31016 dan A16 REF 9276 / XAA093455 menggunakan lapangan radiasi 5 cm x 5 cm disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV menggunakan detektor PTW tipe TW 30013 dan Semiflex 31010**

| Detektor              | Elektrometer | N <sub>D,w</sub><br>(mGy/nC) | Bacaan<br>(nC/0,5menit) | K <sub>Pol</sub> | k <sub>s</sub> | k <sub>Q,Q<sub>0</sub></sub> | D <sub>10</sub><br>(mGy/30 detik) |
|-----------------------|--------------|------------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| PTW TW 30013          | NE 2570/1B   | 54,27                        | 18,55                   | 1,0030           | 1,0000         | 0,9890                       | 998,6                             |
| PTW Semiflex TM 31010 | PTW Tandem   | 307,4                        | 3,314                   | 1,0075           | 1,0015         | 0,9872                       | 1015                              |

Dari Tabel 2 tersebut di atas dapat dilihat bahwa laju dosis serap air berkas foton pada kedalaman 10 cm menggunakan detektor volume 0,6 cc mendapatkan nilai 998,6 mGy/30 detik, sedangkan dengan detektor volume 0,125 cc

mendapatkan nilai 1015 mGy/30 detik. Dengan demikian terdapat perbedaan sebesar 1,6 %. Hasil ini cukup baik karena lebih kecil dari 2,0 %.

**Tabel 3. Hasil penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV menggunakan detektor PTW tipe T31010 Semiflex, tipe T31016 Pinpoint dan A16 REF 9276/XAA 093455.**

| Detektor                | Elektromete<br>r | N <sub>D,w</sub><br>(mGy/nC) | Bacaan<br>(nC/0,5menit) | K <sub>Pol</sub> | k <sub>s</sub> | k <sub>Q,Q<sub>0</sub></sub> | D <sub>10</sub><br>(mGy/30 detik) |
|-------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| PTW Semiflex            | PTW Unidos E     | 307,4                        | 3,005                   | 1,008            | 1,0027         | 0,9872                       | 921,7                             |
| PTW 31016               | PTW Unidos E     | 2515                         | 364,1                   | 1,009            | 1,0038         | 0,9919                       | 919,9                             |
| A16 REF 9276/XAA 093455 | PTW Unidos E     | 4149                         | 218,4                   | 0,9962           | 0,9980         | 0,9959                       | 897,1                             |

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa terdapat kesesuaian yang baik sebesar 0,2 % antara detektor PTW Semiflex dan PTW 31016, sedangkan terhadap detektor A16 REF 9276/XAA 093455 mendapatkan perbedaan yang kurang baik yaitu sebesar 2,5 %. Hal ini disebabkan volume detektor A16 REF 9276/XAA jauh lebih kecil dibandingkan kedua detektor yang lain.

#### KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa detektor dengan berbagai volume yang digunakan dalam pengukuran laju dosis memberikan hasil yang relatif sama (< 2%). Akan tetapi pada detektor yang bervolume sangat kecil terdapat penyimpangan lebih dari 2,5 %. Perlu pengembangan lebih lanjut dalam pengukuran laju dosis menggunakan detektor dengan volume sangat kecil.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh staf Unit Radioterapi Rumah Sakit Umum Pusat Nasional

Dr. Cipto Mangunkusumo atas kerjasama dan akses ke fasilitas pesawat pemercepat linier dan alat ukur radiasinya sehingga penulisan makalah ini dapat diselesaikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Department of Radiotherapy Dr. Cipto Mangunkusumo National Hospital, Apa Itu IMRT, [http://radioterapi-cm.org/radt\\_2016/detailpos/apa-itu-imrt](http://radioterapi-cm.org/radt_2016/detailpos/apa-itu-imrt), 2017
2. Taurisia R, Rapid Arc optimization & verification, MRCCC Radiotherapy Workshop, 2012
3. Gondhowiardjo S., Current Status of Radiotherapy Services in Indonesia, MRCCC Radiotherapy Workshop, 2012
4. Nazaroh, Leksell Gamma Knife (LGK) Perfexion/6121, Pertama di Indonesia dan Verifikasi Keluarannya, Prosiding PPI Standardisasi 2012, Badan Standardisasi Nasional, 2012
5. Firmansyah A.F., Stabilitas Luaran Berkas Radiasi Co-60 Pesawat Pisau Gamma Perfexion, Prosiding Seminar Nasional SDM

- Teknologi Nuklir 2016, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir Nasional Yogyakarta, ISSN 1978-0176, 2016
6. Amarjit and Maththew K West, Commissioning experience and quality assurance of helical tomotherapy machines, *Journal of Medical Physics*, <http://ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2807140/>
  7. Julie Johnson (<https://www.mdbuyline.com/analyst/julie-johnson/>)  
Versa HD: The Technical Breakdown of Elekta's New Radiotherapy Linear Accelerator, March 5, 2013
  8. Ganesh Narayanasamy, Daniel Saenz, Wilbert Cruz, Chul S Ha, Niko Papanikolaou and Sotirios Stathakis, Commissioning an Elekta HD linear accelerator, *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, Volume 17, number 1, 2016
  9. Peter Metcalfe, Thomas Kron, and Peter Hoban, *The Physics of Radiotherapy X-Rays and Electron*, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 2007
  10. Wolfgang Lechner, Hugo Palmans, Lukas Sölkner, Paulina Grochowska, Dietmar Georg, Detector comparison for small field output factor measurements in flattening free photon beams, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167814013005318>, 2017
  11. International Atomic Energy Agency, *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy; An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water*, Technical Report Series No.398, IAEA, Vienna, 2000
  12. Sri Inang Sunaryati dkk, *Penentuan Parameter Dosimetri Awal Berkas Foton 6 MV dari 5 Buah Pesawat Pemercepat Linier Medik Elekta dan Varian Clinac Baru*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, ISSN 0216-3128, Pusat Sains dan Teknologi Akselerator BATAN, 2016
  13. International Atomic Energy Agency, *Technical Report Series (TRS), No. 277: Absorbed dose determination in photon and electron beam, An International Code Practice*, IAEA Vienna, 1987