

Analisis Hasil Pengukuran *Tissue Maximum Ratio* (TMR) terhadap Variasi Kedalaman Target dan Luas Lapangan Penyinaran Menggunakan Pesawat LINAC Tipe Clinac-CX

Vinny Alvionita^{*}, Dian Milvita

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas, Padang

^{*}vinnyalvionita10@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran terhadap penerimaan dosis radiasi pada fantom menggunakan pesawat terapi *Linear Accelerator* (LINAC) tipe Clinac CX. Penelitian dilakukan dengan variasi kedalaman (0-30) cm dengan interval 1 cm dan 18 variasi luas lapangan penyinaran dimulai dari (5x5) cm² hingga (39x39) cm² dengan interval 2 cm. Variasi kedalaman dan luas lapangan dilakukan untuk mendapatkan nilai *Tissue Maximum Ratio* (TMR). TMR merupakan rasio dosis radiasi di kedalaman tertentu terhadap dosis radiasi di kedalaman maksimum. Pada penelitian ini digunakan berkas energi foton sebesar 6 MV dan 10 MV, dengan teknik penyinaran *Source Surface Distance* (SSD). Penelitian ini dilakukan di dalam fantom air sebagai pengganti pasien menggunakan detektor *ionisasi chamber*. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman target maka semakin besar pula nilai TMR yang diterima fantom hingga mencapai kedalaman maksimum (z_{maks}). Setelah melewati kedalaman maksimum (z_{maks}) nilai TMR yang didapatkan cenderung menurun. Selanjutnya semakin bertambah luas lapangan penyinaran maka semakin bertambah nilai TMR yang didapatkan. Nilai z_{maks} yang didapatkan untuk berkas foton berenergi 6 MV berkisar (1,35 – 1,75) cm, dan untuk berkas foton berenergi 10 MV berkisar (2,25-2,55) cm. Nilai z_{maks} ini berada dalam batas yang ditetapkan oleh *Internasional Atomic Energy Agency* (IAEA) yaitu 1,5 cm untuk energi 6 MV dan 2,5 cm untuk energi 10 MV.

Kata kunci: fantom air, LINAC, *Source Surface Distance* (SSD), *Tissue Maximum Ratio* (TMR).

ABSTRACT

The effect of variations in the target depth and radiation field area on the acceptance of the radiation dose on the phantom using Linear Accelerator (LINAC) type Clinac CX has been analyzed. The analysis was based on Tissue Maximum Ratio (TMR) value which was measured for the target depth of (0-30) cm with 1 cm interval and 18 field areas varying from (5x5) cm² to (39x39) cm² with 2 cm interval. The TMR is a radiation dose ratio at a certain depth against the radiation dose at maximum depth. This study used two energy beams of photon namely 6 MV and 10 MV with Source Surface Distance (SSD) radiation technique. This research was performed in water phantom and the dose was measured using ionization chamber detector. The TMR value increases with increasing the radiation depth until it reaches a maximum depth (z_{maks}). After passing the maximum depth (z_{maks}), TMR values tends to decrease. This pattern was also observed for the variation of radiation field area. The value of z_{maks} for energy of 6 MV is about (1,45-1,75) cm and for energy of 10 MV is about (2,25-2,55) cm. Such z_{maks} values are within the limits proposed by Internasional Atomic Energy Agency (IAEA) namely 1.5 cm for 6 MV and 2,5 cm for 10 MV.

Keywords: LINAC, Source Surface Distance (SSD), Tissue Maximum Ratio (TMR), water phantom.

I. PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu penyakit yang diakibatkan karena adanya tumor yang ganas dan merusak organ penting lainnya. Salah satu pengobatan kanker dapat dilakukan dengan menggunakan radioterapi. Menurut Susworo (2007) radioterapi merupakan salah satu teknik pengobatan atau tindakan medis yang digunakan untuk membunuh sel kanker dengan memanfaatkan radiasi pengion. Radioterapi bermaksud untuk mematikan sel kanker sebanyak mungkin dengan kerusakan pada sel normal serendah mungkin. Perka BAPETEN No 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi menjelaskan bahwa radioterapi terdiri dari brakiterapi dan terapi eksternal (teleterapi). Brakiterapi merupakan jenis radioterapi jarak dekat yang diberikan secara manual atau *remote afterloading*, sedangkan teleterapi merupakan jenis radioterapi dengan peralatan pemancar berkas radiasi berada pada jarak tertentu di luar tubuh manusia. Pada teleterapi jarak sumber ke target diberikan dengan dua teknik penyinaran yaitu teknik *Source Surface Distance* (SSD) dan teknik *Source Axis Distance* (SAD). Teknik SSD merupakan teknik penyinaran dimana sumber radiasi berada

pada jarak tertentu dari target radiasi, sedangkan teknik SAD merupakan teknik penyinaran dengan jarak sumber diletakkan pada titik isosenter dari target.

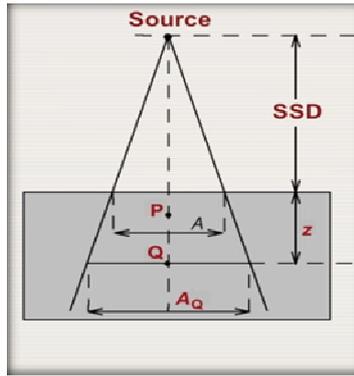
Teknik penyinaran ini digunakan pada salah satu instrumen teleterapi yaitu *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC dapat membangkitkan 2 berkas radiasi yaitu berkas foton dan berkas elektron (Susworo, 2007). Berkas foton digunakan untuk mengobati tumor dalam jaringan, sedangkan berkas elektron untuk mengobati tumor di permukaan tubuh. Pemilihan berkas radiasi berkaitan dengan penerimaan dosis radiasi, sehingga diperlukan ketepatan dalam pemberian dosis radiasi. Pemberian dosis radiasi bergantung pada kedalaman, lapangan penyinaran, jenis kanker dan tujuan pengobatan. Lapangan penyinaran radiasi dan kedalaman target berkaitan dengan nilai *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Tissue Maximum Ratio* (TMR). PDD merupakan perbandingan dosis di kedalaman tertentu dengan dosis di kedalaman maksimum dinormalisasi dengan persentase. TMR merupakan perbandingan dosis di kedalaman tertentu dengan dosis di kedalaman maksimum. TMR dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kedalaman, luas lapangan penyinaran dan energi berkas. Nilai TMR akan meningkat seiring bertambahnya energi dan luas lapangan penyinaran, dan menurun seiring bertambahnya kedalaman target.

Sidabutar dkk. (2014) melakukan perbandingan dosis radiasi terhadap variasi kedalaman (1, 3, 5, 7, 9) cm dan luas lapangan penyinaran (bentuk persegi dan persegi panjang) pesawat terapi *Cobalt-60* dengan teknik penyinaran SSD. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman maka nilai dosis yang diterima fantom mengalami penurunan setelah melewati kedalaman maksimum. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Birgani dkk (2009) pada pengukuran PDD dengan berkas foton berenergi 6 MV dan 18 MV pada luas lapangan penyinaran $5 \times 5 \text{ cm}^2$, $10 \times 10 \text{ cm}^2$, dan $15 \times 15 \text{ cm}^2$. Laksono dkk. (2015) melakukan penelitian dengan judul studi komparasi metode *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Tissue Phantom Ratio* (TPR) untuk menentukan indeks kualitas berkas energi 6 MV dan 10 MV pada kedalaman (0-25) cm dengan teknik SSD dan SAD pada luas lapangan $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Hasil yang didapatkan bahwa pada energi 6 MV nilai kedalaman maksimum (z_{maks}) terletak pada kedalaman 2,0 cm, sedangkan pada energi 10 MV pada kedalaman 2,8 cm.

Penelitian yang dilakukan Sidabutar, dkk (2014) dan Laksono, dkk (2015) tersebut melatarbelakangi penelitian yang dilakukan pada pesawat LINAC tipe Clinac -CX di RS Universitas Andalas (UNAND). Penelitian dilakukan dengan variasi kedalaman target (0-30) cm dan luas lapangan penyinaran mulai dari $(5 \times 5) \text{ cm}^2$ hingga $(39 \times 39) \text{ cm}^2$ dengan interval 2 cm dengan menggunakan berkas foton berenergi 6 MV dan 10 MV. Pemilihan variasi kedalaman dan luas lapangan penyinaran tersebut melengkapi variasi yang dilakukan oleh Sidabutar dkk (2014) dan Laksono dkk (2015) yang terbatas pada variasi kedalaman dan luas lapangan tertentu saja. Selain itu, pengukuran nilai TMR yang dilakukan di RS UNAND penting dilakukan mengingat bahwa RS UNAND adalah Rumah sakit baru dan satu-satunya rumah sakit yang memiliki pesawat LINAC di kota Padang.

II. METODE

Pada penelitian dilakukan untuk pengukuran nilai TMR sebagai salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan Monitor Unit (MU). MU merupakan satuan penyinaran radiasi pada penggunaan LINAC. Penelitian dilakukan menggunakan fantom air sebagai pengganti pasien. Penelitian dilakukan menggunakan pesawat LINAC tipe Clinac-CX dengan berkas foton berenergi 6 MV dan 10 MV. Penelitian dilakukan dengan menggunakan detektor *ionisasi chamber*. Pengambilan data TMR dilakukan dengan mengisi aquades ke dalam fantom lalu memposisikan titik laser sehingga tepat berada di tengah fantom. Selanjutnya menghubungkan detektor dengan CCU dan fantom. Penelitian ini dilakukan dengan variasi kedalaman dimulai dari (0-30) cm dengan interval 1 cm dan variasi luas lapangan penyinaran dimulai dari $(5 \times 5) \text{ cm}^2$ hingga $(39 \times 39) \text{ cm}^2$ dengan interval 2 cm pada teknik penyinaran SSD (*Source Surface Distance*). Teknik penyinaran SSD dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Teknik penyinaran SSD

Pada penelitian ini nilai TMR diperoleh dari hasil pengukuran PDD menggunakan Persamaan 1 (Padgorsak, 2006).

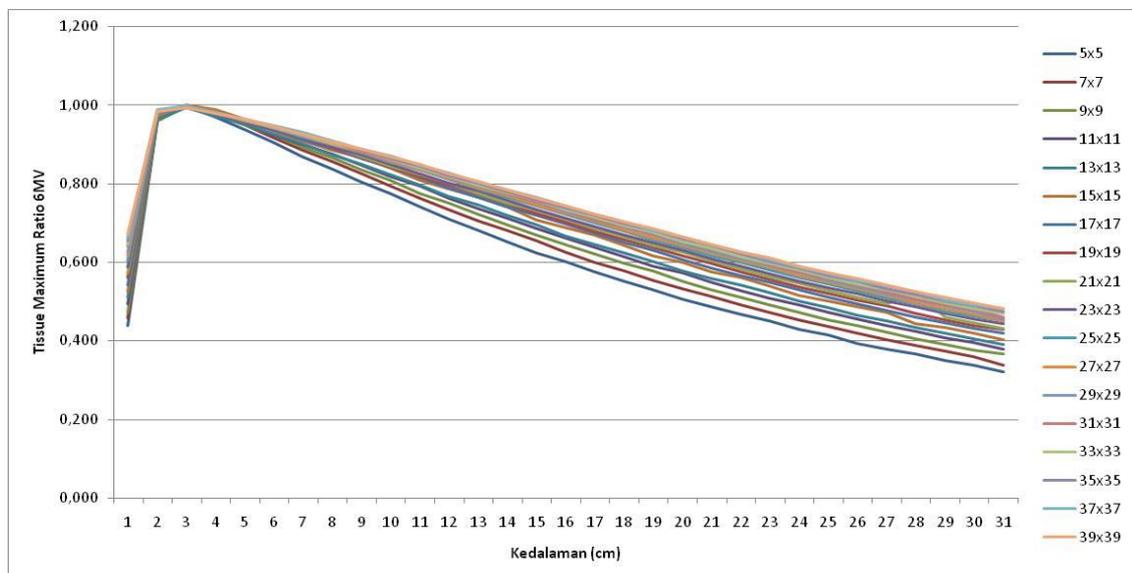
$$TMR = \frac{PDD(z, A, f, hv)}{100} \left(\frac{f + z}{f + z_{maks}} \right)^2 \tag{1}$$

dengan f adalah jarak sumber ke permukaan, z adalah kedalaman, z_{maks} adalah kedalaman maksimum, hv adalah energi, dan A adalah luas lapangan penyinaran. Hubungan antara kedalaman dan luas lapangan penyinaran terhadap nilai TMR diamati dari grafik TMR vs kedalaman dan luas lapangan penyinaran.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengukuran Nilai *Tissue Maximum Ratio* (TMR) pada Berkas Foton Berenergi 6 MV

Hasil pengukuran nilai *Tissue Maximum Ratio* (TMR) dengan berkas foton berenergi 6 MV dapat dilihat pada Gambar 2. Semakin bertambah kedalaman target, semakin meningkat nilai TMR yang didapatkan hingga mencapai kedalaman maksimum. Setelah melewati kedalaman maksimum nilai TMR menurun akibat adanya atenuasi foton. Nilai TMR yang didapatkan juga akan meningkat seiring dengan bertambahnya luas lapangan penyinaran. Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa nilai TMR yang didapatkan meningkat seiring dengan bertambahnya luas lapangan penyinaran. Pada berkas foton berenergi 6 MV nilai z_{maks} diperoleh sekitar (1,35 – 1,75) cm. Nilai z_{maks} yang didapatkan mendekati hasil penelitian Laksono dkk (2015) yaitu 2 cm dan berada pada batas yang ditetapkan IAEA yaitu 1,5 cm.

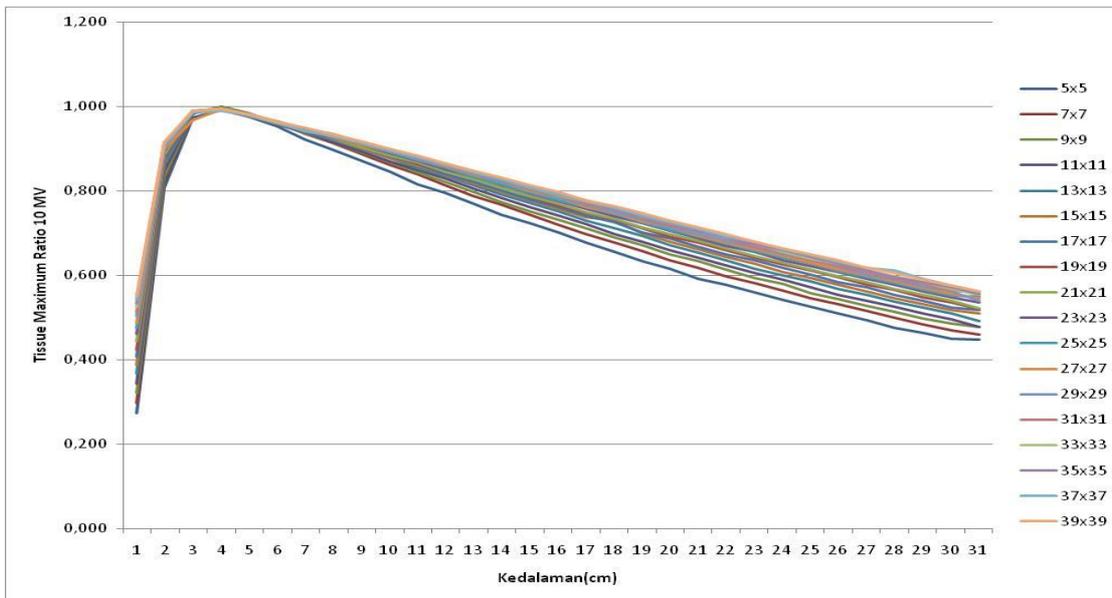


Gambar 2. Hasil pengukuran TMR pada berkas foton berenergi 6 MV

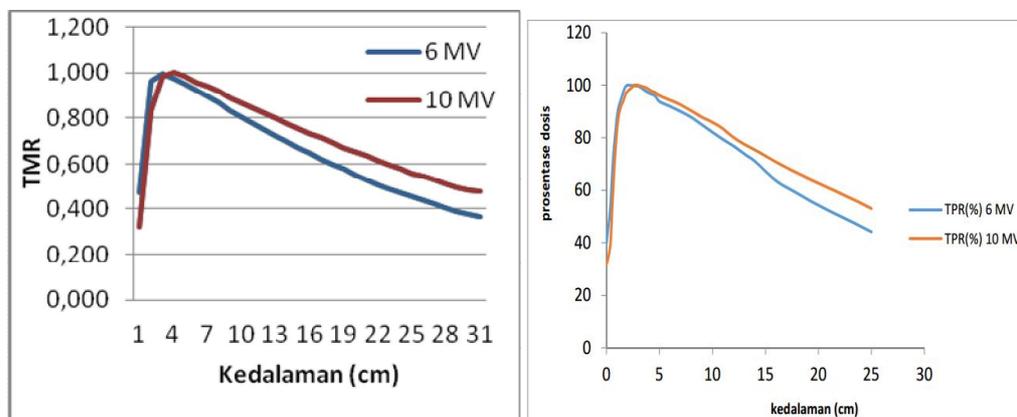
3.2 Pengukuran Nilai *Tissue Maximum Ratio* (TMR) pada Berkas Foton Berenergi 10 MV

Hasil pengukuran nilai *Tissue Maximum Ratio* (TMR) menggunakan berkas foton berenergi 10 MV dapat dilihat pada Gambar 3. Sebagaimana pada berkas foton berenergi 6 MV, nilai TMR yang didapatkan semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman hingga mencapai kedalaman maksimum. Setelah melewati kedalaman maksimum nilai TMR yang didapatkan cenderung menurun akibat adanya atenuasi foton. Selanjutnya jika ditinjau dari pengaruh luas lapangan penyinaran, maka nilai TMR yang didapatkan juga meningkat seiring dengan bertambahnya luas lapangan penyinaran. Pada berkas foton berenergi 10 MV, nilai z_{maks} yang didapatkan berkisar antara (2,25-2,55) cm. Hasil yang didapatkan hampir mendekati hasil yang didapatkan oleh Laksono dkk (2015) yaitunya 2,8 cm dan hasil yang ditetapkan IAEA yaitu 2,5 cm.

Gambar 4 memperlihatkan perbandingan nilai TMR untuk energi 6 MV dan 10 MV untuk luas lapangan penyinaran 9 x9 cm². Selain itu, ditampilkan hasil penelitian yang didapatkan Laksono dkk (2015). Semakin tinggi energi berkas foton maka semakin besar nilai TMR yang didapatkan pada kedalaman yang sama. Pada energi 10 MV nilai z_{maks} yang didapatkan lebih besar dibandingkan energi 6 MV, hal ini dikarenakan terjadinya penyerapan energi di dalam air dengan meningkatnya energi (Laksono dkk, 2015).



Gambar 3. Hasil pengukuran TMR energi 10 MV



Gambar 4 (a) Hasil pengukuran TMR energi 6 MV dan 10 MV untuk lapangan (9x9) cm² dari hasil penelitian
 (b) Nilai TPR energi 6 MV dan 10 MV
 (sumber: Laksono dkk, 2015)

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kedalaman target dan luas lapangan penyinaran meningkatkan nilai TMR yang didapatkan hingga mencapai kedalaman maksimum. Setelah melewati kedalaman maksimum nilai TMR yang didapatkan cenderung menurun. Nilai z_{maks} yang didapatkan untuk berkas foton berenergi 6 MV berkisar (1,35 – 1,75) cm, dan untuk berkas foton berenergi 10 MV berkisar (2,25-2,55) cm. Nilai z_{maks} ini berada dalam batas yang ditetapkan oleh *Internasional Atomic Energy Agency* (IAEA) yaitu 1,5 cm untuk energi 6 MV dan 2,5 cm untuk energi 10 MV.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPETEN Homepage, 2013, Perka BAPETEN No.3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi, <http://jdih.bapeten.go.id/files>, diakses Maret 2017.
- Birgani, M.T.J dan Karbalaee, SM., 2009, Calculation of Analytical Expressions for Measured Percentage Depth Dose Data in Megavoltage Photon Therapy, *Iranian Red Crescent Medical Journal*, Vol 11, No.2, *Internasional Journal of Cancer Therapy and Oncology*, hal. 140-144.
- IAEA, 2000, Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, TRS No. 398, IAEA, Vienna.
- Laksono, M.B, Wardaya, S, Budi, W.S, Hidayanto, E., 2015, Studi Komparasi Metode Percentage Depth Dose (PDD) dan Tissue Phantom Ratio (TPR) Untuk Menentukan Indeks Kualitas Berkas Energi 6 MV dan 10 MV Pada Pesawat LINAC, Vol. 18, No. 1, *Berkala Fisika*, hal 1-8.
- Padgorsak, E.B., 2006, *Radiation Physics for Medical Physics*, Departement of Medical Physics, McGill University Health Centre.
- Sidabutar, D.H, dan Setiawati, E., 2014, Perbandingan Dosis Terhadap Variasi Kedalaman dan Luas Lapangan Penyinaran (Bentuk Persegi dan Persegi Panjang) Pada Pesawat Terapi Cobalt-60, Vol.3, No.4, *Youngster Physics Journal*, hal 295-302.
- Susworo, 2000, *Dasar-Dasar Radioterapi*, Universitas Indonesia, Jakarta.