

Homogenitas Elektron 6 MeV Pesawat *LINAC* Dengan Penggunaan Variasi Ketebalan Paraffin

Happy Kurnia Utami Buaja¹, Nursama Heru Apriantoro², Febria Anita¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Nasional, Jakarta, 12520

²Poltekes Jakarta II

Email : febria.anita85@gmail.com

ABSTRAK. Telah dilakukan pengukuran dosis target pada objek *paraffin* menggunakan elektron 6 MeV dengan pesawat *Linear Accelerator (LINAC)* milik Rumah Sakit Pusat Angkatan Darat (RSPAD) Gatot Soebroto. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang homogenitas elektron yang diterima objek *paraffin* yang akan diaplikasikan kepada penyinaran jaringan yang heterogen. Alasan *paraffin* digunakan adalah karena densitas dari *paraffin* mendekati densitas kulit manusia yaitu 1. Pengukuran dilakukan dengan teknik SSD 100 cm, luas lapangan 10 x 10 cm dengan elektron 6 MeV, dan TLD diletakkan secara koordinat pada kedalaman d_{max} . Perhitungan dosis dilakukan dengan cara uji analisis variansi (ANOVA) dengan perangkat SPSS. Hasil yang didapatkan pada pengukuran ini menunjukkan bahwa dosis rata-rata yang didapatkan pada setiap variasi ketebalan *paraffin* adalah tidak jauh berbeda di setiap jaraknya. deviasi dosis yang diterima *paraffin* sebagai target pada kedalaman dosis maksimum dengan elektron 6 MeV dengan ketebalan 0 cm adalah 0.065%, deviasi *paraffin* dengan ketebalan 0.5 cm adalah 0.064%, deviasi *paraffin* dengan ketebalan 1cm adalah 0.047%, deviasi *paraffin* dengan ketebalan 1.5 cm adalah 0.005%. Uji ANOVA dan menunjukkan pernyataan bahwa sig. = ,000 dan $\alpha = 0,05$ maka $\alpha > Sig.$ Dapat dikatakan bahwa H_0 ditolak, dengan kata lain perlakuan berupa pemberian variasi kedalaman berpengaruh terhadap banyaknya elektron yang terserap *paraffin*. Dari hasil yang didapatkan maka *paraffin* dapat digunakan dalam aplikasi terapi radiasi pada jaringan yang heterogen.

Kata Kunci : LINAC, Paraffin, TLD, SPSS, densitas, elektron

ABSTRACT. *Measurement of paraffin object has used electron 6 MeV with Linear Accelerator (LINAC) owned by RSPAD Gatot Soebroto .This measurement was aimed to get infomation about homogeneity of electron which absorbed by paraffin that would be applied in tissue inhomogenity . The reason of using paraffin because the density of paraffin closed the skin density, which was nearest 1. The measurement was done by SSD 100 cm technic, field 10 x 10 cm with electron 6 MeV, and TLD was set up on d_{max} coordinately. The measurement of dose also use analysis variancy (ANOVA) with SPSS programs.The study result was show that the average dose which found on each variation of paraffin thickness is not different as target on d_{max} with electron 6MeV, thickness 0 cm is 0,065%, paraffin deviation with thickness 0.5 cm is 0.064%, paraffin deviation with thickness 1cm is 0.047%, paraffin deviation with thickness 1.5 cm is 0.005%. ANOVA test show that sig. = .000 and $\alpha = .05$ so $\alpha > sig.$ It mean that H_0 was reject, and the conclusion variation of thickness give effect to electrons which absorbed paraffin.*

Keywords : LINAC, Paraffin, TLD, electron, density.

PENDAHULUAN

Radioterapi adalah pengobatan yang memberikan dosis radiasi terukur terhadap penyakit tumor atau kanker. Tujuan dari radioterapi ada dua, yang pertama adalah tujuan kuratif, yaitu untuk mencegah kambuh lokal dan regional, dan juga mencegah terjadinya metastasis jauh, juga bertujuan untuk mengecilkan tumor agar meningkatkan operabilitas. Dilakukan dengan cara meradiasi tumor dan jaringan normal sekitarnya sampai batas maksimum yang dapat ditoleransi. Yang kedua adalah tujuan paliatif, tujuan ini bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi nyeri, mengecilkan tumor, mengatasi pendarahan, menghilangkan gejala neurologik akibat metastasis sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup pasien. Dilakukan dengan cara mengurangi efek samping yang akut. Karena biasanya pasien memiliki angka harapan hidup

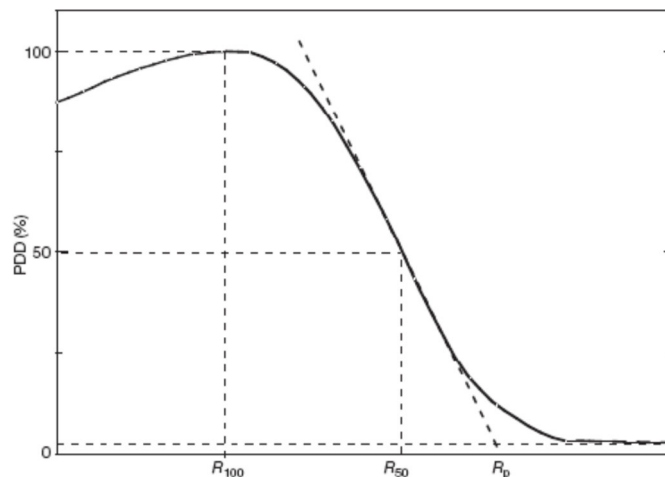
yang tidak lama maka efek samping jangka panjang tidak diperhatikan [1].

Radioterapi eksternal dengan elektron dapat dilakukan dengan menggunakan pesawat terapi Linear Akselerator (LINAC). LINAC dapat digunakan untuk mengobati semua lokasi badan yang terkena kanker, menyamakan *high-energy* sinar-x yang sama dosisnya kepada daerah tumor pasien. Dalam teknik radioterapi pada dasarnya adalah mengobati sel kanker dengan memberi dosis yang tepat supaya sel tersebut rusak dan seminimal mungkin mengenai jaringan yang sehat agar sinar pengion yang berasal dari pesawat LINAC tersebut tidak merusak jaringan yang sehat. Dalam prakteknya, radioterapi tidak lepas dari distribusi dosis. Hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor.

Elektron adalah partikel subatom yang bermuatan negatif. Ketika dipercepat, elektron dapat menyerap atau memancarkan energi dalam bentuk foton. Dalam terapi radiasi, berkas elektron dihasilkan oleh pemercepat linier accelerator untuk pengobatan tumor. Kehilangan energi karena radiasi hanya terjadi apabila energi elektron datang tinggi. Hubungan antara kehilangan energi oleh ionisasi dan radiasi dapat dituliskan sebagai berikut [2].

$$\frac{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ionisasi}}{\left(\frac{dE}{dx}\right)_{radiasi}} = 800/EZ \tag{1}$$

Dimana: E = energi (Joule), Z = Nomor atom superficial. Hal ini dikarenakan berkas elektronnya hanya mampu menembus kedalaman yang terbatas sebelum diserap, biasanya dengan energi 5-20 MeV.



GAMBAR 1. Kurva berkas electron [3].

BAHAN DAN METODE

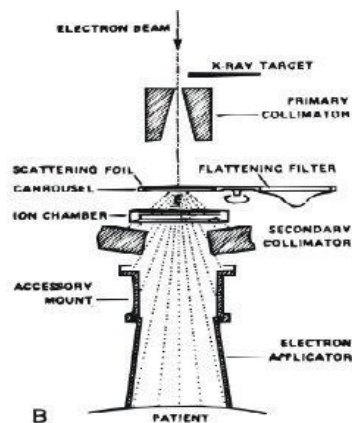
TLD adalah detektor zat padat yang terbuat dari bahan kristal tertentu yang mampu memancarkan cahaya. Bahan yang mampu memperlihatkan fenomena *termoluminisensi* mencapai lebih dari 2000 jenis bahan mineral alam, mulai dari bahan kristal dan gelas anorganik sampai dengan bahan-bahan organik yang berpendar pada temperatur rendah. Namun, hanya ada delapan senyawa organik yang umumnya dimanfaatkan untuk fenomena *termoluminisensi* karena memiliki karakteristik sesuai dengan yang dibutuhkan dalam dosimetri radiasi. Dari delapan unsur tersebut empat diantaranya memiliki nomor efektif (Z) yang rendah (setara dengan Z efektif jaringan tubuh manusia), yaitu *Lithium Fluorida* (LiF), *Lithium Borat* (Li₂B₄O₇), *Beryllium Oksida* (BeO), dan *Magnesium Borat* (MgB₄O₇) [8]. TLD yang digunakan pada penelitian ini adalah TLD dengan bahan LiF karena memiliki nomor atom efektif 8,1 yang cukup ekuivalen dengan nomor atom tubuh manusia.

Pesawat *Linear Accelerator* (*Linac*) dapat menghasilkan berkas elektron dan foton dalam satu pesawat [4]. *Linear Accelerator* (*Linac*) digunakan sebagai sumber radiasi partikel berupa

elektron cepat dengan sistem pemercepat elektron secara linear dengan energi tinggi yaitu mega elektron volt atau alat terapi radiasi yang eksterna yang digunakan untuk mengobati semua lokasi badan yang terkena kanker, menyampaikan *high energy* sinar x yang sama dosisnya kepada daerah kanker pasien. Pesawat *Linac* yang digunakan untuk terapi mempunyai energi dari 4 – 35 MeV [1], pesawat *Linac* yang rancangannya paling sederhana adalah yang mempunyai energi 4-6 MeV yang ukuran tabungnya agak pendek, 50 – 100 cm. *Linac* modern dilengkapi dengan pilihan *treatment* berkas radiasi, yaitu berkas elektron dan berkas foton (dual mode), dua berkas foton, lima atau lebih berkas energi elektron [2].

Electron merupakan sumber awal radiasi yang dikenakan ke pasien. Kemudian electron tersebut dipercepat menjadi electron berenergi tinggi selanjutnya electron tersebut dilewatkan ke magnet pembelok (*bending magnet*). *Bending magnet* akan membelokkan berkas elektron dengan energi yang sedikit lebih tinggi atau lebih rendah dari yang dikehendaki, akan dibelokkan sedemikian rupa sehingga energi dan lintasannya dapat sesuai kembali dengan yang dikehendaki. Sedangkan elektron dengan penyimpangan energi yang sedikit lebih besar akan dihilangkan oleh sebuah filter celah mekanis. Dengan demikian, dapat dihasilkan pemfokusan yang sangat baik dari berkas elektron serta energi yang monokromatis. setelah mengalami pembelokan, berkas elektron berenergi tinggi yang keluar dari *bending magnet* akan dipakai untuk terapi foton atau terapi elektron.

ekstrak elektron dari mikroton langsung diteruskan ke *primary collimator*. Kemudian saat melewati bagian carrousel, yang dikeluarkan adalah alat scattering foil. Tujuannya adalah agar ekstrak berkas elektron dapat terhamburkan. Lalu dilanjutkan lagi pada *secondary collimator*. *Elektron applicator* membantu berkas elektron hasil *secondary collimator* jatuh pada field size yang tepat [3].



GAMBAR 2. Terapi elektron [3].

Salah satu cara untuk mengkarakterisasi distribusi dosis pada sumbu tengah adalah dengan menormalisasi dosis pada suatu kedalaman dengan dosis yang sesuai dengan kedalaman referensi. Nilai persentase kedalaman dosis dapat didefinisikan sebagai hasil bagi berupa persentase dosis yang terserap di kedalaman tertentu d terhadap kedalaman dosis acuan d_0 , sepanjang sumbu berkas.

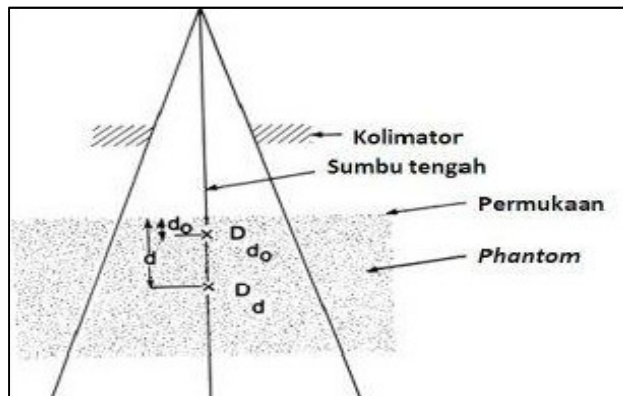
$$PPD = \frac{D_d}{D_{d_0}} \times 100 \tag{2}$$

D_d = Dosis kedalaman d , D_{d_0} = Dosis kedalaman d_0

Untuk *orthovoltage* (sampai dengan 400 kVp) dan sinar-X energi rendah, kedalaman acuan selalu pada permukaannya ($d_0 = 0$). Untuk energi lebih tinggi, kedalaman acuan diambil pada posisi dosis terserap maksimum ($d_m = 0$).

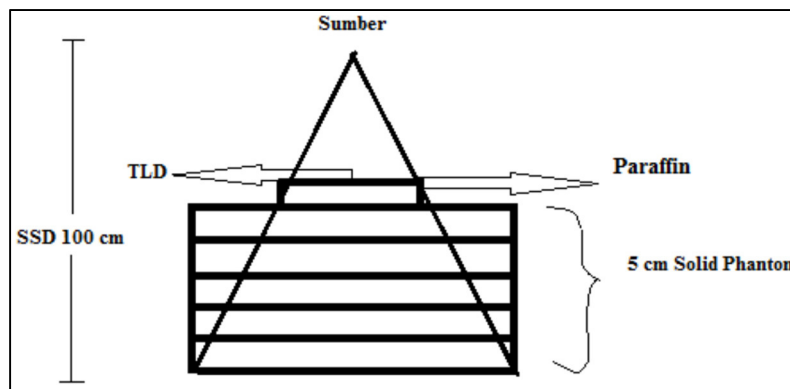
Pada penggunaannya, puncak dosis yang terserap pada sumbu tengah kadangkala disebut juga dosis maksimum, dosis yang diberikan D_{max} sehingga,

$$D_{max} = \frac{D_d}{PDD} \times 100 \tag{3}$$



GAMBAR 3. Persentase kedalaman dosis, dengan d adalah kedalaman tertentu dan d_0 adalah kedalaman acuan pada dosis maksimum [5].

Dalam penelitian ini TLD yang digunakan sebanyak 68 buah dan 1 buah untuk *background*. Pada paraffin dan phantom padat disebar 17 buah chip TLD dengan posisi koordinat x dan y . Dalam hal ini posisi penyinaran dapat dilihat pada skema di bawah ini. Seperti gambar 4 di bawah ini.



GAMBAR 4. Skema Letak Penyinaran Solid Phantom dan Paraffin (pribadi)

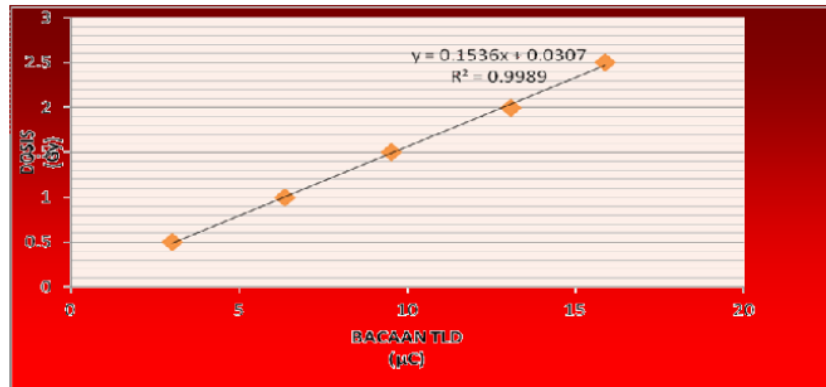
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan faktor kalibrasi TLD, pengukuran dilakukan dengan menggunakan *solid water phantom*, dengan luas lapangan $10 \times 10 \text{ cm}^2$, SSD 100 cm, sudut gantry 0° , dan energi 10 MeV. pengukuran dilakukan dengan menggunakan variasi dosis dari 50 sampai dengan 250 cGy. Untuk mendapatkan faktor kalibrasi TLD, dosis yang diberikan dibagi dengan bacaan yang sudah dikurangi background. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL 1. Hasil pengukuran

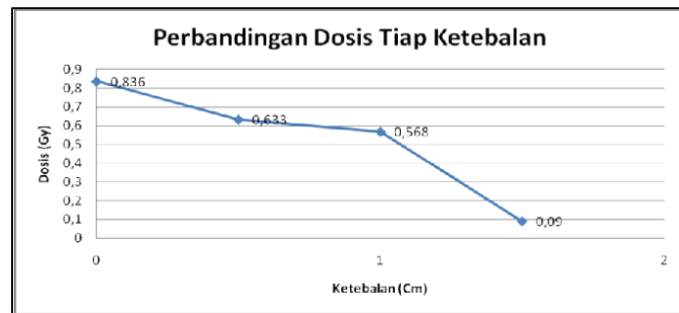
Dosis (Gy)	Bacaan (μC)	Background (μC)	FK (Gy/ μC)
0,5	2,99	0,01	0,17
1,0	6,35	0,01	0,16
1,5	9,52	0,01	0,16
2,0	13,08	0,01	0,15
2,5	15,88	0,01	0,16

Rata-rata faktor kalibrasi yang didapat sebesar 0.158 Gy/ μ C. Hasil bacaan TLD kemudian dibandingkan dengan dosis yang diberikan, dari data tersebut kemudian dibuat grafik antara dosis dengan bacaan TLD yang sudah dikurangi *background*.



GAMBAR 5. grafik linieritas TLD

Gambar 5, grafik yang didapatkan linier, yaitu $y = 0.153x + 0.0307$ dengan $R^2 = 0.9989$. Dimana R^2 adalah koefisien determinasi. Hal ini diartikan bahwa 99.89% dari variabel tak bebas y dipengaruhi oleh variabel bebas x . dari hasil yang didapatkan pada gambar 4.4 diperoleh nilai koefisien korelasi $R = 0.9989$ hampir mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel x terhadap variabel y sangat kuat. Dari gambar diatas diketahui semakin besar dosis yang diberikan semakin besar bacaan TLD yang diperoleh. Hal ini menunjukkan karakteristik TLD, dimana TLD memiliki respon linier terhadap perubahan dosis.



GAMBAR 6. Perbandingan dosis pada setiap ketebalan

Gambar 6 pada kurva menunjukkan pada ketebalan 0 cm dosis yang diterima tinggi dengan rata-rata 0.836. Pada ketebalan 0.5 cm mendapat rata-rata menurun yaitu 0.633. selanjutnya pada ketebalan 1 cm menurun yaitu rata-rata 0.568. dan yang terakhir pada ketebalan 1.5 cm mendapat dosis kecil yaitu rata-rata 0.09.

KESIMPULAN

PDD pada persentase dosis 80 % untuk keluaran elektron energi 10 MeV adalah 33,02 mm dengan deviasi 0,06 % masih berada dalam batas toleransi ($\pm 2\%$) dari nilai referensi 33 mm. Dari hasil pengukuran kalibrasi TLD yang dilakukan dengan menggunakan *solid water phantom*, dengan luas lapangan $10 \times 10 \text{ cm}^2$, SSD 100 cm, sudut gantry 0° , dan energi 10 MeV, dengan menggunakan variasi dosis dari 50 sampai dengan 250 cGy. Faktor kalibrasi TLD yang didapat sebesar 0.158 Gy/ μ C. Dan TLD yang digunakan memiliki respon linier terhadap setiap perubahan dosis. Dari hasil kalibrasi energi 10 MeV ini sudah mewakili untuk kalibrasi 6 MeV. Dari hasil uji hipotesis ANOVA menunjukkan bahwa $\text{sig.} = 0,000$ dan $\alpha = 0,05$ maka $\alpha > \text{Sig.}$ Dapat dikatakan bahwa H_0 ditolak, dengan kata lain perlakuan berupa pemberian variasi kedalaman berpengaruh terhadap banyaknya elektron yang terserap paraffin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (PDD) pada Linac Medis Rs Dr.Sardjito.Jogjakarta:PTATB-BATAN.
- [2] Parvasani,A.2012. *Pengaruh Radioterapi Area Kepala dan Leher Terhadap pH Saliva*.Semarang: UNDIP.
- [3] Ukrainczyk, S. Kurajika dan J. Sipusic, 2010, *Thermophysical Comparison of Five Comercial Paraffin waxes as Latent Heat Storage Materials*, Croatia: University of Zagreb.
- [4] J.R. William, 1993. *Radiotherapy Physics in Practice*, New York, USA: Oxford University Press Inc. Akhadi, M., Thamrin,
- [5] Susworo, R. M.T1998, *FenomenaTermolumine 2007, Radioterapi*, Jakata: Universitas Indonesia.
- [6] Khan.M,F.2003.*The Physics of Radiation Therapy, third edition*, Lippincot Williams and Wilkins, New york: 2003.
- [7] Podgorsak, E.B.2005 *Radiation Oncology Physics : A Hand Book For Teacher and Students*.Vienna, Austria: International Atomic Energi Agency.
- [8] Suharni, Kusminarto, Frida.I, dan Pramudita. A.2011, *Perhitungan Efisiensi Daya Berdasar Prosentase Kedalaman Dosisensi dan Pemanfaatannya dalam dosimetri*. Buletin ALARA.Jakarta: Vol. 2. BATAN.
- [9] Dendy, P.P., Heaton, B.1999.*Physics for Diagnostic Radiology*. Edisi 2. Briston and Philadelphia: Institute of Physics Publisher.
- [10] Wibowo,W.E.2008.*Perbandingan Dosis pada Simulasi Radioterapi Paru-Paru antara Hasil Kalkulasi TPS dan Pengukuran*.Depok:Universitas Indonesia.