

Analisis *Electron Beam Output Constancy* pada Pesawat *Linear Accelelator* (LINAC) Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar

¹Made Aditya Jaya Mahardika, ²Ni Nyoman Ratini, ³I Wayan Balik Sudarsana, ⁴Fitriyani Mus Mulyadi

^{1,2}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

^{3,4}Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah Denpasar, Jl. Diponegoro, Dauh Puri Klod, Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali, Indonesia

Email Korespondensi: ⁽¹⁾adityajaya2108@gmail.com; ⁽²⁾nymratini@unud.ac.id;
⁽³⁾wbalik365@gmail.com; ⁽⁴⁾Fitriyani.musmulyadi@gmail.com;

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 09 August 2022 Revised: 19 Sept 2022 Published: 30 Dec 2022</p> <p>Keywords Electron beam output constancy; LINAC; Deviation;</p>	<p>Electron Beam Output Constancy Analysis on Elekta Precise Linear Accelelator (LINAC) Aircraft at Radiotherapy Installation at Sanglah Hospital Denpasar. An analysis of the electron beam output constancy has been conducted on the Elekta Precise Linear Accelelator (LINAC) aircraft at the Radiotherapy Installation at Sanglah Hospital, Denpasar. The energy variations used are 8 MeV and 10 MeV. The analysis of the electron beam output constancy is determined by the standard deviation value obtained. The results of this study were obtained at an energy of 8 MeV with a large deviation value of 0.083% - 1.041%, and an energy of 10 MeV with a large deviation value of 0.022% - 0.695%. Based on the calculation results that the deviation value is still below the tolerance limit set by the AAPM. So that the LINAC Elekta Precise aircraft at the Radiotherapy Installation at Sanglah Hospital Denpasar is suitable to operate to receive patients.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 09 Agustus 2022 Direvisi: 19 Sept 2022 Dipublikasi: 30 Des 2022</p> <p>Kata kunci Electron beam output constancy; LINAC; Deviasi;</p>	<p>Telah dilakukan penelitian analisis <i>electron beam output constancy</i> pada pesawat <i>Linear Accelelator</i> (LINAC) Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar . Variasi energi yang digunakan yaitu 8 MeV dan 10 MeV. Analisis analisis <i>electron beam output constancy</i> ditentukan dengan nilai standar deviasi yang diperoleh. Hasil penelitian ini didapat pada energi 8 MeV besar nilai deviasi 0,083% - 1,041%, dan energi 10 MeV besar nilai deviasi 0,022% - 0,695%. Berdasarkan hasil perhitungan bahwa nilai deviasi masih berada dibawah batas toleransi yang ditetapkan AAPM. Sehingga pesawat LINAC Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar layak untuk beroperasi menerima pasien.</p>
<p>Sitasi: Mahardika, M. A. J., Ratini, N. N., Sudarsana, I. W. B., & Mulyadi, F. M. (2022), Analisis <i>Electron Beam Output Constancy</i> pada Pesawat <i>Linear Accelelator</i> (LINAC) Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar, <i>Kappa Journal</i>. 6(2), 278-282.</p>	

PENDAHULUAN

Radioterapi adalah suatu tindakan pengobatan dengan menggunakan sumber radiasi pengion sebagai upaya mematikan atau menghentikan kemampuan reproduksi sel tumor di dalam tubuh pasien, disertai upaya membatasi kerusakan jaringan sehat dalam lapangan radiasi sehingga tidak mengganggu kualitas hidup pasien (Setiawan & Widita, 2016). Dosis yang diberikan kepada organ target dalam radioterapi haruslah tepat dengan mengusahakan dosis ke bagian tubuh lainnya serendah mungkin (Wahyuni, 2013). Proses ionisasi sebagai hasil interaksi radiasi pengion dengan sel kanker akan membuat rantai DNA kanker tersebut putus sehingga mematikan jaringan tersebut. Proses ionisasi sebagai hasil interaksi radiasi

pengion dengan materi (dalam hal ini sel kanker/tumor) akan membuat rantai DNA kanker/tumor tersebut putus sehingga mematikan jaringan tersebut (Rahayu, 2015). Rentang energi elektron untuk keperluan radioterapi adalah (6-20) MeV. Keluaran berkas elektron dengan energi tinggi dapat digunakan untuk terapi kanker yang dekat pada permukaan atau ditembakkan ke sebuah target untuk menghasilkan sinar-X energi tinggi yang dapat digunakan untuk terapi kanker pada kedalaman tertentu. (Darmawati & Suharni, 2012) Radioterapi dapat digunakan sebagai terapi kuratif, paliatif maupun preventif. Terapi kuratif berbentuk terapi tunggal untuk penyembuhan suatu kanker. Terapi paliatif bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup dengan cara menghilangkan gejala-gejala kanker dengan menerapkan dosis radiasi paliatif. Penerapannya antara lain pada kasus maternal otak dan tulang serta *sindroma vena cava superior*. Terapi preventif merupakan terapi yang bertujuan untuk mencegah kemungkinan metastasis atau kejadian berulang melalui penerapan radioterapi (Fitriatuzzakiyyah, 2017)

Linear Accelerator (LINAC) merupakan sebuah perangkat/alat yang menggunakan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi untuk mempercepat partikel bermuatan seperti elektron berenergi tinggi melalui tabung linear yang dirancang untuk mempercepat pergerakan elektron secara linier sehingga dapat menghasilkan berkas foton dan elektron. Berkas foton terdiri dari variasi energi 6 MV dan 10 MV, sedangkan berkas elektron terdiri dari variasi energi (6-20) MeV. Berkas foton digunakan untuk menyinari kanker yang berada di dalam jaringan tubuh misalnya kanker payudara, kanker servix dan kanker nasofaring, sedangkan berkas elektron digunakan untuk menyinari kasus kanker kulit. Berkas elektron energi tinggi itu sendiri dapat digunakan untuk mengobati tumor dangkal, atau dapat dimodifikasi dengan ditembakkan ke target agar menghasilkan sinar-X sehingga dapat digunakan untuk mengobati tumor yang berada jauh dari permukaan tubuh. (Khan, 2014). Variasi tegangan tabung sinar-X merupakan faktor dominan dalam menghasilkan tingkat energi sinar-X yang digunakan untuk menembus objek (Satwika, 2021). Pada saat itu LINAC beberapa dan Van de Graaff generator juga dapat memproduksi elektron akan tetapi energi yang dihasilkan lebih rendah (Aditya, 2012). Terapi elektron LINAC dilengkapi dengan *electron applicator* yang digunakan untuk membantu berkas elektron hasil *secondary collimator* jatuh pada *field size* yang tepat (Vadila, 2018).

Pengukuran *Electron beam output constancy* merupakan salah satu bagian dari *Quality Control* pesawat radioterapi yaitu pengukuran kesesuaian keluaran berkas electron. Pengukuran *Electron beam output constancy* pada radioterapi dilakukan dengan tepat dan sesuai standar. Perhitungan dosis juga mengikuti protokol *Technical Report Series (TRS) 398* yang dikeluarkan oleh *International Atomic Energy Agency (IAEA)* pada tahun 2006. TRS 398 merupakan suatu kode praktis internasional untuk dosimetri berdasarkan standar dosis serap air yang dijadikan sebagai pedoman dalam penentuan dosis serap berkas radiasi pesawat terapi eksternal. Keteguhan keluaran LINAC selalu menjadi bagian penting dari *Quality Assurance (QA)* regular, regular program karena dosis absolut yang diberikan kepada pasien merupakan faktor utama dalam menentukan keberhasilan pengobatan. *American Association of Physicists in Medicine (AAPM)* merekomendasikan nilai *electron beam output constancy* memiliki nilai toleransi pada jangkauan 3% (AAPM, 1994)

Berdasarkan informasi di atas, maka akan dilakukan penelitian tentang analisis *electron beam output constancy* pada pesawat *Linear Accelerator (LINAC)* Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar.

METODE

Penelitian dilakukan di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah Denpasar yang beralamat di Jalan Diponegoro, Dauh Puri Klod Denpasar. Adapun alat yang digunakan adalah pesawat LINAC, komputer konsul, detektor *ion chamber* dan *electrometer*,

kabel optik, *slab phantom*, serta laptop yang dilengkapi dengan *software PC electrometer*. Data yang diambil berupa hasil pengukuran *electron beam output constancy*.

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran suhu, tekanan dan kelembapan di ruang LINAC. Kemudian diatur luas lapangan penyinaran 10 cm x 10 cm, jarak SSD 100 cm, dan kedalaman 1 cm. Langkah selanjutnya yaitu detektor dan *electrometer* dihubungkan dengan kabel fiber optik kemudian *electrometer* dihubungkan ke laptop. Setelah semua kondisi telah sesuai dengan yang dipersyaratkan, penyinaran dapat dilakukan dengan menekan tombol “Ready” pada komputer konsol. Pemantauan kondisi ruang LINAC dilakukan melalui monitor CCTV hingga waktu penyinaran selesai.

Data yang digunakan merupakan data primer dengan melakukan pengukuran langsung terhadap besarnya nilai *electron beam output constancy* yang dihasilkan pada pesawat LINAC Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar dimana, data ini dikelompokkan berdasarkan besarnya nilai *electron beam output constancy*. Data *electron beam output constancy* yang sudah dikelompokkan kemudian dirata-ratakan untuk masing-masing energi. Selanjutnya akan dilakukan analisa nilai *electron output constancy*. Nilai toleransi untuk *electron beam output constancy* yaitu sebesar 3%. Nilai toleransi *electron beam output constancy* dihitung dengan persamaan 1

$$\text{Deviasi} = \left| \frac{(\text{Data hasil kalibrasi BAPETEN} - \text{Data hari ke } i)}{\text{Data hasil kalibrasi BAPETEN}} \times 100\% \right| \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Analisis *Electron beam output constancy* pada Pesawat *Linear Accelerator* (LINAC) Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar. Pengambilan data menggunakan 2 variasi energi yaitu 8 MeV dan 10 MeV dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh data hasil pengukuran *electron beam output constancy* pada energi 8 MeV dan 10 MeV yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 untuk hasil pengukuran *electron beam output constancy* yang dilakukan oleh BAPETEN pada saat kalibrasi ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 1. Hasil pengukuran *electron beam output constancy* pada energi 8 MeV

No (Hari)	<i>Electron beam output constancy</i> (nC)			Rata-Rata (nC)	Deviasi (%)
1	24,115	24,1203	24,1189	24,1181	0,083
2	24,1322	24,1452	24,1331	24,1368	0,005
3	24,2800	24,2800	24,2800	24,2800	0,588
4	24,2651	24,2651	24,2651	24,2651	0,526
5	24,2541	24,2539	24,2538	24,2539	0,480
6	24,2765	24,2768	24,2769	24,2767	0,574
7	24,2833	24,2835	24,2836	24,2835	0,602
8	24,2847	24,2756	24,2788	24,2797	0,586
9	24,3295	24,3314	24,3295	24,3301	0,795
10	24,3457	24,4003	24,3842	24,3767	0,988
11	24,3331	24,3262	24,3309	24,3301	0,795
12	24,3895	24,3895	24,3895	24,3895	1,041
13	24,3781	24,3783	24,3785	24,3783	0,995
14	24,3840	24,3784	24,3781	24,3802	1,003
15	24,3181	24,3184	24,3185	24,3183	0,747
16	24,3175	24,3176	24,3177	24,3176	0,744
17	24,3213	24,3215	24,3217	24,3215	0,760
18	24,3207	24,3208	24,3209	24,3208	0,757
19	24,3168	24,3169	24,3167	24,3168	0,740
20	24,3135	24,3136	24,3137	24,3136	0,727

21	24,3024	24,3026	24,3023	24,3024	0,078
22	24,115	24,1203	24,1187	24,1180	0,083
Rata – Rata				24,2913	0,622

Tabel 2. Hasil pengukuran *electron beam output constancy* pada energi 10 MeV

No (Hari)	<i>Electron beam output constancy</i> (nC)			Rata-Rata (nC)	Deviasi (%)
1	24,2910	24,2931	24,2892	24,2911	0,695
2	24,3120	24,3210	24,3110	24,3147	0,598
3	24,4389	24,4389	24,4389	24,4389	0,090
4	24,4165	24,4173	24,3920	24,4086	0,214
5	24,4275	24,4275	24,4275	24,4275	0,137
6	24,4365	24,4367	24,4366	24,4366	0,100
7	24,4556	24,4555	24,4558	24,4556	0,022
8	24,4644	24,4765	24,4710	24,4706	0,039
9	24,5177	24,5183	24,5201	24,5187	0,236
10	24,5649	24,5647	24,5648	24,5648	0,424
11	24,5889	24,5896	24,5888	24,5891	0,524
12	24,5608	24,5609	24,5610	24,5609	0,408
13	24,4856	24,4811	24,4839	24,4835	0,092
14	24,5372	24,5395	24,5428	24,5398	0,322
15	24,4759	24,4758	24,4757	24,4758	0,061
16	24,4764	24,4765	24,4766	24,4765	0,063
17	24,4768	24,4769	24,4766	24,4768	0,064
18	24,4728	24,4726	24,4727	24,4727	0,048
19	24,4810	24,4812	24,4813	24,4812	0,082
20	24,4721	24,4724	24,4725	24,4723	0,046
21	24,4833	24,4834	24,4836	24,4834	0,092
22	24,2910	24,2931	24,2890	24,2910	0,695
Rata – Rata				24,4605	0,230

Tabel 3. Hasil pengukuran *electron beam output constancy* yang dilakukan oleh BAPETEN pada saat kalibrasi

No	Energi	Hasil pengukuran (nC)			Rata-Rata (nC)
		Pertama	Kedua	Ketiga	
1	8 MeV	24,1352	24,1396	24,1396	24,1381
2	10 MeV	24,4610	24,4610	24,4610	24,4610

Berdasarkan hasil penelitian pada energi 8 MeV besar nilai deviasi 0,083% - 1,041%, energi 10 MeV besar nilai deviasi 0,022% - 0,695%. Berdasarkan hasil perhitungan bahwa nilai deviasi masih berada dibawah batas toleransi yang ditetapkan AAPM sebesar 3%. Sehingga pesawat LINAC Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar layak untuk beroperasi menerima pasien.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan, nilai deviasi masih berada dibawah batas toleransi yang ditetapkan AAPM. Sehingga pesawat LINAC Elekta Precise di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar layak untuk beroperasi menerima pasien.

SARAN

Saran yang dapat disampaikan yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengukuran *electron beam output constancy* menggunakan variasi energi dan tegangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh staf di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar atas izin dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian, serta staf dosen program studi Fisika, FMIPA, Universitas Udayana yang telah memberikan dukungan sehingga publikasi ini dapat selesai sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya B. K., Elia, Djakaria, H. M., Amalia, T., Arianty, D., 2012. Karakteristik dan Profile Electron Beam Therapy. *Jurnal of The Indonesian Radiation Oncology Society*, 3 (2), Juli 2012, 55-64.
- American Association of Physicists in Medicine, 1994, *Comprehensive QA for Radiation Oncology : Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group-40, Medical Physics*, New York.
- Darmawati, & Suharni. (2012). Implementasi Linear Accelerator Dalam Penanganan Kasus Kanker. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya* (hal. 36-47). Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Fisika – UGM .
- Fitriatuzzakiyyah, N., Rano K.S., Irma M.P., 2017. Terapi Kanker dengan Radiasi: Konsep Dasar Radioterapi dan Perkembangannya di Indonesia, *Jurnal Farmasi Klinik*.
- Khan, F. M. (2014). *The Physics of Radiation Therapy The 4th Edition*. New York: Lippincott Williams & Wilkins.
- Marten P., Jumedi, J., Dewang S., Bidayatul, A., 2015. *Verifikasi percentage depth dose (PDD) dan profile dose pesawat linier accelerator (LINAC) berkas electron 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, dan 15 MeV menggunakan water phantom*. Skripsi. Universitas Hasanudin, Makassar.
- Rahayu, I.I., Nurdin, W.B., dan Samad, B.A., 2015, Analisis Dosis Output Berkas Elektron Pesawat Teleterapi Linear Accelerator (Linac) Tipe Varian HCX 6540 Menggunakan TRS 398, Skripsi, FMIPA, UNHAS, Makassar.
- Setiawan, H., & Widita, R. (2016). Analisis Dosis Keluaran Berkas Foton dan Elektron Energi Tinggi Pesawat Linac Elekta Precise 5991 Berdasarkan Code of Practice IAEA TRS 398. *Prosiding SKF*, 80-86.
- Satwika, L. G. P., Ratini, N. N., & Iffah, M. (2021). Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) dengan Penerapan Anode Heel Effect menggunakan Stepwedge. *Buletin Fisika Vol*, 22(1),20-28.
- Wahyuni, A.R., 2013, Analisis Hubungan Dosis Serap dengan Jarak Sumber Radiasi ke Permukaan Medium (SSD) dan Luas Lapangan Penyinaran dari Pesawat Linear Accelerator (LINAC), *Skripsi*, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Vadila, M. dan Milvita, D., 2018, Analisis Keluaran Berkas Radiasi Pesawat Terapi LINAC tipe Varian CX 6264 di Rs Unand, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 7 (2) hal. 91-96.