

Pengukuran "Output" Radiasi Pesawat Radioterapi pada Rumah Sakit di Seluruh Indonesia

Wasono Sumosastro*, Mulyadi Rachmad**

*) Pusat Penelitian Penyakit Tidak Menular, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Departemen Kesehatan RI, Jakarta.

**) Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Dosimetri dan Standardisasi.

PENDAHULUAN

Radioterapi, dewasa ini hampir digunakan dalam pengobatan kanker dan mempunyai daya penyembuhan cukup tinggi jika digunakan secara tepat dan dalam stadium dini. Sebagian besar penderita kanker di negara-negara berkembang jenisnya radiosensitif dan banyak pasien mendapat manfaat. Maka, radioterapi merupakan satu keharusan dalam program penyakit kanker.

Pengobatan kanker dengan radioterapi diperlukan upaya untuk memperoleh hasil secara maksimal, dengan komplikasi sekecil mungkin. Faktor-faktor yang perlu diketahui secara tepat, ialah distribusi dosis, laju dosis, fraksi penyinaran, lama pengobatan, macam jaringan/organ, volume tumor dan kualitas radiasi.

Pengobatan kanker dengan radioterapi perlu data *output* (keluaran) radiasi yang tepat dari setiap pesawat yang digunakan dan ini diperoleh melalui kalibrasi (peneraan) dengan menggunakan dosimeter yang telah diukur terhadap alat acuan tingkat nasional.

Pesawat radioterapi di Indonesia pada saat ini ada tiga jenis,

- 1) sinar-X,
- 2) teleterapi gamma dan
- 3) *accelerator* (*Linac*).

Pesawat radioterapi sinar-X, menurut energi yang dihasilkan ada 2 jenis

- 1) sinar-X dengan energi rendah, (10 – 125 KV) ini disebut kontak terapi dan,
- 2) sinar-X energi menengah, (125 – 300 KV) dan dinamakan sinar-X *orthovoltage*.

Menurut jenis isotop sebagai sumber sinar gamma, pesawat teleterapi gamma ada dua jenis:

- 1) teleterapi Co-60 dengan energi gamma, 1,33 Mev dan 1,17 Mev. dan
- 2) teleterapi Cs-137. dengan energi gamma : 0,662 Mev. *Linac* merupakan pesawat radioterapi terancang di Indo-

nesia, yang dapat menghasilkan. dua macam radiasi bertenaga tinggi secara bergantian, yaitu elektron dan sinar-X.

Pesawat teleterapi Co-60 dan Cs-137 setiap tahun terjadi penyimpangan/error sebesar 5%. Selzab itu perlu di kalibrasi setiap 6 bulan. Pesawat sinar-X penyimpangannya lebih besar lagi, maka perlu dikalibrasi sekurang-kurangnya satu bulan sekali.

Penyimpangan *output* radiasi pesawat teleterapi Co-60 dan Cs-137 terjadi karena .

- a. Geometri dari isotop berbentuk silinder, bukan bola.
- b. Berkas radiasi yang digunakan ialah berkas terkolimasi. Penyimpangan yang terjadi pada pesawat sinar-X disebabkan oleh umur tabung pesawat yang menyebabkan berkurangnya arus elektron dari filament akibat pemanasan terus-menerus.

Problema yang dihadapi oleh fasilitas-fasilitas radioterapi di Indonesia, ialah tidak dilakukan kalibrasi rutin, tidak ada sarana dosimeter yang terkalibrasi dan tidak tersedianya ahli yang mampu melakukan kalibrasi. Maka, dipertanyakan apakah selama ini tidak terjadi penyimpangan dosis penyinaran?

Untuk memberikan jawaban atas pertanyaan tersebut, perlu dilakukan pengukuran *output* radiasi terhadap semua pesawat radioterapi di rumah sakit-rumah sakit yang memiliki fasilitas radioterapi.

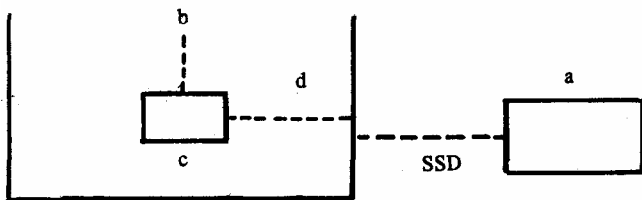
CARA PENGUKURAN

Pengukuran keluaran radiasi setiap pesawat radioterapi harus disesuaikan dengan kondisi tabel penyinaran yang ada di setiap fasilitas, misalnya, Kv, mA, filter, jarak sumber ke permukaan fantom (SSD), dan luas lapangan.

• Pengukuran Output Radiasi Pesawat Sinar-X Orthovoltage

Nilai *output* radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-X berenergi menengah (*orthovoltage*), digunakan bagan eksperimen seperti di bawah ini s (Lihat Gambar 1)

Selama pengukuran tabung detektor diletakkan di dalam air. Penyinaran dilakukan pada kondisi harga KV, mA, filter dan SSD, seperti tercantum pada tabel penyinaran yang ada



Gambar 1. Skema pengukuran keluaran radiasi untuk pesawat radio-terapi sinar X berenergi menengah.

- a* = pusat sumber
- b* = fantom' air sebagai medium tempat pengukuran
- c* = posisi tabung detektor ionisasi dalam fantom air
- d* = jarak antara permukaan fantom air dengan tabung detektor
- SSD = jarak sumber/pesawat dengan permukaan fantom air

pada fasilitas bersangkutan. Pengukuran dilakukan sekurang-kurangnya 3 kali ulangan. Pada awal dan akhir pengukuran dicatat kondisi temperatur, tekanan dan kelembaban udara. Data tersebut digunakan untuk menetapkan nilai faktor koreksi K_{pt} dan f_h pada hasil bacaan alat ukur.

- K_{pt} = faktor koreksi perbedaan temperatur dan tekanan udara tempat pengukuran *output* radiasi dengan tempat mengkalibrasi tabung detektor
- f_h = faktor koreksi perbedaan kelembaban udara tempat pengukuran keluaran radiasi dengan tempat mengkalibrasi tabung detektor.

• **Pengukuran Keluaran Radiasi pesawat radioterapi Cobalt-60 dan Caesium-137**

Pengukuran *output* radiasi pesawat radioterapi Co-60 dan Cs-137 digunakan bagian eksperimen seperti Gambar 1.

Penyinaran tabung detektor dilakukan dengan dua variasi, yaitu 1) luas lapangan dan 2) SSD. Pengambilan luas lapangan dan SSD disesuaikan dengan tabel penyinaran yang tersedia.

Pengukuran keluaran radiasi dilakukan 3 kali ulangan. Pada awal dan akhir pengukuran dilakukan pencatatan temperatur, tekanan dan kelembaban udara. Data ini digunakan untuk menetapkan nilai faktor koreksi K_{pt} dan f_h pada hasil pembacaan ukur.

• **Pengukuran Keluaran Radiasi Pesawat Radioterapi LINAC**

Pesawat Linac menghasilkan berkas radiasi elektron yang dipercepat atau foton sinar-X bertenaga tinggi. Sebelum melakukan pengukuran *output* perlu diketahui berkas mana akan diukur, karena cara pengukuran kedua berkas tersebut tidak sama, dalam metode maupun peralatan yang digunakan untuk pengukuran.

Sebelum dilakukan pengukuran, perlu dilakukan pengecekan energi berkas, apakah sama dengan energi berkas pada panel kontrol. Jika terdapat perbedaan maka perlu dilakukan penyesuaian energi dengan memutar tombol pengatur.

Pengecekan energi foton yang dihasilkan pesawat Linac, perlu dilakukan pengukuran dosis pada kedalaman 10 dan 20 cm dalam fantom air. Dari hasil pengukuran ini ditetapkan nilai perbandingan D_{10}/D_{20} -nya, lalu dicari energi fotonnya melalui kurva D_{10}/D_{20} vs energi foton.

Pengukuran energi foton dilakukan pada 3 buah pesawat Linac, 1 pesawat Varian di RS Gatot Subroto dengan energi foton 10 MV dengan pengukuran pada SSD = 100 cm dan luas lapangan 10 x 10 cm² dan 2 buah pesawat Linac -di RSCM (Mevatron 74 dan Mevatron 60), dengan energi foton 10 MV

dan 4 MV dengan pengukuran pada SSD = 80 cm dan luas lapangan 10 x 10 cm².

Pengecekan energi berkas elektron pada pesawat Mevatron 74 di RSCM dilakukan pada energi 5 Mev, 6 Mev, 7 Mev dan 8 Mev, dan dilaksanakan dalam medium fantom fleksi glas dengan cara menentukan bentang (*range*) energi elektron di dalam fantom tersebut. Dari bentang energi elektron tersebut, ditetapkan energi elektron rata-rata dengan menggunakan rumus

$$R_o . (Z/A)^{eff} = 0,285 E_o - 0,37 \text{ dan}$$

$$E = E_o - 3,51 . (Z/A)^{eff} . t$$

R_o = jangkauan energi elektron maksimum (*range energy*) dalam fantom padat (cm).

$(Z/A)^{eff}$ = perbandingan harga efektif Z dengan A medium fantom padat.

E = energi rata-rata elektron (Mev)

E_o = energi elektron pada permukaan fantom padat (Mev)

t = kedalaman elektron pada permukaan fantom padat (cm).

Sedangkan pada pesawat Linac Varian di RSGS tidak dapat dilakukan pengukuran energi berkas elektron maupun nilai keluarannya, karena kondisi pesawat dalam keadaan rusak.

Penetapan nilai keluaran berkas radiasi foton sinar-X bertenaga tinggi dipergunakan metode seperti pesawat sinar-X orthovoltage, hanya saja ada sedikit perbedaan, yaitu letak tabung detektor di dalam fantom air. Pada berkas foton dengan tenaga kurang dari 11 MV, dilakukan pengukuran pada kedalaman detektor 5 cm di bawah permukaan fantom air. Sedangkan untuk berkas foton dengan energi 11 MV s/d 25 MV dan 26 MV s/d 50 MV dilakukan pengukuran pada kedalaman detektor 7 cm dan 10 cm.

Penetapan nilai keluaran berkas elektron dari pesawat Linac dilakukan pengukuran dosis serap pada energi elektron

5 Mev, 6 Mev, 7 Mev dan 8 Mev. Pengukuran nilai keluaran, tabung detektor diletakkan pada kedalaman 9 mm untuk energi elektron 5 Mev, 11 mm untuk energi elektron 6 Mev, 15 mm untuk energi elektron 7 Mev dan 166 mm untuk energi elektron 8 Mev.

PEMBAHASAN

A. Pesawat Sinar-X

Harga *output* hasil pengukuran dari pesawat di Rumah Sakit Cikini lebih kecil dari tabel penyinaran karena umur tabel penyinaran lebih dad 5,5 tahun.

Menurut Waldeskog dan Seelentag, pesawat sinar-X dapat merubah nilai keluaran lebih dari 5% per tahunnya. Karena itu dianjurkan agar pesawat sinar-X selalu dikalibrasi (minimal) sekali dalam satu bulan. Data hasil kalibrasi tersebut digunakan untuk penyusunan tabel penyinaran pesawat yang bersangkutan.

Perubahan nilai keluaran pada pesawat sinar-X terjadi akibat umur tabung pesawat, yaitu target makin lama makin aus, akibat ditembaki elektron berkecepatan tinggi, dan berkurangnya arus filamen dari proses pemanasan yang terus-menerus.

B. Pesawat Caesium-137

a) Hasil pengukuran keluaran radiasi dari pesawat Caesium-137 di Rumah Sakit Elisabeth, Medan, Rumah Sakit Yauri Yusuf Putra, Ujung Pandang dan Rumah Sakit Cikini, Jakarta, nilai keluaran lebih kecil dari pada tabel penyinaran. Menurut buku acuan Waldeskog dan Seelentag, untuk pesawat radio-

terapi Co-60 dan Cs-137 dalam satu tahunnya dapat merubah nilai keluaran kurang dari 5%, ternyata hasil nilai perbedaan yang ditimbulkan pada 3 Rumah Sakit tersebut di atas melebihi 5% per tahun. Kemungkinan besar disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut

1. Penyusunan tabel penyinaran tidak didasarkan pada data hasil pengukuran tetapi hanya secara perhitungan, dengan menggunakan nilai faktor koreksi peluruhan isotop sewaktu penginstalasian pesawat, atau nilai faktor koreksi peluruhan isotop berdasarkan data sertifikat.
2. Penyusunan tabel mungkin dilakukan dari data hasil pengukuran keluaran pesawat, tetapi dalam pengukurannya menggunakan tabung detektor dengan masa kalibrasi yang telah kadaluwarsa.
3. Pengukuran nilai keluaran pesawat mungkin tidak menggunakan metode yang baik, dengan menggunakan faktor-faktor koreksi yang dapat mempengaruhi hasil selama dilakukan pengukuran. Seperti di Rumah Sakit Cikini Jakarta, di man dalam 10 bulan saja telah terjadi perbedaan nilai keluaran antara hasil pengukuran dengan tabel penyinaran antara 22,3% s/d 99,5%.

b) Untuk Rumah Sakit Umum Surakarta, Rumah Sakit Dr. Sutomo dan Rumah Sakit Dr. Sardjito, nilai keluaran hasil pengukuran lebih besar dari nilai keluaran tabel penyinaran. Kejadian ini mungkin disebabkan oleh penyusunan tabel penyinaran yang tidak benar, yaitu menyusun tabel penyinaran dari data hasil pengukuran, dengan menggunakan tabung detektor yang telah kadaluwarsa masa kalibrasinya.

C. Pesawat Cobalt-60

Dari hasil pengukuran keluaran pesawat radioterapi Co-60 di Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang dan Rumah Sakit Dr. Sutomo Surabaya, data keluaran pesawat menurut tabel penyinaran pada kedua rumah sakit tersebut, lebih besar dari data hasil pengukuran.

Hal ini mungkin disebabkan oleh :

1. Dalam melakukan pengukuran untuk menyusun tabel penyinaran, tidak pernah dilakukan koreksi temperatur, tekanan dan kelembaban udara, karena pada setiap fasilitas radioterapi tidak tersedia barometer, termometer dan hygrometer.
2. Mungkin sebab yang lain adalah kondisi pengukuran yang tidak benar, misalnya dalam menentukan jarak antara pusat sumber dengan detektor, posisi detektor dalam medan radiasi, jarak sumber dengan dinding/lantai sewaktu pengukuran keluaran pesawat dan juga pemakaian data faktor kalibrasi untuk kondisi luas medan yang bervariasi kurang diperhatikan.

D. Pesawat Linac

Pada pengukuran energi berkas, baik berkas foton maupun elektron, ternyata berkas foton pada pesawat Varian (RSGS) dan Mevatron 74 (RSCM), terdapat kesamaan energi antara energi foton hasil pengukuran dengan energi foton pada panel kontrol pesawat, yaitu sebesar 10 MV. Sedangkan untuk pengukuran energi foton pada pesawat Mevatron 60, diperoleh energi foton yang tidak sama antara hasil pengukuran (3 MV) dengan panel kontrol (4 MV).

Pengukuran energi berkas elektron pada pesawat Mevatron

74, didapat energi elektron hasil pengukuran tidak sama dengan energi elektron pada panel kontrol.

Pengukuran keluaran radiasi (baik radiasi foton maupun elektron), diperoleh nilai keluaran yang tidak sama antara hasil pengukuran dengan tabel penyinaran. Perbedaan energi berkas (baik foton ataupun elektron) dan juga nilai keluaran pesawat antara hasil pengukuran dengan panel kontrol/tabel penyinaran, disebabkan oleh adanya perubahan nilai frekuensi gelombang radio penggetar elektron dalam tabung pemercepat elektron, sebagai akibat tidak dipenuhinya persyaratan termometer bagi pesawat tersebut.

KESIMPULAN

Untuk mendapatkan nilai keluaran pesawat yang benar, perlu dilakukan pengukuran keluaran pesawat dengan menggunakan cara/metode yang baik serta menggunakan tabung detektor yang telah terkalibrasi dan masa kalibrasinya masih berlaku. Disamping itu, perlu disediakan peralatan barometer, termometer dan hygrometer untuk dipakai menentukan faktor koreksi udara tempat pengukuran; Data tabel penyinaran sebaiknya disusun dari data hasil pengukuran. Pengukuran keluaran pesawat, untuk pesawat sinar-X sebaiknya dilakukan satu minggu sekali, pesawat caesium dan Cobalt satu bulan sekali dan pesawat linac sebelum digunakan untuk penyinaran. Fasilitas-fasilitas radioterapi hendaknya memiliki alat pengukur (dosimeter) sendiri dan harus selalu dikalibrasi ulang. Di samping itu tempat penyimpanan dosimeter perlu mendapat perhatian yang serius, agar terjamin keandalan dari alat tersebut.

