

QuART: SEBUAH SISTEM DOSIMETER UNTUK PESAWAT AKSELERATOR LINIER MEDIK

Nasukha

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

QuART: SEBUAH SISTEM DOSIMETER UNTUK PESAWAT AKSELERATOR LINIER MEDIK. Akselerator linier medik adalah suatu pesawat radioterapi yang menghasilkan berkas foton atau elektron berenergi tinggi. Satu dari sekian banyak masalah dalam penggunaan pesawat ini adalah dalam mendapatkan keseragaman berkas seluas daerah perlakuan terapi. Tingkat keseragaman berkas ini harus dicek secara rutin untuk meyakinkan bahwa berkas radiasi ada pada tingkat yang dapat diterima sesuai dengan Program Jaminan Kualitas. Sebuah sistem yang disebut QuART, telah dirancang dan dibuat yang diantaranya akan digunakan untuk keperluan pendeteksian Faktor Kalibrasi Satuan Monitor (FKSM) dan keseragaman berkas radiasi yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik. Sistem ini terdiri dari sederetan 7 QuART detektor kamar pengion keping sejajar dan 7 saluran elektrometer. Karakteristik sistem dirancang, dibuat, dan dites bukan untuk keperluan dosimeter standar. Efisiensi pengumpulan ion ditemukan sebesar 99,2%. Stabilitas dan tingkat kebocorannya selama periode waktu tertentu kecil dan tetap. Sehingga QuART dapat diterima sebagai sistem dosimeter untuk pendeteksian secara rutin FKSM dan keseragaman berkas radiasi yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik.

ABSTRACT

QuART: A DOSEMETER SYSTEM FOR MEDICAL LINEAR ACCELERATORS. Medical linear accelerators are radiotherapy machines which produce high energy photon and electron beams. One of the problems on the use of this machine is to obtain the beam uniformity over the treatment area. The beam uniformity level should be routinely checked to assure that the beam is in acceptable level of Quality Assurance Programs. A system called QuART which has been designed and built was used to detect Monitor Unit Calibration Factor (MUCF) and the uniformity level of the beam of medical linear accelerator. This system consists of 7 QuART ionization chamber in array and 7 channels electrometer. System characteristic was designed, built and tested not for standard dosemeter system. Ionic collection efficiency was found to be 99.2 %. Stability and leakage level were small and steady for a certain period of time. Thus, QuART could be accepted as a dosemeter system for detecting MUCF and beam uniformity of medical linear accelerator routinely.

PENDAHULUAN

Radiasi pengion yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik untuk terapi kanker telah mulai banyak digunakan di negara-negara berkembang. Di Indonesia, pesawat ini ada di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo - Jakarta, Rumah Sakit Angkatan Darat Gatot Subroto - Jakarta, Rumah Sakit Dokter Sutomo - Surabaya, Rumah Sakit Dokter Karyadi - Semarang dan akan menyusul rumah sakit-rumah sakit besar lainnya.

Salah satu masalah pada pesawat akselerator linier medik adalah ketidakstabilannya terhadap waktu. Di antara beberapa parameter yang menyebabkan ketidakstabilan ini adalah daya gelombang mikro, frekuensi, temperatur pemercepat, arus elektron, *bending magnet* [1].

Parameter-parameter ini akan mempengaruhi berkas radiasi yang akan didistribusikan ke pasien penderita kanker.

Untuk menentukan bahwa tidak banyak perubahan harian dalam berkas radiasi, dirancang dan dibuatlah QuART yang diharapkan bisa mendeteksi tingkat perubahan parameter-parameter tersebut.

Latar belakang teori tentang kamar pengion yang diambil dari beberapa pustaka acuan akan dibahas ulang secara sederhana. Bahasan rancangan, konstruksi dan pengujian QuART sebagaimana karakteristiknya dilakukan dengan menggunakan berkas foton yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik.

TEORI

Bahasan tentang dosimeter kamar pengion yang dimaksud disini adalah sistem pengukuran dosis serap yang berdasarkan pada ionisasi. Sistem ini pada umumnya terdiri dari detektor kamar pengion dan elektrometer. Namun perihal elektrometernya tidak akan dibahas di sini, karena rancangan dan pembuatan rangkaiannya dilakukan oleh orang lain (R.Osborn).

Detektor kamar pengion

Metode ionisasi pada dosimeter kamar pengion sangat berkaitan dengan teori Bragg-Gray. Teori ini telah diuraikan oleh Burlin [2] dan di sini tidak akan dibahas ulang kecuali yang berkaitan dengan rancangan detektor kamar pengion. Detektor kamar pengion yang dirancang ini akan digunakan untuk mendeteksi Faktor Kalibrasi Satuan Monitor (FKSM) dan keseragaman berkas. Oleh karena itu detektor ini akan mengukur besaran dosis serap berkas radiasi yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik, sehingga bahan, ukuran dan bentuknya diusahakan sesuai dengan teori kamar pengion. Mengingat sistem dosimeter ini dibuat bukan untuk dijadikan dosimeter acuan dan akan dikalibrasi dengan dosimeter standar, maka ukuran dapat dipilih dengan lebih bebas. Akan tetapi ada beberapa hal yang harus diperhatikan (misalnya kehilangan ion-ion oleh rekombinasi), mengingat konsentrasi ion-ion yang dihasilkan oleh berkas foton berenergi tinggi dari pesawat akselerator linier medik sangat tinggi.

Metoda 'dua-tegangan' akan digunakan untuk menentukan besarnya efisiensi pengumpulan ion [3]. Pemilihan geometri untuk detektor kamar pengion dapat dilakukan dengan memperhatikan kuat medan listrik dari tegangan operasional yang melalui volume aktif kamar pengion, sehingga cukup untuk mencapai kejenjuran arus ion yang dihasilkan. Dalam rancangan ini bentuk geometri detektor adalah keping sejajar. Bentuk ini dipilih karena mudah dibuat.

Kriteria berikut adalah bahan detektor kamar pengion. Karena arus ionisasi yang dihasilkan pada umumnya sangat kecil, maka kebocoran arus yang melalui isolator harus diusahakan sekecil mungkin. Di sisi lain, dinding elektroda dan gas kamar pengion diusahakan mempunyai nisbah koefisien serap sama untuk radiasi primer dan nisbah daya henti atom yang sama untuk partikel sekunder [4]. Sebagai misal jika udara dipilih sebagai gas,

maka grafit merupakan bahan yang tepat untuk dinding elektroda, sehingga kriteria ini akan memenuhi persamaan klasik Bragg-Gray untuk dosimetri :

$$D_m = J_g (W/e) S_{mg} \quad [1]$$

Dalam hal ini D_m adalah dosis serap dalam medium, J_g adalah ionisasi muatan per satuan massa gas, dan S_{mg} adalah nisbah daya henti massa medium terhadap gas untuk elektron.

Dalam beberapa kasus, ketika nomor atom gas dan dinding elektroda tidak berbeda jauh, teori Bragg-Gray masih akan berkaitan dengan ionisasi untuk energi serap dalam dinding dan cukup akurat untuk tujuan praktek, meskipun ukuran bilik tidak terlalu kecil relatif terhadap daerah jangkauan elektron [2].

BAHAN

Bahan

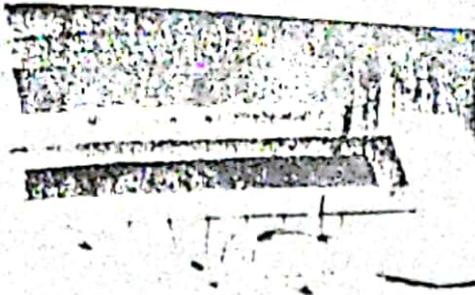
Bahan yang digunakan adalah :

1. Perspex: sifat fisik dan komposisi bahan kimia ini dapat ditemukan dalam beberapa pustaka acuan [5,6,7].
2. CCC (Carbon Conducting Cement) : bahan ini adalah semen yang mempunyai sifat konduktif listrik, berdaya adesif yang baik. CCC hanya mengandung hidrogen, karbon dan oksigen dengan tanpa residu yang lain setelah kering. Bahan ini diproduksi oleh Gerhard Neubauer, Jerman. Bahan ini sangat bermanfaat sebagai penghubung antara dinding elektroda dengan kabel.
3. Grafit
Grafit yang digunakan di sini mempunyai sifat konduktifitas listrik yang baik, dan digunakan sebagai dinding elektroda. Bahan ini diperoleh dari Acheson A.N.Z Pty. Ltd.
4. Kabel
Jenis kabel yang digunakan adalah RG174 koaksial

TATAKERJA

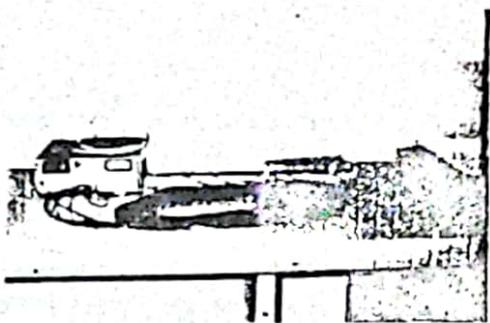
Empat jenis blok perspex digunakan untuk menyusun detektor QuART kamar pengion dengan ukuran dan fungsi yang berlainan. Gambar 1 menunjukkan gambar diagram blok sistem dosimeter QuART.

Dalam pembuatan detektor QuART ini sangat diperlukan pengalaman teknis, misalnya ketika menempatkan kabel sepanjang lubang dengan menggunakan lem Araldite, memasukkan CCC sepanjang lubang dan menyem-



Gambar 1. Foto terbuka detektor QuART

protkan grafit pada perspex sebagai dinding elektroda. Oleh karena itu pembuatan detektor QuART ini dikerjakan secara berulang-ulang sampai memperoleh hasil yang memenuhi kriteria detektor kamar pengion. Gambar 2 merupakan gambar terbuka sistem detektor QuART.



Gambar 2. Foto sistem QuART (detektor dan elektrometer)

Pengujian

Karakteristika kejenuhan

Untuk mengetahui karakteristik kejenuhannya, detektor QuART dihubungkan dengan 7 saluran elektrometer dan kabel elektroda tegangan tingginya dihubungkan dengan 240A Keithley catu daya tegangan tinggi. Detektor diiradiasi dengan berkas foton 6 MeV yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik Therac 6. Untuk mendapatkan radiasi hamburan balik yang cukup, ditambahkan perspex 6 cm di bawah detektor. Kondisi radiasi yang

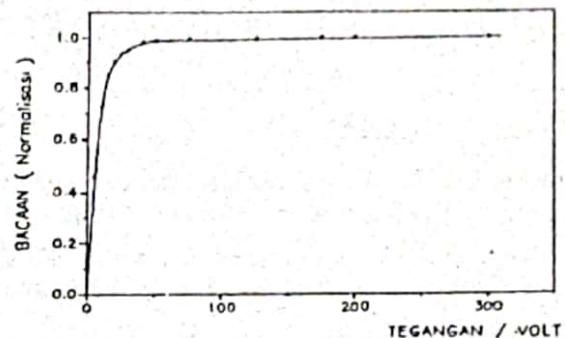
digunakan adalah 250 rad per menit, luas lapangan 40 cm x 40 cm, dan jarak fokus permukaan (FSD) = 100 cm. Pengambilan bacaan dilakukan 5 kali pada setiap pemilihan tegangan. Percobaan ini dikerjakan dengan menggunakan elektroda berjarak 0,5 cm.

Stabilitas dan faktor kalibrasi

Pengtesan stabilitas dan faktor kalibrasi ditentukan dengan menggunakan petunjuk pelaksanaan yang dibuat oleh Tim Fisika Medik [8]

HASIL DAN BAHASAN

Bilik pengion yang pada prinsipnya adalah detektor berisikan gas yang paling sederhana. Normal operasinya berdasarkan pada pengumpulan seluruh muatan yang dihasilkan oleh ionisasi secara langsung dalam gas dengan memanfaatkan kuat medan listrik. Pada Gambar 3 disajikan kurva kejenuhan dari detektor QuART dengan elektroda berjarak 0,5 cm.



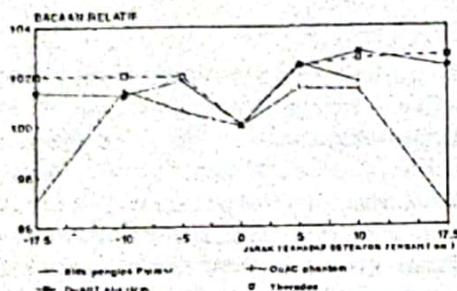
Gambar 3. Kurva kejenuhan

Untuk penentuan efisiensi pengumpulan ion digunakan metode dua-tegangan [9] dan diperoleh hasil 99,2% pada tegangan operasional 300 volt untuk berkas foton 6 MeV. Sedangkan untuk penentuan efisiensi pengumpulan ion untuk berkas elektron berenergi dari 4 MeV sampai 22 MeV diperoleh hasil antara 99,4% sampai 97,9% pada tegangan operasional 300 volt dengan metode yang diberikan oleh HPA [10].

Fluktuasi faktor kalibrasi terhadap dosimeter acuan Farmer untuk detektor QuART yang berada di tengah tidak lebih dari 1% dan untuk detektor QuART yang lain tidak lebih dari 2% terhadap detektor QuART yang ditenang selama selang periode waktu tertentu [11].

Di bawah radiasi 250 rad per menit dengan 6 MeV berkas foton tingkat kebocoran seluruh saluran tidak lebih dari 0,4% selama periode waktu tertentu.

Aplikasi QuART untuk mendeteksi tingkat keseragaman berkas cukup baik, juga jika dibandingkan dengan sistem detektor yang lain, termasuk dosimeter Farmer [12].



Gambar 4. Aplikasi QuART dibandingkan dengan detektor lain

Gambar 4 menunjukkan hasil yang diperoleh untuk penentuan *horn* dan *tilt* suatu berkas yang dihasilkan oleh pesawat akselerator linier medik.

KESIMPULAN

QuART adalah sebuah sistem dosimeter yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi Faktor Kalibrasi Satuan Monitor (FKSM) dengan fluktuasi dibawah 1% terhadap dosimeter acuan Farmer. Efisiensi pengumpulan ionnya diperoleh 99,2% untuk 6 MeV berkas foton dan antara 99,4% sampai 97,9% untuk berkas elektron berenergi 4 MeV sampai 22 MeV pada tegangan operasional 300 volt. Sedangkan tingkat kebocorannya stabil dan tidak lebih dari 0,4% selama periode waktu tertentu dibawah radiasi 6 MeV berkas foton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada R. Osborn atas kerjasamanya dalam pembuatan QuART ini dan kepada KPTP - PSPKR, Batan atas saran-sarannya dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Haskard, D.L., An instantaneous display linier accelerator field flatness monitor, *American Journal of Roentgenology*, 123 (1975) 192 - 197.
2. Burlin, T.E., *Cavity - chamber Theory. Radiation Dosimetry* (edited by Attix, Frank. H, dan Roesh, William. C). Volume 1, edisi ke 2, Academic Press, London (1968).
3. Boag, J.W. and Currant, J., Current collection and ionic recombination in small cylindrical ionization chambers exposed to pulsed radiation, *British Journal of Radiology*, 53 (1980) 471 - 478.
4. Boag, J. W., *Ionization Chambers, Radiation Dosimetry* (edited by Attix, Frank.H dan Roesh, William. C). Volume 2, edisi ke 2, Academic Press, London (1960).
5. HPA, Phantom materials for photon and electrons, HPA Report No. 20, London (1977).
6. Schulz, RJ. and Nath, R., On constancy in composition in polystyrene and polymethylmethacrylate plastics, *Medical Physics* 6 (1979) 153.
7. Tubiana, M., Deutrix, J., Deutrix, A. and Jocky, P., *Basis physiques de la radiotherapie et de la Radiobiologie*, Masson ET Cie, Editeurs, Paris (1963) 458.
8. Sebuah Dokumen Fisika Medik, Rumah Sakit Westmead, Sydney Australia
9. Nasukha, Penentuan efisiensi pengumpulan ion kamar pengionan pada berkas foton dari akselerator linier, Akan diterbitkan pada *Majalah Batan* (1990).
10. HPA, A practical guide to electron dosimetry, HPA Publication, London (1971) 5 - 35.
11. Nasukha, Penentuan stabilitas kamar pengionan QuART menggunakan pesawat akselerator linier medik, *Majalah Batan*. Vol XXIII No.1. Batan - Jakarta (1990).
12. Nasukha, Penentuan *horn* dan *tilt* berkas foton pada pesawat akselerator linier medik (radioterapi). Akan diterbitkan pada *Majalah Kedokteran Indonesia* (1993).

DISKUSI

Gunandjar :

Disebutkan bahwa efisiensi pengumpulan ion ditemukan sebesar 99,2%. Mohon penjelasan bagaimana cara mengukur nilai efisiensi tersebut?

Nasukha :

Dengan menggunakan metode 2 tegangan yang diberikan oleh Bragg dari 2 hasil bacaan dengan variasi tegangan terpakai dengan suatu kurva.

Rustan. R :

Konsep detektor QuART ini adalah kamar ionisasi. Apakah berkas elektron yang keluar dari LINAC itu mono energetik?. Jika tidak, bagaimana pengaruh elektron-elektron tersebut pada jumlah ion?

Nasukha :

Detektor ini baru digunakan untuk foton yang dihasilkan oleh akselerator linier medik. Sedangkan untuk mengetahui kualitas berkasnya kita gunakan formula D10 dan D20 yang akan memberikan suatu angka yang menyatakan energinya.