



Radioterapi & Onkologi Indonesia

Journal of the Indonesian Radiation Oncology Society



Tinjauan Pustaka

RADIOTERAPI KONFORMAL TIGA DIMENSI DENGAN PESAWAT COBALT-60

Henry Kodrat, R. Susworo, Tuti Amalia, Rd Riyani Sabariani

Departemen Radioterapi RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta

Abstrak / Abstract

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

- Diterima Desember 2015
- Disetujui Desember 2015

Alamat Korespondensi:

dr. Henry Kodrat, Sp.Onk.Rad

E-mail: henrykodrat@gmail.com

Teknik radiasi konformal tiga dimensi menjadi standar radioterapi minimal di negara maju dan negara berkembang dalam penatalaksanaan kanker untuk tujuan kuratif. Tujuan teknik radiasi eksterna konformal tiga dimensi (3D) adalah agar volume target mendapat cakupan dosis yang sesuai, sebaran dosis yang homogen dan mengurangi dosis terhadap jaringan normal sekelilingnya. Alur perencanaan dan pelaksanaan radiasi konformal tiga dimensi melalui beberapa tahapan prosedur, yang menyerupai rantai; ini dikenal sebagai "Chain of Radiotherapy". Pesawat Cobalt-60 merupakan tulang punggung untuk banyak departemen radioterapi di negara-negara berkembang. Ini disebabkan karena biaya perawatan rendah, desain yang sederhana dan tidak memerlukan daya catu listrik yang tinggi.

Kata kunci: radiasi konformal tiga dimensi (3D), Cobalt-60, radioterapi.

Three-dimensional conformal radiation therapy (3D-CRT) technique becomes standard practice of radiotherapy in both well-developed dan developing countries when treating various types of cancer with curative intent. The purpose of the 3-D conformal radiation therapy is to achieve conformal coverage, homogeneous dose distribution and reduced dose to surrounding normal tissue. The planning and delivery of a 3D-CRT require a chain of procedure; this process is known as the "Chain of Radiotherapy". Cobalt-60 machine is the backbone for many radiotherapy departments in developing countries. This is because of maintenance costs are low, simple design and does not require high electrical supply.

Keywords: Three-dimensional radiation therapy, Cobalt-60, radiotherapy.

Hak Cipta ©2016 Perhimpunan Dokter Spesialis Onkologi Radiasi Indonesia

Pendahuluan

Radioterapi konformal 3-dimensi (3D) merupakan konsep perencanaan terapi radiasi dengan menggunakan data volumetrik dari CT-Scan. Penggunaan CT-Scan dalam penentuan volume target berguna dalam mengurangi ketidak-akuratan geografis. Dengan semakin berkembangnya teknologi pencitraan diagnostik dan radioterapi, kombinasi perencanaan radiasi 3 dimensi disertai penggunaan pengaturan berkas sinar yang lebih kompleks dapat menghasilkan cakupan sinar yang disesuaikan dengan bentuk tumor. Kombinasi ini melahirkan konsep radioterapi konformal 3-dimensi. Selain diperoleh cakupan sinar yang disesuaikan dengan bentuk tumor, penggunaan berkas sinar yang lebih kompleks dapat meningkatkan homogenitas dan mengurangi dosis terhadap jaringan normal, sehingga diperoleh rasio terapeutik yang lebih baik. Dosis radiasi yang rendah pada jaringan sehat dan sebaran dosis

homogen bertujuan mengurangi toksisitas baik akut maupun kronik, sehingga diperoleh kualitas hidup yang lebih baik. Selain itu dengan dosis jaringan sehat yang rendah, dapat memungkinkan untuk dilakukan eskalasi dosis, dengan harapan dapat terjadi peningkatan respon terapi.^{1,2}

Saat ini perkembangan teknologi untuk melakukan radiasi 3-dimensi sudah semakin maju, seperti CT simulator, komputer dan piranti lunak yang mampu untuk menghitung dosis secara lebih akurat, dan peralatan untuk membentuk lapangan seperti kolimator berbilang ganda (*multileaf collimator/MLC*), oleh karena itu, cara perencanaan dan pemberian radiasi seperti ini semakin memperoleh popularitas. Radioterapi 3-dimensi merupakan langkah awal menuju radioterapi konformal 3-dimensi. Saat ini, teknik ini menjadi standar radioterapi minimal di negara maju ketika menangani banyak tipe kanker untuk tujuan kuratif.^{1,2}

Dasar-dasar radioterapi 3-dimensi

Radiasi konformal 3-dimensi merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan perencanaan dan pemberian radioterapi berdasarkan data pencitraan tiga dimensi dengan penggunaan pengaturan berkas sinar yang lebih kompleks sehingga lapangan radiasi yang terbentuk, disesuaikan dengan bentuk jaringan tumor.¹

Konsorsium Dynarad Eropa mengusulkan bahwa tingkat kesulitan dari perencanaan radiasi dan metode pelaksanaan radiasi dapat diklasifikasikan menjadi 4 tingkatan. Tingkat 0 merupakan radioterapi dasar di mana tidak dilakukan pengaturan berkas sinar untuk membentuk lapangan, sehingga tidak digolongkan sebagai radioterapi konformal. Tingkat 1 mewakili level dasar untuk radioterapi konformal dasar yang dapat dilakukan dengan fasilitas minimal. Ini dapat dilakukan menggunakan foto simulator disertai kontur beberapa irisan CT-Scan. Tingkat 2 merupakan radioterapi konformal 3 dimensi yang sebenarnya, di mana perencanaan radiasi harus menggunakan CT-Scan. Tingkat 3 merupakan radioterapi konformal tingkat lanjut yang mewakili level akurasi tertinggi. Tingkatan ini menggunakan teknologi IMRT (*Intensity Modulated Radiation Therapy*) atau SRS (*Stereotactic Radiosurgery*).¹

Radiasi konformal dapat dianggap sebagai langkah menuju IMRT. IMRT berbeda dengan teknik radioterapi konformal 3-dimensi di mana pada IMRT intensitas berkas sinar yang dihasilkan adalah inhomogen karena intensitas tersebut dimodulasi dengan cara membentuk beberapa segmen dalam setiap berkas sinar, sedangkan radioterapi konformal 3-dimensi mempunyai intensitas berkas sinar yang homogen. IMRT dianggap memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan radiasi konformal dan memerlukan tingkat keahlian yang lebih tinggi. Keuntungan yang diperoleh dari transisi radioterapi konvensional ke radiasi konformal 3-dimensi lebih besar daripada transisi dari radiasi konformal 3-dimensi ke IMRT. Karena hal ini, maka direkomendasikan implementasi radiasi konformal 3-dimensi harus diberikan prioritas dibandingkan dengan IMRT.¹

Perencanaan dan pelaksanaan radiasi 3-dimensi memerlukan rangkaian tahapan prosedur, di mana semua prosedur harus berperan seperti rantai agar pengobatan menjadi aman dan akurat. Karena itu sangat penting semua tahapan telah terlaksana dengan baik sebelum

memulai pengobatan pasien. Rangkaian tahapan ini adalah:¹⁻⁷

- Pengaturan posisi pasien selama proses perencanaan dan terapi radiasi yang diatur senyaman mungkin dan imobilisasi yang dapat membuat posisi pasien diulang setiap hari dengan posisi yang persis sama, biasanya menggunakan alat fiksasi *thermoplast*. Pengaturan posisi dan imobilisasi bertujuan agar terapi radiasi yang diberikan sesuai dengan perencanaan, mengurangi ketidak-akuratan geografis.
- Proses simulasi dengan CT-simulator sehingga diperoleh gambar CT-Scan sehingga diperoleh data pencitraan 3 dimensi. Pada saat CT-simulator, akan ditempel penanda koordinat asal (*origin*) pada tempat yang terfiksir. Sebaiknya CT-Scan yang digunakan dalam perencanaan radiasi menggunakan ketebalan irisan 2-5 mm.
- Penentuan target volume yang terdiri dari *Gross Tumor Volume (GTV)*, *Clinical Target Volume (CTV)*, *Planning Target Volume (PTV)* and *Planning organ at risk Volume (PRV)*.
- Perencanaan radiasi yang dimulai dari penentuan koordinat asal (*origin*), penentuan titik tengah tumor (*isocenter*) sekaligus sebagai titik acuan dosis, penentuan arah berkas sinar, penyesuaian berkas sinar terhadap bentuk target melalui *beam eye view (BEV)* dengan menggunakan blok atau MLC, penambahan alat pengubah profil berkas sinar seperti baji dan bolus, dan peresapan dan perhitungan dosis. Teknik perencanaan yang digunakan adalah harus dengan teknik *Source-Axis Distance (SAD)*
- Evaluasi dari perencanaan dosis dan efek biologi menggunakan histogram dosis-volume (*Dose volume histogram/DVH*) dan persetujuan perencanaan radiasi.
- Pengiriman data perencanaan radiasi ke pesawat radiasi
- Verifikasi dari posisi pasien dengan menggunakan film portal atau menggunakan film portal elektronik (*Electronic portal image devices/EPID*), penentuan arah berkas sinar dan dosimetri in-vivo.
- Proses terapi radiasi.
- *Quality assurance (QA)* untuk memastikan proses perencanaan radiasi sudah benar, pengiriman data yang benar dan memastikan proses tersebut di atas sudah berjalan dengan baik.

Pesawat Cobalt-60

Pada awal dekade 1950-an, pesawat Cobalt-60 (gambar 1) menjadi populer karena pesawat ini dapat memberikan dosis yang cukup besar di bawah permukaan kulit. Dibandingkan dengan pesawat radioterapi generasi sebelumnya seperti pesawat Cesium dan *orthovoltage*, pesawat Cobalt-60 mempunyai laju dosis yang lebih cepat dan biaya perawatan yang lebih rendah.^{8,9}

Pesawat Cobalt-60 merupakan pesawat radioterapi pertama untuk pengobatan yang dapat memberikan dosis yang bermakna di bawah permukaan kulit dan secara bersamaan melindungi kulit dari efek samping dibandingkan pesawat generasi sebelumnya. Hal ini memungkinkan memberikan dosis radiasi yang besar untuk jaringan yang lebih dalam. Ketika persentase dosis yang lebih besar terjadi di bawah permukaan kulit, istilah dosis maksimum digunakan untuk menggambarkan proses tersebut. *D-max* adalah kedalaman maksimum untuk dosis *build-up*, dimana 100% dari dosis terletak. Untuk Cobalt-60, *D-max* terletak 0,5 cm di bawah permukaan kulit. Ini merupakan kelebihan yang nyata dibandingkan dengan peralatan lain yang digunakan untuk pengobatan kanker pada saat itu (pesawat *orthovoltage*).^{8,9}

Sebelum LINAC digunakan dengan luas, pesawat Cobalt-60 digunakan sebagai alat radioterapi untuk semua tipe dari tumor. Karena karakteristik sinarnya yang unik, pesawat Cobalt-60 biasanya digunakan untuk mengobati kanker kepala dan leher, payudara, tulang belakang dan ekstremitas. Area di bawah permukaan kulit (dimana penetrasi yang dalam dari sinar tidak diperlukan) dapat diobati secara efektif dengan Cobalt-60.^{8,9}

Namun kelemahan dari profil berkas sinar pada pesawat Cobalt-60 adalah tepi lapangan yang tidak tajam (penumbra yang lebar). Beberapa penulis telah melaporkan hal ini. Lebar penumbra meningkat oleh diameter sumber (biasanya 1 – 2 cm), jarak dari sumber terhadap kulit dan terhadap kolimator. Selain itu, teleterapi Co-60 hanya memberikan performa yang baik untuk tumor dengan kedalaman <10 cm. Dengan demikian, penggunaan LINAC direkomendasikan untuk tumor yang terletak lebih dalam.^{9,12}

Peluruhan Co-60 dimulai dengan peluruhan dari partikel β^- , dan kemudian diikuti oleh 2 pancaran partikel γ yang

melepaskan energi 1,17321 dan 1,33247 MeV. Karena kedua energi ini hampir sama, sumber Cobalt-60 biasanya dipertimbangkan sebagai sumber sinar γ mono energi dengan energi rata-rata 1,25 MeV.^{9,13}

Waktu paruh ($t_{1/2}$, yakni, waktu yang diperlukan untuk aktivitas sumber menjadi setengahnya) dari Co-60 adalah 5,27 tahun. Untuk tujuan praktis, Co-60 dianggap tidak berbahaya dan tidak aktif setelah mengalami sepuluh kali waktu paruhnya. Dengan demikian, Co-60 harus disimpan dengan aman selama kurang lebih 53 tahun.⁹

Unit teleterapi Co-60 memiliki sumber berbentuk silinder dengan diameter 2 cm. Aktivitas sumber umumnya antara 5.000 sampai 15.000 Ci. Sumber dengan aktivitas kurang dari 3000 Ci harus diganti dengan yang baru. Ini diperlukan setelah penggunaan 5 -7 tahun.^{2,9}



Gambar 1. Pesawat radiasi Cobalt

Radioterapi konformal 3-dimensi dengan pesawat Cobalt-60

Pada pelaksanaan radiasi konformal 3-dimensi pada pesawat Cobalt-60 terdapat keterbatasan disebabkan jarak SAD yang hanya 80 cm. Dengan jarak 80 cm, apabila menggunakan blok individual dan baji, peluang untuk tabrakan antara *gantry* dan *couch* tinggi. Tabrakan antara *gantry* dengan *couch* akan terjadi pada sudut 90° dan 270°, oleh sebab itu pergerakan *gantry* diusahakan diantara 90°–270° atau 270°–90° agar dapat mempertahankan pengaturan isosenter tanpa menggeser pasien sebagai syarat teknik SAD. Selain tabrakan antara *gantry* dengan *couch*, terdapat juga keterbatasan ruang untuk menempatkan baji dan blok individual

pada saat bersamaan di kepala *gantry*. Ketebalan blok individual dipengaruhi oleh *half-value layer* (HVL) dari material yang digunakan. HVL merupakan ketebalan dari material yang menurunkan intensitas radiasi menjadi setengah dari intensitas awal. Ketebalan blok yang digunakan dalam radioterapi adalah 4-5 HVL agar sinar dianggap tidak mampu menembus material. Jadi blok dengan ketebalan sebanding dengan 5 HVL akan mentransmisikan 3.125% dari radiasi yang dipancarkan. Material yang sering digunakan untuk blok individual adalah cerrobend.^{9,14}

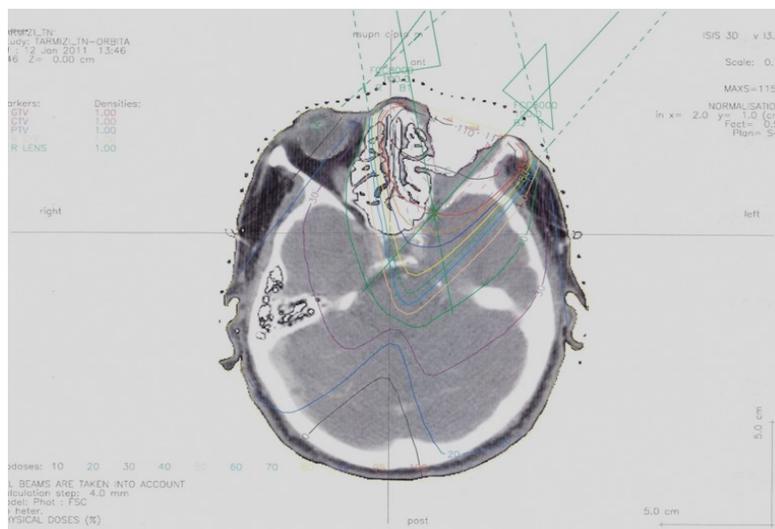
Cerrobend yang dikenal sebagai besi Lipowitz, mempunyai titik lebur 74°C. Cerrobend merupakan gabungan dari berbagai jenis logam yaitu bismuth, plumbum, timah dan cadmium. Cerrobend mempunyai massa jenis 9.4 gr/cm³ yang merupakan 83% dari massa jenis plumbum. Karena itu, blok dengan cerrobend harus mempunyai ketebalan diperkirakan 1.21 kali lebih tebal dibandingkan dengan plumbum untuk memperoleh efek yang sama. Namun ketebalan ini sangat dipengaruhi dari komposisi logam yang membentuk cerrobend. Pada Cobalt-60, apabila menggunakan blok dengan komposisi plumbum harus mempunyai ketebalan 5 cm agar intensitas yang menembus < 3%. Jika menggunakan cerrobend, agar memperoleh kemampuan untuk melemahkan intensitas yang sama membutuhkan ketebalan 7 cm. Namun karena terdapat keterbatasan ruang yang disebutkan di atas, maka ketebalan blok dikurangi menjadi 6 cm dan dianggap sinar tidak mampu untuk menembus material blok dan masih dianggap aman dari sudut pandang proteksi radiasi (gambar 2). Pada radioterapi 3-dimensi dengan menggunakan pesawat Cobalt-60 apabila tidak

menggunakan kompensator baji, maka ketebalan blok individual dengan material cerrobend dapat diberikan dengan ketebalan 7 cm.¹⁴

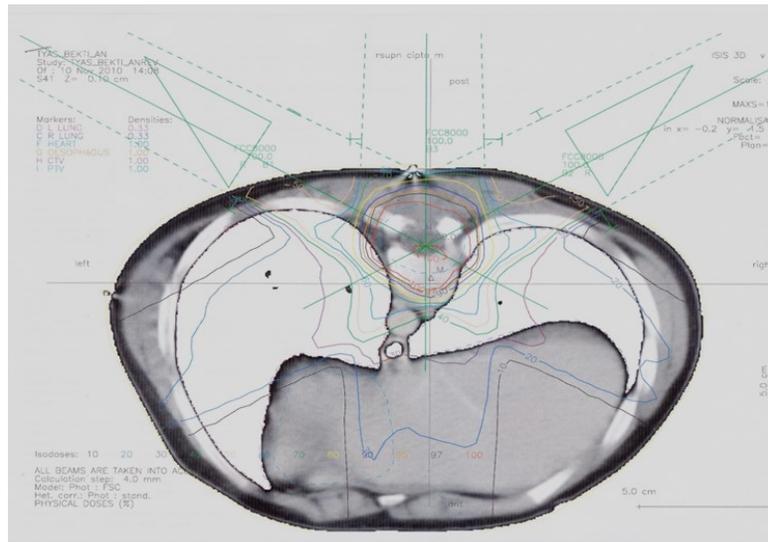


Gambar 2. Ketebalan blok individual adalah 6 cm pada radioterapi konformal 3 dimensi pada pesawat Cobalt-60 jika secara bersamaan juga terpasang kompensator baji pada kepala *gantry*.

Adams dan Warrington (Royal Marsden NHS *Foundation*) melakukan studi yang membandingkan perencanaan radiasi konformal 3-dimensi dengan menggunakan pesawat Cobalt-60 dan LINAC. Dari studi ini diperoleh hasil bahwa perencanaan radiasi konformal 3-dimensi pada kasus meningioma, payudara yang kecil dan parotis untuk pesawat Cobalt-60 sebanding dengan perencanaan radiasi untuk LINAC. Pengobatan radioterapi dengan pesawat Cobalt-60 dengan menggunakan sistem perencanaan radiasi, penggunaan blok dan kompensator dapat menghasilkan perencanaan radiasi dengan kualitas tinggi.¹³ Pada gambar 3 dan 4 dapat dilihat contoh perencanaan radiasi 3-dimensi untuk Cobalt-60.



Gambar 2. Perencanaan radioterapi konformal 3 dimensi dengan menggunakan pesawat Cobalt-60 pada kasus tumor orbita kiri. Sudut penyinaran yang diberikan adalah 40° dan 350°



Gambar 3. Perencanaan radioterapi konformal 3 dimensi dengan menggunakan pesawat Cobalt-60 pada kasus tumor medula spinalis. Sudut penyinaran yang diberikan adalah 0° , 60° dan 300° .

Rangkuman

Radiasi konformal 3-dimensi dapat dilakukan dengan menggunakan pesawat Cobalt-60. Karena keterbatasan pada pesawat Cobalt-60, beberapa penyesuaian perlu dilakukan agar dapat melakukan teknik radiasi konformal 3-dimensi. Penyesuaian yang dapat dilakukan adalah penyudutan berkas sinar dan penyesuaian ketebalan blok individual.

DAFTAR PUSTAKA

1. International Atomic Energy Association (IAEA). IAEA TECDOC 1588 Transition from 2-D Radiotherapy to 3-D Conformal and Intensity Modulated Radiotherapy. 2008. p.1 – 25.
2. Purdy JA. Three-dimensional conformal radiation therapy: physics, treatment planning, and clinical aspects. In: Halperin EC, Perez CA, Brady LW, editors. *Perez and Brady's principles and practice of radiation Oncology*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p.218-38.
3. Schelegel W. New technologies in 3D conformal radiation therapy: introduction and overview. In: Schelegel W, Bortfeld T, Grosu AL, editors. *New technologies in radiation oncology*. Berlin: Springer Verlag; 2006. p. 1-6.
4. Beyzadeoglu M, Ebruli C, Ozyigit G. Clinical radiation oncology. In: Beyzadeoglu M, Ozyigit G, Ebruli C, editors. *Basic radiation oncology*. Berlin: Springer Verlag; 2010. p. 145-73.
5. Prado KL, Strackschall G, Mohan R. Three-dimensional conformal radiation therapy. In: Khan FM, editor. *Treatment planning in radiation oncology*, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p.117-40.
6. Khan FM. Three-dimensional conformal radiation therapy In: Khan FM, editors. *The physics of radiation therapy*, 4rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 413-29.
7. International Commission on Radiation Unit and Measurement (ICRU). Prescribing, recording and reporting photon beam therapy. ICRU report 62 (supplement to ICRU report 50). Bethesda, MD: ICRU; 1999.
8. Leaver D. Treatment delivery equipment. In: Washington CM, Leaver D, editors. *Principles and practice of radiation therapy*. 3rd ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2010. p.151-56.
9. Beyzadeoglu M, Ebruli C, Ozyigit G. Radiation physics. In: Beyzadeoglu M, Ozyigit G, Ebruli C, editors. *Basic radiation oncology*. Berlin: Springer Verlag; 2010. p.1-68.
10. Suntharalingram N. Radiation therapy with cobalt-60 vs. 6 MV photons for palliative care: comparison of beam characteristics. In: *Workshop on palliative radiotherapy for developing countries. Asia-oceania congress of medical physics (AOCMP)*, November 1, 2008. p.43-5.
11. Dyk JV, Battista JJ. Cobalt-60: An old modality, a renewed challenges [Internet]. Ontario: Physics department, london regional cancer center; 1996. Available from: [http:// www.theratronics.ca/press/vandyk.pdf](http://www.theratronics.ca/press/vandyk.pdf)
12. Shandeep KD. Conformal radiation therapy with Cobalt-60 tomotherapy, a thesis. [tesis]. Ontario:

- Queen's University Kingston;2008. p.60-74.
13. Adams EJ, Warrington AP. A comparison between cobalt and linear accelerator-based treatment plans for conformal and intensity-modulated radiotherapy. *Br J Radiol* 2008; 81: 304-10.
 14. Khan FM. Treatment planning III: field shaping, skin dose, and field separation In: Khan FM, editor. *The physics of radiation therapy*, 4rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 242-63.