

SIMULASI PENGUKURAN DOSIS SERAP PADA BRACHY-THERAPY PROSTAT BERJARI-JARI 2 CM MENGGUNAKAN SOFTWARE MCNP5 DENGAN MODEL SEED IMPLANT ISOAID ADVANTAGE™ IAPD-103A

Poundra Setiawan, Suharyana, Riyatun

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta

corresponding author : suharyana61@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

SIMULASI PENGUKURAN DOSIS SERAP PADA BRACHYTHERAPY PROSTAT BERJARI-JARI 2 CM MENGGUNAKAN SOFTWARE MCNP5 DENGAN MODEL SEED IMPLANT ISOAID ADVANTAGE™ IAPd-103A. Simulasi pengukuran distribusi dosis serap pada brachytherapy prostat berjari-jari 2 cm menggunakan MCNP5 dengan model seed implant Advantage™ IAPd-103A telah berhasil dilakukan. Sumber radioaktif yang digunakan dalam simulasi ini adalah ¹⁰³Pd yang memiliki energi emisi gamma sebesar 20,8 keV dengan waktu paruh 16,9 haridan memiliki aktivitas sebesar 4 mCi. Kanker prostat dimodelkan berbentuk bola berjari-jari 2 cm, dengan penanaman seed implant ¹⁰³Pd maksimal 24,4 hari kanker prostat menyerap dosis sebesar 2,172 Gy . Dosis letal menggunakan ¹⁰³Pd sebesar 125 Gy dicapai dengan penanaman seed implant sebanyak 59 buah.

Kata kunci : dosis serap, brachytherapy prostat, MCNP5, IsoAid Advantage™ IAPd-103A, ¹⁰³Pd

ABSTRACT

SIMULATION OF MEASUREMENT ABSORBED DOSE ON PROSTAT BRACHYTHERAPY WITH RADIUS OF PROSTATE 2 CM USING MCNP5 WITH SEED IMPLANT MODEL ISOAID ADVANTAGE™ IAPd-103A. Simulation of measurement absorbed dose on prostate brachytherapy with radius of prostate 2 cm using MCNP5 with seed implant model IsoAid Advantage™ IAPd-103A has been conducted. ¹⁰³Pd used as a radioactive source in the seed implant and it has energy gamma emission 20,8 keV with half live 16,9 days and has activity 4 mCi. The prostat cancer is modeled with spherical and it has radius 3 cm, after planting the seed implant ¹⁰³Pd over 24,4 days, prostat cancer has absorbed dose 2,172Gy. Lethal dose maximum use ¹⁰³Pd is 125 Gy and it was reached with 59 seeds.

Keywords : absorbed dose, prostate brachytherapy, MCNP5, IsoAid Advantage™ IAPd-103A, ¹⁰³Pd

PENDAHULUAN

Kanker adalah jenis penyakit yang berbahaya dan mematikan. Kanker adalah salah satu jenis tumor yang berbahaya. Tumor merupakan istilah yang dipakai dalam dunia kedokteran untuk semua bentuk pembengkakan atau benjolan di dalam tubuh. Tumor sendiri dibedakan menjadi tumor jinak dan tumor ganas yang sering disebut kanker. Kanker adalah jenis dari tumor yang mengalami pertumbuhan abnormal dalam membelah diri untuk membuat sel baru. Sel kanker memiliki tingkat pembelahan diri yang sangat tinggi dibandingkan dengan sel sehat. Namun sel kanker memiliki tingkat kematangan sel yang rendah. Tingkat kematangan sel adalah kemampuan sel untuk menjalankan secara lengkap dan sempurna dari fungsi hidup organel di dalam sel[1].

Kanker prostat adalah salah satu jenis kanker yang dapat diobati menggunakan teknik *brachytherapy*. Kelenjar prostat terletak di bawah kandung kemih dan di depan rektum. *Brachytherapy* prostat adalah terapi radiasi yang dapat memfokuskan berkas radiasi tepat mengenai prostat dan meminimalkan efek yang diterima oleh kandung kemih dan rektum. Kelenjar prostat juga terletak cukup dekat dengan permukaan kulit dari tubuh. Ini dapat mempermudah untuk proses peletakan *seed implantbrachytherapy* di dalam prostat pada saat proses pembedahan[2].

Terapi radiasi merupakan salah satu penanganan awal untuk terapi kanker pada stadium awal. Teknik pengobatan untuk menghancurkan sel kanker dengan radiasi pengion dibedakan menjadi dua yaitu radiasi eksternal dan radiasi internal. Radiasi eksternal adalah cara pengobatan sel kanker dimana

sumber radiasi yang digunakan untuk menghancurkan sel kanker diletakkan diluar tubuh. Sedangkan radiasi internal adalah teknik pengobatan sel kanker dimana sumber radiasi diletakkan atau bahkan ditanam secara permanen didalam tubuh[1]. Sumber radiasi pada pengobatan internal radiasi biasanya menggunakan *seed implant* yang berisi bahan radioaktif tertentu.

Penentuan dosis yang aman untuk organ tertentu dalam *brachytherapy* sangat penting untuk diperhatikan. Beberapa penelitian telah dikembangkan untuk memperkirakan dosis serapan untuk tumor dan distribusi dosis serapan dari tumor dan efek sampingnya ke organ normal. Penelitian tentang perhitungan dosis serapan bertujuan untuk memperoleh dosis maksimum pada sel kanker tanpa melukai jaringan disekitarnya. Jika pemberian dosis berlebihan maka beresiko membahayakan jaringan sehat yang lain, namun jika pemberian dosis kurang maka pengobatan dirasa kurang efektif.

Monte Carlo N' Particle version 5 (MCNP5) dibuat oleh *Los Alamos National Laboratory*, Los Alamos, New Mexico. MCNP5 merupakan software komputer dengan menggunakan metode Monte Carlo. Metode monte carlo adalah metode statistik yang menggunakan *random walk* atau langkah-langkah acak untuk menyimulasikan perjalanan partikel mulai dari partikel tersebut hidup ketika dilepaskan dari sumbernya sampai partikel mati karena lepas, terserap, dan sebagainya[4].

Dari segi fisis, terdapat tiga macam hasil interaksi foton dengan materi, yaitu efek fotolistrik, efek Compton dan produksi pasangan[5]. Ketiga interaksi di atas mengakibatkan ionisasi yang mampu berinteraksi dengan jaringan tubuh. Suatu jaringan bila terkena radiasi, akan menyerap energi radiasi dan akan menimbulkan ionisasi atom-atom. Ionisasi tersebut dapat menimbulkan perubahan kimia dan biokimia. Pada akhirnya proses ionisasi akan menimbulkan kerusakan biologi. Kerusakan biologi sel yang terjadi itu dapat berupa kerusakan kromosom, mutasi, perlambatan pembelahan sel dan kehilangan kemampuan untuk memproduksi[6].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis serap pada organ prostat menggunakan *single seed implant*. Serta untuk mengetahui hubungan antara jarak dan seper kuadrat jarak dari *seed implant* dengan dosis serap yang diterima organ disekitar *seed*. Dalam lingkup penelitian pengobatan sel kanker, studi tentang pemodelan sel kanker adalah salah satu metode yang dilakukan oleh seorang fisikawan medis dalam menangani pengobatan terhadap sel kanker. Pemodelan dari sel kanker itu sendiri juga beragam bentuk pendekatannya. Mulai dari sebuah pemodelan yang paling sederhana hingga bentuk pemodelan yang menyerupai bentuk fisik sebenarnya. *Monte Carlo N-Particle* (MCNP) adalah

salah satu *software* yang digunakan untuk simulasi penentuan dosis serap suatu radioisotop.

Penelitian menggunakan *software* MCNP5 sebelumnya telah dilakukan oleh Rianaris[9] (2011) tentang penentuan dosis serap pada *brachytherapy* prostat menggunakan sumber ^{125}I berbentuk titik. Penelitian lain juga oleh Lintang[10] (2012) tentang penentuan distribusi dosis serap mikro kapsul ^{131}Cs *single seed* pada *brachytherapy* prostat. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pengukuran dosis serap radioaktif ^{103}Pd *single seed* pada *brachytherapy* prostat dengan prostat berjari-jari 2 cm.

TATA KERJA

Penentuan dosis serap (D) dilakukan dengan cara perhitungan menggunakan luaran simulasi yang berupa energi deposisi (E) per transformasi yang masih harus diolah lagi untuk mendapatkan nilai dosis serap. Luaran energi deposisi per transformasi tersebut masih dalam satuan MeV/Trans dan harus dikonversi ke satuan Joule/Trans.

Infomasi yang didapat dari *phantom* ORNL-MIRD sudah disertai dengan volume (V) organ dan densitas (ρ), maka massa (m) tiap organ dapat diketahui dengan persamaan (1) :

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \times V \quad (1)$$

$$D = \frac{E}{m} \quad (2)$$

Sehingga nilai dosis serap dapat dihitung menggunakan persamaan (2). Satuan yang didapat dari perhitungan tersebut dalam Gray/Trans. Agar didapatkan nilai dosis serap dalam satuan Gray maka harus dikalikan dengan aktivitas awal (A_0) atau sering disebut dengan bilangan transformasi (U_s) seperti pada persamaan (3) :

$$U_s = A_0 \frac{T_{1/2}}{0,693} \quad (3)$$

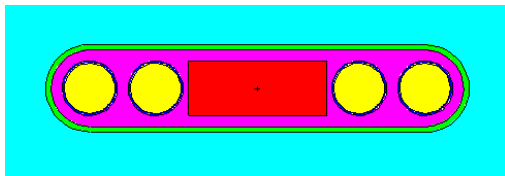
dengan $T_{1/2}$ adalah waktu paruh dari radioaktif dan $\frac{T_{1/2}}{0,693}$ menyatakan umur hidup radioaktif[4].

Geometri *seed implant* mengacu pada model *seed* yang dikeluarkan oleh perusahaan IsoAid dengan lisensi dari *American Association of Physicist in Medicine* (AAPM) sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Didalam satu *seed implant* ^{103}Pd terdapat empat buah sumber radioaktif ^{103}Pd yang berbentuk bola yang diselubungi oleh *polystyrene* ^{12}C . Masing-masing bola radioaktif tersebut berdiameter 0,5 mm

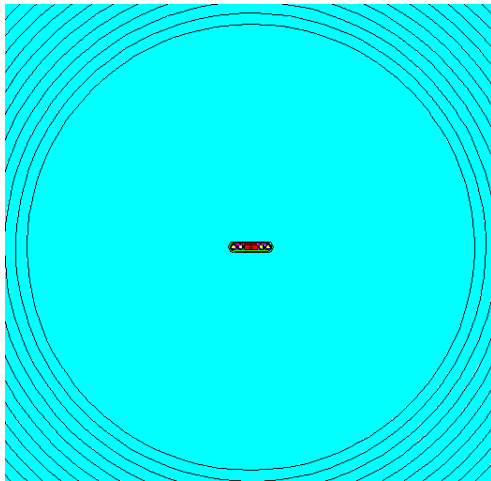
dengan tebal selubung *polystyrene* 0,02 mm dan sisanya diisi dengan bahan radioaktif ^{103}Pd .

Empat bola ^{103}Pd tersebut dibagi menjadi dua yang dipisahkan oleh penanda X-ray. Penanda X-ray tersebut terbuat dari perak dengan diameter 0,5 mm dan sepanjang 1,25 mm. Keempat sumber radioaktif ^{103}Pd dan penanda X-ray tersebut dibungkus dengan selongsong titanium setebal 0,05 mm, berdiameter 0,8 mm dan sepanjang 4,5 mm[7].

Partikel foton yang disimulasikan adalah sebanyak 2.000.000 buah. Dengan jumlah partikel tersebut diharapkan standar deviasi yang diperoleh dibawah 2%. Tally yang digunakan adalah *f8 untuk menghitung besarnya energi terdeposisi. Penentuan dosis serap atas variasi jarak seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Geometri IsoAid AdvantageTM IAPd-103A.

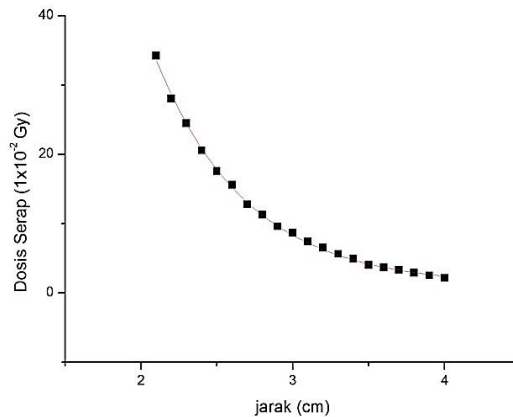


Gambar 2. Geometri Penentuan Dosis Serap pada Prostat berjari-jari 3 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Organ prostat diasumsikan berbentuk bola dengan jari-jari 2 cm dan sudah terkena kanker pada saat simulasi dilakukan. Perhitungan energi deposisi menggunakan *software* MCNP5 dan visualisasi pemodelan menggunakan *software* Visual Editor (*Vised*).

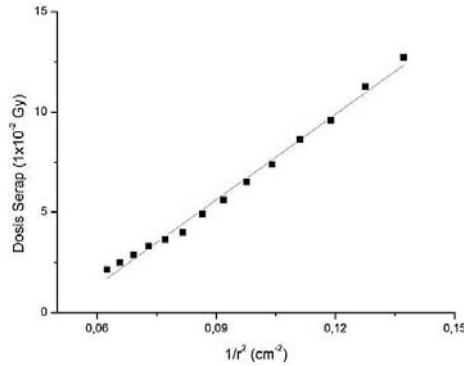
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dosis serap di dalam kanker prostat untuk variasi jarak tertentu yang diukur disekitar *seed implant*. Hasil pengukuran dosis serap terhadap variasi jarak terlihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara jarak dengan dosis serap.

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa besarnya dosis serap di dalam organ tubuh akan menurun secara eksponensial terhadap jarak dari *seed implant*. Hubungan jarak dengan dosis serap tersebut diwakili dengan persamaan $y = 1066,6 \exp(-1,66058x) + 0,21106$ dengan y menyatakan dosis serap dalam satuan Gy dan x menyatakan jarak dari *seed implant* dalam satuan cm. Nilai R^2 dari *trend line* pada Gambar 3 adalah 0,99902 yang menunjukkan bahwa *reliability* dari titik-titik ordinat grafik mendekati nilai sempurna. Dari grafik pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa *brachy therapy* memberikan dosis yang relatif kecil untuk organ-organ sehat disekitar organ kanker.

Semakin jauh jarak dari *seed implant* maka radiasi dari sumber radioaktif dapat dianggap sebuah titik yang memiliki sebaran radiasi homogen ke segala arah. Dengan kata lain dosis serap untuk organ yang jauh dari *seed implant* akan naik secara linear berbanding lurus dengan seper kuadrat jarak. Hubungan antara seper kuadrat jarak dengan dosis serap ditunjukkan pada Gambar 4. Hubungan seper kuadrat jarak diwakili persamaan $y = 142,27x - 7,17747$ dengan y merupakan dosis serap dan x adalah seper kuadrat jarak dari *seed implant*. Nilai R^2 dari *trend line* pada Gambar 4 adalah 0,99251 yang juga menunjukkan bahwa nilai *reliability* dari titik-titik ordinat grafik tersebut mendekati nilai sempurna yaitu $R^2 = 1$.



Gambar 4. Grafik hubungan antara sepekuadrat jarak dengan dosis serap.

Selain menganalisa distribusi dosis serap dari sumber radioaktif ^{103}Pd terhadap jarak dan sepekuadrat jarak, hasil simulasi ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah *seed* optimal yang dibutuhkan untuk mencapai dosis letal sebesar 125 Gy.

Untuk menentukan jumlah *seed* optimum yang dibutuhkan, terlebih dahulu harus menghitung besarnya dosis serap yang diterima oleh kanker prostat untuk *single seed* yang digunakan. Output dari simulasi ini masih berupa energi deposisi dalam satuan MeV/Trans. Untuk mendapatkan besarnya dosis serap, energi deposisi yang didapat harus dikonversi dalam satuan joule/Trans dan membaginya dengan massa organ prostat dalam satuan kg. Hasilnya akan didapat dosis serap dalam satuan Gy/Trans. Untuk mendapatkan nilai dosis serap total, dosis serap tersebut harus dikalikan dengan bilangan transformasi.

Besarnya dosis serap total yang diterima organ kanker prostat berjari-jari 2 cm untuk *single seed implant* adalah sebesar 2,127 Gy. Sedangkan, Oleh *Prostate Cancer Research Institute* (PCRI) ditetapkan dosis maksimal *brachytherapy* yang diberikan adalah 145 Gy untuk terapi tunggal dengan *seed implant* ^{125}I dan 125 Gy untuk ^{103}Pd [10]. Dengan membagi dosis serap maksimal 125 Gy dengan dosis serap sebesar 2,127 Gy/*seed* akan didapatkan jumlah *seed* optimum sebanyak 59 buah *seed implant*.

Setelah didapatkan jumlah *seed* optimal sebanyak 59 buah, tidak sekaligus semua *seed* tersebut langsung ditanam didalam organ prostat. Praktisi medis yang ahli dibidangnya akan mengontrol laju dosis dan jumlah *seed* yang ditanam hingga total *seed* terakumulasi mencapai 59 *seed*. Penentuan jumlah *seed* optimal dalam penelitian ini masih dalam tahap mendasar, sehingga perlu dibutuhkan simulasi pemodelan yang lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa dosis serap yang diterima suatu organ memiliki hubungan eksponensial terhadap jarak dan linear terhadap sepekuadrat jarak dari *source seed implant*. Serta dosis serap yang diterima oleh kanker prostat berukuran 2 cm sebesar 2,127 Gy untuk *single seed implant* yang digunakan. Dosis maksimal sebesar 125 Gy dapat dicapai setelah penanaman *seed* terakumulasi sebanyak 59 buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert, A., Jonson, A., Lawis, J., Raff, M., Robert, K., Walter, P. *Molecular Biology of the Cell*, 5th edition, Garland, Science, 2007.
- Mahadi, E.D, Widjanarko, S. *Penanganan Karsinoma Prostat di RSUD dr. Moewardi Surakarta selama Januari 2000-Desember 2006*, *JURI*, 16(1):25-28, 2009.
- Booth, T.E., Brown, F.B., Bull, J.S., Cox, L.J., Foster, R.A., Goorley, J.T., Hughes, H.G.,....., and Roberts, T.L., *MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5*. Los Alamos National Laboratory: New Mexico, 2003.
- Cember, H., Johnson, T.E., *Introduction Health Physics Fourth Edition*. United State: McGraw-Hill, 2009.
- Tjokronagoro, M., *Biologi Sel Tumor Maligna*. Yogyakarta : Fakultas Kedokteran UGM, Yogyakarta, 2001.
- Smith, F.A., *A Primer in Applied Radiation Physics*, London: Queen Mary & Westfield College, 2000.
- Sowards, K., *Monte Carlo Dosimetric Characterization of the IsoAid ADVANTAGE ^{103}Pd Brachytherapy Source*. *J. Appl. Clin. Med. Phys.*, Vol. 8, No. 2 (Spring), hal 18-25, 2007.
- Rianaris, A., *Simulasi Penentuan Dosis Serapan Pada Brachytherapy Prostat Menggunakan Software MCNP5*, Skripsi: Sarjana Sains Fisika. Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2011.
- Lintang, I.N., *Simulasi Penentuan Distribusi Dosis Serapan Mikro Kapsul ^{131}Cs Brachytherapy Prostat Menggunakan MCNP5*, Skripsi: Sarjana Sains Fisika. Surakarta: Unibersitas Sebelas Maret, 2012.
- Grimm, P., Heaney, C., Sylvester, J., Blasko, J., *Prostate Seed Implantation for Prostate Cancer*, *PCRI Insight*, Vol.6, No.4, November 2003.