

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknik nuklir dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang kehidupan. Salah satunya yaitu untuk keperluan medis. Aplikasi teknik nuklir yang digunakan pada dasarnya memanfaatkan energi dari radiasi pengion, baik yang berasal dari pesawat sumber radiasi pengion maupun dari radionuklida tertentu. Dalam bidang kedokteran, pemanfaatan teknik nuklir meliputi tindakan-tindakan radiodiagnostik, radioterapi, dan kedokteran nuklir.

Sejak ditemukan sinar-X pada tahun 1895 oleh W. C. Rontgen dan dikenalnya sifat radioaktivitas oleh Marie Curie dan Henri Becqueurel, penggunaan radiasi sebagai salah satu modalitas pengobatan penyakit kanker telah berkembang dengan pesat (Rizani, 2012). Penyembuhan pasien kanker dengan radiasi pertama kali dilaporkan pada tahun 1899, sejak saat itu penggunaan radiasi untuk terapi kanker terus mengalami perkembangan secara terus-menerus. Radiasi pengion dimanfaatkan untuk pengobatan penyakit kanker karena interaksi radiasi pengion dengan jaringan dapat mengakibatkan kematian sel, baik secara langsung atau tidak langsung (Anam, 2011). Hal inilah yang merupakan dasar dari penggunaan radioterapi. Radioterapi memanfaatkan sifat sensitivitas sel kanker, dimana sebagian sel kanker tersebut lebih sensitif dibandingkan sel sehat. Oleh karena itu, terapi dengan radiasi merupakan salah satu metode pengobatan kanker yang umum digunakan.

Linac (*Linear Accelerator*) tidak menggunakan sumber radioaktif seperti pada pesawat teleterapi cobalt dan cesium sehingga penggunaannya dirasa lebih aman. Selain itu, linac dapat menghasilkan foton sinar-X energi tinggi sehingga dapat meminimalisasi efek radiasi pada kulit dan jaringan permukaan, namun tetap efektif untuk menyembuhkan tumor atau kanker yang letaknya lebih dalam di

bawah permukaan kulit (Hsu, 2010). Karena alasan itulah, kini radioterapi dengan linac sudah menggantikan posisi pesawat cobalt dan cesium dan juga menjadi alternatif penyembuhan tumor/kanker selain dengan operasi ataupun kemoterapi. Akan tetapi, linac yang dioperasikan lebih dari 8 – 10 MV, selain menghasilkan foton energi tinggi, juga dapat menghasilkan radiasi tambahan berupa neutron (Vikovic, 2010).

Neutron dapat dihasilkan melalui reaksi fotonuklir (γ, n) antara foton energi tinggi dengan inti atom bahan bernomor atom (Z) tinggi, seperti bahan target tungsten (W), pada kolimator timah (Pb) dan besi (Fe), serta bagian-bagian lain di dalam kepala linac. Neutron-neutron yang dihasilkan memiliki jangkauan energi yang lebar, tetapi paling banyak adalah neutron cepat dengan puncak energi di sekitar 1 – 2 MeV. Adanya dosis neutron ini dapat meningkatkan dosis radiasi pasien selama proses terapi dan jika mengenai organ tubuh yang sehat akan berpeluang untuk menimbulkan kanker sekunder atau penyakit non-kanker lainnya. Hal ini karena neutron termasuk jenis radiasi pengion, bahkan neutron cepat memiliki nilai faktor bobot radiasi 20 sehingga lebih menyebabkan kerusakan daripada foton yang hanya memiliki nilai faktor bobot radiasi 1 (Al-Othmany, 2010).

Dalam bidang fisika medis, perhitungan fluks dan dosis dapat dilakukan dengan metode Monte Carlo. Metode tersebut merupakan perhitungan dosis per partikel radiasi yang mengenai suatu material. Metode Monte Carlo merupakan metode yang menggunakan *random sampling* dari distribusi probabilitas yang ingin diketahui untuk menyelesaikan permasalahan yang tidak memungkinkan dapat diselesaikan secara analitik. Probabilitas tersebut berhubungan dengan *cross-section* dari suatu partikel baik elektron maupun sinar-X (foton) saat mengenai volume materi yang banyak digunakan dalam radioterapi. Dengan metode Monte Carlo, perjalanan masing-masing partikel akan diperhatikan sampai partikel tersebut diserap oleh materi (Pawiro, Wahoni, & dkk, 2009).

Salah satu pengembangan sistem perhitungan metode Monte Carlo adalah dengan *software* FLUKA (*FLUktuierende KAskade*). FLUKA adalah *software* yang mampu mensimulasikan *transport* partikel dan interaksi terhadap materi seperti partikel hadron, ion berat, dan partikel elektromagnetik dengan energi tinggi. FLUKA pertama kali dikembangkan tahun 1987 oleh Organisasi Eropa untuk Penelitian Nuklir (CERN) dan Institut Itali untuk Fisika Nuklir (INFN).

Pada tahun 2018 telah dilakukan studi distribusi fluks neutron yang dihasilkan Linac pada medium air. Penelitian dilakukan untuk menentukan sebaran fluks neutron termal dan tanggapan energi pada jejak. Pengukuran menggunakan *phantom* berukuran $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$. Penyinaran dilakukan dengan menempatkan *phantom* di bawah *gantry* Linac dengan jarak SSD 10 cm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin jauh dari sumber semakin berkurang nilai fluks neutron akibat proses tumbukan (Chomsin & Bunawas, 2018).

Pada penelitian ini, dibuat simulasi reaksi fotonuklir dengan *phantom* air menggunakan metode Monte Carlo dengan *software* FLUKA. Simulasi reaksi fotonuklir untuk menganalisis pengaruh energi elektron terhadap *fluence* neutron menggunakan geometri target, *collimator* berbentuk kerucut dan *phantom* berbentuk silinder. Untuk penelitian dibutuhkan beberapa masukan yang meliputi geometri, definisi sumber yang digunakan, banyaknya partikel dan pemilihan kartu *photonuclear*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah pokok yang akan diungkap adalah analisis fluks neutron dan pengaruh variasi energi sumber radiasi terhadap distribusi *fluence* menggunakan *software* FLUKA.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Metode yang digunakan adalah metode Monte Carlo.
- b. *Software* yang digunakan adalah FLUKA.

- c. Pemodelan target, *collimator* dan *phantom* menggunakan *user interface Flair*.
- d. Pemodelan *phantom* menggunakan *Right Circular Cylinder* (RCC) atau silinder dengan ukuran diameter 14 cm dan panjang 30 cm, dengan *collimator* berbentuk kerucut dan target dengan tebal 1 cm.
- e. Jarak *collimator* dengan *phantom* 18 cm.
- f. Sumber radiasi yang menggunakan variasi 14 MeV, 16 MeV, 18 MeV dan 20 MeV.
- g. Material yang digunakan pada *phantom* adalah air.
- h. Pengaruh variasi energi sumber radiasi terhadap distribusi *fluence*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menganalisis *fluence* neutron, *fluence* foton, dan *fluence* elektron. Serta mengetahui pengaruh variasi energi sumber radiasi terhadap distribusi *fluence* menggunakan *software* FLUKA dengan metode Monte Carlo.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan dua metode data yaitu:

- a. Studi Literatur

Metode pengumpulan data yang digunakan sebagai langkah awal dalam penelitian berupa pengumpulan informasi materi yang berhubungan dengan penelitian. Beberapa jurnal, skripsi, tesis dan *paper* digunakan sebagai referensi.

- b. Simulasi

Dalam simulasi ini digunakan *software* FLUKA dengan metode Monte Carlo. Dibuat model *phantom* silinder, dan *collimator* kerucut menggunakan material *Water* pada program *Flair*. Hasil simulasi berupa kurva distribusi *fluence*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa subbab, yaitu:

BAB I Pendahuluan

Pendahuluan mendeskripsikan penelitian yang dilakukan berupa latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berisi landasan teori sebagai hasil dari literatur yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini menjelaskan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta metode dalam pengambilan data.

BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada bab ini akan ditampilkan hasil dari penelitian dan analisis dari data yang diperoleh dari penelitian.

BAB V Penutup

Pada bab ini penulis merangkum hasil yang didapatkan dalam bentuk kesimpulan dan ditambah dengan saran-saran untuk meningkatkan kemanfaatan penelitian ini.