

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker adalah sel yang pertumbuhan dan penyebarannya tidak terkontrol. Pertumbuhannya menyebar ke sekitar jaringan dan dapat bermetastasis pada tempat yang jauh. Penyakit kanker merupakan salah satu penyebab kematian utama di seluruh dunia. Pada tahun 2012, sekitar 8,2 juta kematian disebabkan oleh kanker. Kanker paru merupakan penyebab utama kematian akibat keganasan di dunia, kira-kira sepertiga dari seluruh kematian akibat kanker pada laki-laki. Di Amerika Serikat, terdapat 160.390 kematian akibat kanker paru pada tahun 2007. Hasil penelitian dari 100 rumah sakit di Jakarta, kanker paru merupakan kasus terbanyak pada laki-laki dan nomor 4 terbanyak pada perempuan, tetapi merupakan penyebab kematian utama pada laki-laki dan perempuan (KNPK, 2015). Menurut data registrasi RS. Kanker Dharmas selama tahun 2010-2013, kanker paru merupakan salah satu penyakit terbanyak setelah kanker prostat, kanker payudara, dan kanker serviks (Kemenkes, 2015).

Penanganan kanker dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti operasi pembedahan, kemoterapi, dan terapi radiasi. Terdapat dua jenis terapi yang dapat dilakukan, yaitu radiasi eksternal (*radiotherapy*) dan radiasi internal (*brachytherapy*). Menurut keputusan Kepala BAPETEN No. 21 tahun 2002, radioterapi adalah suatu cara untuk menyembuhkan atau mengurangi rasa sakit (kuratif dan paliatif) pada penderita penyakit kanker dengan menggunakan radiasi pengion. Hal tersebut merupakan aplikasi teknologi nuklir pada bidang kesehatan. Nuklir merupakan salah satu sumber energi primer yang disediakan oleh Allah. Menurut para ilmuwan salah satu yang memicu terbentuknya alam semesta, atau dengan kata lain alam semesta yang ada saat ini merupakan hasil dari proses reaksi nuklir. Kata nuklir

sendiri berasal dari kata *nuclear* yang berarti inti atom (*nuclear = nucleus*). Ukuran atom yang sangat kecil sebesar 1 Å atau 10^{-10} meter.

Dalam Al-Qur'an atom lebih dikenal dengan sebutan "zarah". Seperti yang tertera pada Q.S. Yunus : 61, bahwa "Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Qur'an dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)". Atom tersusun dari beberapa partikel seperti proton, elektron, dan neutron. Hal tersebut sesuai dengan Q.S. Al-Qamar : 49, disebutkan juga bahwa Allah menciptakan segala sesuatu dengan ukuran. Maka kemudian diketahui bahwa proton, elektron, dan neutron juga memiliki ukuran meskipun sangat kecil. Energi nuklir dalam era modern ini telah dimanfaatkan oleh manusia dalam berbagai aspek, mulai energi, industri, kesehatan, pertanian dan makanan. "Dan kamilah yang telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (kami menciptakan pula) mahluk mahluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya" Q.S. Al-Hijr : 20. Namun tidaklah bermanfaat apabila manusia tidak menggunakannya secara bijaksana, dan bahkan sumber-sumber tersebut dapat mendatangkan bencana dan malapetaka.

Beberapa jenis alat penghasil radiasi digunakan dalam radioterapi, seperti pesawat teleterapi cobalt dan cesium yang menghasilkan radiasi gamma, serta pesawat *linear accelerator (linac)* yang menghasilkan sinar-X. Saat ini, peran pesawat teleterapi cobalt dan cesium mulai tergantikan oleh pesawat *linac*. Hal ini dikarenakan pesawat *linac* tidak menggunakan sumber radioaktif, sehingga penggunaannya lebih aman dari sisi radiologi (Vukovic dkk., 2010).

Linac merupakan pesawat pemercepat elektron yang menghasilkan berkas elektron dan foton yang digunakan untuk menyinari kanker atau tumor yang berada pada jaringan tubuh. Pesawat *linac* memiliki variasi energi yang dapat digunakan sesuai kebutuhan dengan rentang energi foton 4 MV hingga 25 MV (Latifah dkk., 2013). Untuk terapi jenis kanker atau tumor yang letaknya lebih dalam, maka digunakan foton berenergi tinggi (Reft dkk., 2006; Takam dkk., 2011). Penggunaan *linac* dengan energi foton di atas 10 MV akan menghasilkan neutron cepat karena terjadi interaksi antara foton dengan inti atom suatu material dengan nomor atom (Z) tinggi, seperti target dari bahan tembaga (Cu), kolimator berbahan tungsten (W), *flattering filter* berbahan tembaga (Cu), *Multi Leaf Collimator* (MLC) berbahan tungsten (W), serta pelindung (*shielding*) kepala *linac* (Yani dkk., 2016). Emisi neutron dihasilkan dari reaksi fotoneutron (γ, n) antara foton dan inti suatu target. Ketika neutron cepat dihasilkan dari *linac* dan berhamburan mengenai dinding serta elemen-elemen lain dalam ruangan, termasuk pasien atau fantom, maka akan menjadi neutron epitermal ataupun termal (Sanchez-Doblado dkk., 2012). Neutron tersebut memiliki rentang energi kurang dari 1-2 MeV (Liu dkk., 1997). Emisi neutron tersebut yang dapat berpengaruh terhadap dosis radiasi yang diterima oleh pasien radioterapi.

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 denganampang lintang dari suatu partikel saat mengenai materi yang banyak digunakan dalam radioterapi.

Salah satu pengembangan sistem perhitungan metode Monte Carlo adalah dengan *software* MCNPX. MCNPX digunakan karena dapat menyimulasikan perjalanan partikel

neutron, elektron dan foton dalam suatu material tiga dimensi, kemudian dikonversi dalam besaran dosis radiasi. Karena neutron merupakan partikel sekunder *linac* akibat reaksi foneutron. Keberadaan neutron tidak hanya akan memberikan dosis tambahan bagi pasien tetapi juga dikhawatirkan akan memberi peluang munculnya kanker baru. Dalam penelitian ini, geometri fantom yang digunakan adalah fantom Antropomorfik.

1.2 Kerangka dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada penentuan fluks dan dosis neutron pada pasien radioterapi paru kanan menggunakan fantom antropomorfik. Fantom berjenis kelamin laki-laki ini disinari oleh berkas foton dari pesawat *linac* 15 MV pada jarak SSD (*Source to Skin Distance*) 100 cm. Penyinaran dilakukan dengan dua arah, yaitu saat sudut gantri *linac* 0° dan 180° dengan menggunakan perhitungan metode Monte Carlo pada *software* MCNPX.

1.3 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas diperoleh beberapa pokok masalah yang akan menjadi pembahasan dalam penelitian ini adalah :

- a. Berapa besar distribusi fluks dan dosis serap neutron pada tiap organ kritis pada pasien radioterapi paru kanan yang berjenis kelamin laki-laki menggunakan fantom antropomorfik yang disinari *linac* 15 MV dengan metode Monte Carlo pada *software* MCNPX?
- b. Bagaimana pengaruh dosis serap neutron yang diterima oleh pasien?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah maka perlu adanya pembatasan masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Program MCNPX yang digunakan hanya untuk mensimulasikan distribusi fluks dan dosis neutron yang diterima pasien radioterapi paru kanan dengan metode simulasi Monte Carlo.

- b. Neutron yang disimulasikan merupakan hasil pengukuran neutron dari pesawat *linac* 15 MV tipe Varian Clinac iX RS. Siloam Jakarta.
- c. Geometri fantom tubuh manusia berjenis kelamin laki-laki yang digunakan adalah model fantom antropomorfik.
- d. Efek radiasi neutron pada pasien secara biologi, serta upaya proteksi radiasi tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi fluks dan dosis neutron, berupa dosis serap, dosis ekuivalen serta dosis efektif pada 13 titik organ kritis pada fantom radioterapi paru kanan yang disinari *linac* 15 MV dengan metode Monte Carlo pada *software* MCNPX.

1.6 Metode Pengumpulan Data

1.6.1 Studi Literatur

Yaitu sebagai langkah awal dalam melakukan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan cara berdiskusi dengan fisikawan medis di beberapa rumah sakit dan membaca buku, jurnal ilmiah, skripsi, serta modul-modul yang terkait dengan penelitian ini.

1.6.2 Simulasi

Untuk memperoleh hasil yang diinginkan, maka diperlukan fantom antropomorfik untuk pemodelan geometri tubuh manusia berjenis kelamin laki-laki yang kemudian di *running* dengan *software* MCNPX.

1.7 Keterbaruan

Beberapa penelitian terkait yang telah ada seperti yang dilakukan C. Domingo dkk (2010) mengenai “*Neutron Spectrometry and Determination of Neutron Ambient Dose Equivalents in Different LINAC Radiotherapy Rooms*”. Penelitian tersebut menghasilkan *fluence* neutron dan

dosis ekuivalen rata-rata menggunakan spektrometer neutron yaitu BSS (*Bonner Sphere Spectrometer*), energi *linac* yang digunakan dari 15-23 MV dengan menggunakan beberapa tipe *linac*.

Penelitian selanjutnya, dilakukan oleh F. Sanchez-Doblado dkk (2012) mengenai “*Estimation of Neutron-Equivalent Dose in Organs of Patients Undergoing Radiotherapy by the Use of a Novel Online Digital Detector*”. Penelitian ini memakai metode Monte Carlo yang menghasilkan *fluence* neutron dan dosis ekuivalen pada 16 titik organ menggunakan fantom antropomorfik, dengan menggunakan variasi luas lapangan.

Selanjutnya, penelitian dilakukan oleh Azizah (2015) mengenai “Perkiraan Dosis dan Distribusi Fluks Neutron Cepat dengan Simulasi Monte Carlo MCNPX pada Fantom Saat Terapi *Linac* 15 MV”. Penelitian tersebut menggunakan sumber energi dari neutron cepat dari *linac* sebesar 1,2 MeV. Hasil penelitian tersebut diperoleh distribusi fluks dan dosis ekuivalen neutron pada empat arah penyinaran *linac*, yaitu saat gantri 0°, 90°, 180°, dan 270°.

Kemudian, penelitian yang dilakukan Muhammad Ibaddurahman (2015) mengenai “Perkiraan Dosis Pasien dari Fotoneutron *Linear Accelerator* Menggunakan Detektor TLD-600H dan TLD-100H”. Hasil penelitian tersebut diperoleh nilai dosis tertinggi terdapat pada daerah *isocenter* tubuh sebesar 53 mSv untuk dosis foton 2 Gy dan terdapat di daerah tulang belakang sebesar 83 mSv untuk dosis foton 3 Gy.

Dari keempat penelitian tersebut, terdapat perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang akan dilakukan menitikberatkan pada penentuan fluks dan dosis serap neutron saat pasien saat terapi radiasi dengan studi kasus pada radioterapi paru dengan teknik SSD 100 cm. Energi neutron yang digunakan bersifat polienergetik yang merupakan hasil keluaran dari *linac* 15 MV tipe Varian Clinac iX RS. Siloam Jakarta.

1.8 Sistematika Penulisan

Penyusunan penelitian ini dibagi menjadi beberapa urutan materi penulisan yang saling berkaitan, antara lain :

- BAB I Pendahuluan yang mendeskripsikan latar belakang, kerangka dan ruang lingkup, rumusan masalah, tujuan, metode pengumpulan data, keterbaruan, dan sistematika penulisan.
- BAB II Landasan Teori berisi tentang tinjauan pustaka mengenai radiasi, neutron, interaksi neutron dengan materi, MCNPX dan beberapa teori penunjang penelitian.
- BAB III Metode penelitian berisi proses penelitian untuk mendapatkan dosis dan fluks neutron menggunakan metode Monte Carlo pada *software* MCNPX.
- BAB IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil serta analisis dari penelitian mengenai distribusi dosis dan fluks neutron menggunakan metode Monte Carlo pada *software* MCNPX.
- BAB V Penutup berisi kesimpulan dari hasil penelitian beserta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.