

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, pemanfaatan zat radioaktif dalam berbagai bidang seperti industri, pertanian, hidrologi, arkeologi dan kedokteran terus mengalami peningkatan. Selain diperoleh dari alam, radionuklida dapat diproduksi melalui dua cara yaitu menggunakan fasilitas reaktor nuklir dan akselerator.^[1] Dalam reaktor nuklir, radionuklida dapat diproduksi dengan cara aktivasi dengan neutron maupun melalui hasil pembelahan inti (fisi) uranium. Sedangkan dalam fasilitas akselerator seperti siklotron, radionuklida dapat diproduksi dengan memanfaatkan berkas partikel bermuatan seperti proton, deuteron, He-4, He-3 dan partikel subatomik yang lain.

Pada tahun 1934, pasangan suami istri Jean Frederic Joliot dan Irene Joliot-Curie menemukan radionuklida buatan pertama yaitu ^{32}P yang merupakan suatu revolusi teknologi yang mengawali pemanfaatan teknik nuklir dalam berbagai bidang dalam kehidupan manusia. Dalam bidang kedokteran, penemuan tersebut kemudian dilengkapi dengan dirancangnya alat-alat deteksi radiasi seperti tabung Geiger-Muller (GM tube), pencacah sintilasi, *scanner*, *probes*, kamera gamma planar, SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) dan PET (*Positron Emission Tomography*).^[2] Selain itu, perkembangan lainnya adalah dalam teknologi penandaan (*labelling*) dan radiofarmasi, radiobiologi, imunologi, dan komputer atau sistem informatika, yang membawa para ahli medis mengembangkan ilmu dan teknologi kedokteran nuklir seperti yang dikenal sekarang ini.

Pemanfaatan radionuklida saat ini, hampir seluruhnya merupakan radionuklida buatan, dimana berkas neutron dengan fluks yang tinggi untuk produksi radionuklida dapat diperoleh dari reaktor nuklir sedangkan berkas partikel bermuatan dengan energi tinggi dapat diperoleh dari siklotron.^[3] Di bidang kesehatan, siklotron di Indonesia sudah banyak digunakan untuk produksi radionuklida yang bermanfaat untuk diagnosa kanker dan kelainan organ tubuh dengan menggunakan metode *Positron Emission Tomography* (PET) yang membutuhkan energi proton sekitar 9-18 MeV.^[4] Beberapa radionuklida yang dapat digunakan untuk tujuan PET antara lain radionuklida F-18 yang dapat diproduksi melalui reaksi nuklir $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ ^[5], radionuklida Cu-64 melalui reaksi nuklir $^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$ ^[6] dan masih banyak lagi. Selain itu, siklotron juga digunakan

untuk produksi radionuklida yang bermanfaat untuk *Single Photon Emission Computed Tomography* (SPECT) yang memerlukan berkas proton dengan energi yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan energi yang diperlukan untuk produksi radionuklida PET.^[7] Beberapa radionuklida yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan SPECT antara lain I-123 yang merupakan radionuklida pemancar sinar gamma yang dapat diproduksi melalui reaksi nuklir $^{123}\text{Te}(p,n)^{123}\text{I}$ dan $^{124}\text{Te}(p,2n)^{123}\text{I}$.^[8] Selain itu, radionuklida In-111 yang dapat diproduksi melalui reaksi nuklir $^{112}\text{Cd}(p,2n)^{111}\text{In}$ dan TI-201 melalui reaksi nuklir $^{203}\text{Tl}(p,3n)^{201}\text{Tl}$ juga dapat digunakan untuk tujuan SPECT.^[9]

Radionuklida yang sering dimanfaatkan untuk tujuan PET di beberapa Rumah Sakit di Indonesia yaitu radionuklida F-18 yang di peroleh dari iradiasi target air diperkaya H_2^{18}O dengan pengayaan sebesar 97% melalui reaksi nuklir $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ dengan menggunakan fasilitas akselerator yaitu siklotron.^[10] Radionuklida F-18 ini akan disintesis atau digunakan untuk penandaan radiofarmaka dalam bentuk ^{18}FDG ($2\text{-}^{18}\text{F}$ *fluoro-2-deoxy-d-glucose*) yang diperlukan dalam pencitraan PET (*Positron Emission Tomography*) untuk diagnosa klinis kelainan fungsi organ tubuh termasuk diagnosa kanker.

Produksi radionuklida F-18 menggunakan berkas energi proton yang dipercepat dalam siklotron berpotensi menghasilkan impuritas radionuklida dari sistem target seperti kolimator yang terbuat dari *stainless-steel*, foil target (*havar window*), dan bodi target yang terbuat dari perak.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan pengukuran terhadap besarnya kuantitas impuritas dalam produksi radionuklida F-18 berdasarkan besarnya dosis iradiasi yang diberikan, sehingga penulis memilih topik tersebut untuk dijadikan penelitian tugas akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Dosis Iradiasi Proton Terhadap Kuantitas Impuritas dalam Produksi Fluor-18”. Dengan menganalisis *yield* F-18 hasil iradiasi target air diperkaya dengan berkas proton dan menganalisis pengaruh variasi dosis iradiasi proton terhadap radionuklida pengotor atau impuritas dalam produksi F-18 dapat diperoleh radionuklida F-18 yang akan disintesis untuk penandaan radiofarmaka dalam bentuk ^{18}FDG ($2\text{-}^{18}\text{F}$ *fluoro-2-deoxy-d-glucose*) yang diperlukan dalam pencitraan PET (*Positron Emission Tomography*) untuk diagnosa klinis kelainan fungsi organ tubuh.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa *yield* radionuklida F-18 yang diperoleh dari iradiasi target air diperkaya dengan berkas proton?
2. Bagaimana pengaruh variasi dosis iradiasi proton terhadap kuantitas impuritas/pengotor dalam produksi F-18?
3. Apa saja radionuklida pengotor yang dihasilkan dalam produksi F-18?
4. Berapa *yield* radionuklida pengotor yang dihasilkan dalam produksi F-18?
5. Bagaimana hasil sisa radionuklida pengotor dalam larutan ^{18}FDG (*fluoro deoxy glucose*)?

1.3 Batasan Masalah

Tugas akhir ini akan difokuskan pada hasil radionuklida yang diperoleh dari iradiasi berkas proton terhadap target air diperkaya yang meliputi analisis pengaruh variasi dosis iradiasi proton terhadap kuantitas impuritas dalam produksi fluor-18 dan analisis besarnya *yield* F-18, radionuklida pengotor yang dihasilkan dalam produksi F-18 dan sisa impuritas dalam larutan FDG yang akan dimanfaatkan dalam pencitraan PET (*Positron Emission Tomography*) untuk diagnosa klinis kelainan fungsi organ tubuh.

1.4 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis radionuklida pengotor atau impuritas dalam produksi F-18.
2. Mengetahui pengaruh variasi dosis iradiasi proton terhadap kuantitas impuritas dalam produksi F-18.
3. Menganalisis *yield* radionuklida F-18 hasil iradiasi target air diperkaya dengan berkas proton.
4. Menganalisis sisa impuritas dalam larutan ^{18}FDG (*fluoro deoxy glucose*).

Hal ini perlu dilakukan agar dapat mengetahui apa saja radinuklida pengotor yang dihasilkan dari iradiasi berkas proton terhadap target air diperkaya sehingga dapat diperoleh larutan FDG yang aman dan berkualitas sehingga dapat digunakan dalam pencitraan PET (*Positron Emission Tomography*) secara aman untuk diagnosa klinis kelainan fungsi organ tubuh.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini digunakan dua metode pengumpulan data, yaitu :

- a. Studi Literatur, yaitu metode pengumpulan data yang merupakan langkah awal penelitian dengan mengumpulkan informasi materi yang berhubungan dengan penelitian. Beberapa makalah yang terbit dalam jurnal dan skripsi digunakan sebagai referensi. Data-data input seperti *sputtering yield*, jangkauan proton, daya henti proton, densitas bahan target, tampang lintang reaksi nuklir (fungsi eksitasi), *threshold energy* (energi ambang) disesuaikan dengan target yang digunakan yaitu air diperkaya (H_2^{18}O) dan radionuklida yang dihasilkan. Oleh karena itu, program SRIM-2013 dan TALYS-based evaluated nuclear data library (TENDL-2015) sangat diperlukan dalam penelitian ini.
- b. Eksperimen, yaitu metode pengumpulan data dengan cara melakukan pengukuran atau penelitian secara langsung terhadap target air diperkaya yang diiradiasi dengan berkas proton. Kemudian, radionuklida yang dihasilkan akan dianalisis dan akan dijadikan data eksperimen untuk penelitian tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembahasan pokok dari penelitian ini untuk setiap bab diuraikan secara singkat.

- BAB I Pendahuluan mendeskripsikan mengenai latar belakang mengenai pemanfaatan radionuklida dalam berbagai bidang, cara memproduksi radionuklida serta perkembangan produksi radionuklida medis yang digunakan di beberapa rumah sakit dengan menggunakan fasilitas akselerator seperti siklotron.
- BAB II Tinjauan pustaka berisi tentang karakteristik dari sistem target dalam siklotron dan radionuklida yang dihasilkan dari iradiasi berkas proton terhadap target dan teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian.
- BAB III Metode Penelitian berisi tentang proses penelitian secara lengkap tentang produksi radionuklida F-18 berbasis siklotron.
- BAB IV Hasil dan pembahasan berisi tentang tampang lintang hasil reaksi nuklir yang dihitung menggunakan program TALYS (TENDL-2015), jangkauan dan daya

henti proton dalam target $H_2^{18}O$, analisis atom yang terecoil akibat iradiasi berkas proton yang disimulasikan dengan program SRIM-2013, beberapa spektrum yang dihasilkan dalam produksi F-18, pengaruh variasi dosis iradiasi proton terhadap kuantitas impuritas dalam produksi Fluor-18, serta besarnya *yield* radionuklida F-18 dan radionuklida pengotor dalam produksi F-18 dan sisa impuritas dalam larutan FDG.

BAB V

Penutup berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya.

