

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pemanfaatan berbagai sumber radiasi harus dilakukan secara cermat dan memenuhi ketentuan keselamatan kerja. Terdapat tiga strategi dasar prinsip proteksi radiasi, yaitu mengurangi waktu interaksi dengan sumber radiasi, memposisikan diri sejauh mungkin dari sumber radiasi, dan menggunakan alat perisai radiasi (Japeri et al., 2016). Salah satu alat perisai radiasi adalah kaca mata. Pada dasarnya perisai radiasi memiliki prinsip mengurangi tingkat paparan radiasi berdasarkan interaksi radiasi dengan material. Material perisai radiasi harus disesuaikan dengan tingkat paparan radiasi (Sulisworo et al., 2014).

Radiasi gamma memiliki daya tembus yang lebih kuat dibandingkan dengan radiasi alfa dan beta (Gumilar et al., 2016). Radiasi memberikan efek terhadap tubuh manusia yang bergantung pada jumlah dosis yang diberikan, frekuensi pemberian dosis radiasi, serta sensitivitas

organ/sel terhadap radiasi (Surniyantoro, 2018). Hal ini dapat dilihat dari adanya peningkatan risiko katarak selama masa kerja dengan dosis ambang 0,5 Gy, dapat menginduksi munculnya risiko katarak pada lensa mata. Lensa mata merupakan bagian struktur mata yang paling sensitif terhadap radiasi (Andriani & Farid, 2020).

Untuk menangani hal tersebut, maka dikeluarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 tentang “Proteksi radiasi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir”. Pada pasal 15 huruf c dinyatakan bahwa nilai batas dosis untuk lensa mata rata-rata sebesar 20 mSv (dua puluh millisievert) per tahun dalam periode lima tahun dan 50 mSv (lima puluh millisievert) dalam satu tahun tertentu (Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2013).

Dalam hal proteksi radiasi terdapat mekanisme interaksi sinar gamma dengan material. Pada prinsipnya radiasi gamma hanya dapat dikurangi intensitasnya dengan material absorben yang semakin tebal. Penelitian baru-baru

ini menemukan bahwa beberapa material berdensitas tinggi mampu mengurangi radiasi gamma hingga setengahnya. Penentuan tebal perisai untuk mengurangi tingkat paparan radiasi dapat dipermudah dengan menggunakan *half value layer* (HVL) dan *tenth value layer* TFL (Almatari, 2019).

Kacamata perisai radiasi saat ini memiliki tingkat transparansi yang rendah, beban material yang berat dan tidak cocok digunakan oleh pekerja radiasi yang mengidap rabun jauh dan rabun dekat. Maka dari itu perlu adanya peningkatan performa kacamata perisai radiasi. Guna meningkatkan performa kacamata perisai radiasi maka sangat penting untuk memperbaiki ukuran, bentuk, dan sifat-sifat lainnya. Dengan menambahkan bahan berdensitas tinggi ke bahan seperti kaca mampu menghasilkan bahan dengan bentuk yang baik, lebih transparan, dan memiliki kemampuan menangkal radiasi yang lebih baik (Ersundu et al., 2018).

Kaca *tellurite* memiliki banyak kelebihan jika dibanding bahan kaca yang lain, seperti *silica* memiliki

range transmitansi pendek, *germanium* memiliki panjang gelombang panjang, dan *fluoride* bersifat tidak stabil dengan indeks bias rendah (M. Poulain and A. Soufiane & Y. Messaddeq and M. A. Aegerter, 1992). Sedangkan kaca *tellurite* memiliki kekuatan mekanik dan transmisi yang baik (El-Deen et al., 2008) serta memiliki nilai indeks bias yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem kaca lainnya (Massera, 2009). Hal-hal tersebut mencirikan bahwa kaca *tellurite* memiliki nilai transparansi optik yang lebih baik dibandingkan kaca lainnya. Selain itu, kaca *tellurite* juga memiliki berat yang lebih ringan (Sasmi et al., 2020). Oleh karena itu, peneliti mengusulkan penggunaan sistem material kaca yang mengandung kaca *tellurite* untuk diaplikasikan dalam kacamata proteksi radiasi. Hal lain yang menjadi latar belakang usulan dalam penelitian ini adalah karena material TeO_2 tidak mengalami vitrasi dalam kondisi pendinginan normal tanpa penambahan komponen sekunder (Neugeura, 2004).

Namun perlu diperhatikan untuk memperoleh stabilitas dari kaca, sistem material kaca harus terdiri dari *former*, *intermediate*, dan *modifer* (Karmakar, 2017). Oleh karena itu, kombinasi bahan yang berbeda diperlukan untuk membentuk kaca *tellurite* yang lebih baik. Dalam penelitian ini, material yang bertindak sebagai *former* adalah TeO_2 , material yang bertindak sebagai *intermediate* adalah (TiO_2 , MoO_3 , Bi_2O_3) dan material yang bertindak sebagai *modifer* adalah (ZnO , WO_3 , Bi_2O_3). *Modifer* bertindak sebagai oksida perantara dalam kaca dan dapat menjembatani jaringan *tellurite*. Pada penelitian ini akan diuji kekuatan perisai radiasi dari sistem kaca TeO_2 - TiO_2 - ZnO , WO_3 - MoO_3 - TeO_2 , dan Bi_2O_3 - B_2O_3 - TeO_2 jika diaplikasikan untuk kacamata perisai radiasi gamma.

Penelitian ini mengkaji sifat perisai radiasi dari sistem material kaca berdasarkan koefisien atenuasi massa, HVL, *mean free path* (MFP) dan nomor atom efektif. Adapun hal lain yang dikaji dalam penelitian ini adalah mekanisme interaksi radiasi gamma dengan materi yang meliputi

penyerapan fotolistrik, hamburan compton, dan produksi pasangan. Hal-hal tersebut dalam penelitian ini akan disimulasikan secara numerik menggunakan *software* PHITS (*Particle and Heavy Ion Transport Code System*) berbasis monte carlo. PHITS merupakan *software* yang dikembangkan oleh *Japan Atomic Energi Agency* (JAEA) yang digunakan untuk mensimulasikan hampir semua jenis partikel diantaranya neutron, proton, ion berat, foton, dan elektron (Sato et al., 2015). PHITS memiliki kecepatan yang lebih tinggi dalam mensimulasikan sistem kompleks, seperti radiasi yang dipancarkan oleh berbagai jenis partikel (García-Baonza et al., 2022). PHITS memiliki kemampuan untuk memprediksi dosis radiasi. PHITS dapat menghitung dosis radiasi yang diterima oleh bahan dan organisme hidup sebagai akibat dari interaksi partikel dengan bahan (Tatsuhiko Sato et al., 2022). Sehingga dalam penelitian ini akan didapatkan variasi terbaik dari perancangan lensa kaca sistem material kaca $\text{TeO}_2\text{-TiO}_2\text{-ZnO}$, $\text{WO}_3\text{-}$

MoO₃-TeO₂, dan Bi₂O₃-B₂O₃-TeO₂ yang memenuhi standar keselamatan.

B. Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini meliputi:

1. Jenis radiasi yang digunakan adalah radiasi gamma yang bersumber dari ⁶⁰Co dengan dan ¹³⁷Cs dengan aktivitas 50 mCi (Untara et al., 2002)
2. Variasi jarak sumber radiasi dengan kacamata perisai radiasi terletak pada jarak 50;65;80 cm (*Management of Disused Sealed Radioactive Sources*, 2014) dan 100 cm (Untara et al., 2002) dengan asumsi sumber sejajar dengan mata manusia.
3. Kacamata perisai radiasi memiliki ketebalan $2,5 \times 10^{-2}$; $7,5 \times 10^{-2}$; $8,5 \times 10^{-2}$ cm (Doria et al., 2020) 2×10^{-1} ; 3×10^{-1} (Lee et al., 2012) 4×10^{-1} ; 5×10^{-1} (Meister & Sheedy, 2010).
4. Material penyusun kacamata perisai radiasi gamma terbatas pada sistem material TeO₂-TiO₂-ZnO, WO₃-

$\text{MoO}_3\text{-TeO}_2$, dan $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2$ pada densitas tertentu.

5. Kinerja kacamata proteksi radiasi hanya difokuskan untuk mengurangi tingkat paparan radiasi gamma pada mata manusia.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh densitas dari sistem material kaca dalam mengurangi tingkat paparan radiasi gamma?
2. Bagaimana pengaruh ketebalan material lensa perisai radiasi gamma terhadap kinerjanya dalam mengurangi tingkat paparan radiasi gamma?
3. Bagaimana pengaruh sumber radioaktivitas yang memiliki aktivitas sama dengan energi berbeda terhadap dosis radiasi?
4. Bagaimana pengaruh pengaturan jarak sumber radiasi terhadap dosis efektif yang diterima oleh phantom mata.

D. Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi pengaruh densitas dari sistem material kaca terhadap efektivitasnya dalam mengurangi tingkat paparan radiasi gamma.
2. Mengevaluasi pengaruh ketebalan material lensa perisai radiasi gamma terhadap kinerjanya dalam mengurangi tingkat paparan radiasi gamma serta untuk menentukan ketebalan yang optimal dari material perisai radiasi gamma.
3. Mengetahui pengaruh sumber radioaktivitas yang memiliki aktivitas sama dengan energi berbeda terhadap dosis efektif yang diterima oleh phantom mata.
4. Mengetahui pengaruh pengaturan jarak terhadap nilai dosis serap dan kinerja kacamata perisai dalam mengurangi tingkat paparan radiasi gamma.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis

- a. Memberikan kontribusi dalam pengembangan standar keselamatan dan regulasi dalam penggunaan kacamata proteksi radiasi gamma di berbagai sektor.

2. Manfaat Teoretis

- b. Melengkapi kebutuhan informasi mengenai sistem material kaca khususnya untuk lensa kacamata proteksi radiasi gamma.
- c. Data dan coding dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk penelitian-penelitian berikutnya.