

BAB I PENDAHULUAN

2.1 Latar Belakang

Sinar-X telah menjadi hal yang penting dalam banyak bidang, terutama dalam bidang kedokteran untuk diagnosis dan pengobatan, industri dan penelitian ilmiah (Antic et al. 2014). Meskipun mempunyai manfaat yang besar, sinar-X dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius jika paparannya tidak dikontrol dengan baik. Oleh karena itu, bahan yang efektif menyerap sinar-X penting untuk melindungi manusia dan lingkungan dari efek berbahaya sinar-X. Saat ini, bahan konvensional seperti timbal sering digunakan sebagai pelindung radiasi. Namun, timbal mempunyai beberapa kelemahan (Thumwong, Darachai, and Saenboonruang 2022; Yang et al. 2020). Selain berat, timbal juga mahal, beracun, sulit didaur ulang, dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Kebutuhan akan bahan proteksi radiasi yang lebih ringan, ekonomis, dan ramah lingkungan semakin meningkat. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan, para peneliti dan pelaku industri mulai mencari bahan alternatif untuk memenuhi kebutuhan tersebut. (Bawazeer et al. 2023; Ihsani, Gareso, and Tahir 2024)

Kayu sebagai salah satu bahan alami yang melimpah dan dapat diperbaharui, mulai dilirik sebagai material alternatif dalam berbagai aplikasi ramah lingkungan (Poltabtim et al. 2021). Kayu memiliki struktur selulosa yang kompleks, yang memungkinkan variasi densitas dan ketebalan yang bisa disesuaikan untuk keperluan tertentu, termasuk penyerap radiasi (Zhu et al. 2022). Selain itu, kayu memiliki keunggulan dalam hal ketersediaan, biaya yang relatif rendah, dan dampak lingkungan yang minimal, mengingat kayu dapat dihasilkan melalui proses penanaman kembali yang berkelanjutan. Pemanfaatan kayu sebagai material pelindung radiasi didasarkan pada densitas pada kayu yang mempengaruhi kemampuannya untuk menyerap radiasi sinar-X. Material dengan densitas lebih tinggi memiliki lebih banyak atom per unit volume yang dapat berinteraksi dengan foton sinar-X, sehingga meningkatkan probabilitas penyerapan (Akbar, Armynah, and Tahir 2024).

Ketika sinar-X diarahkan pada suatu material, sebagian foton akan diteruskan, diserap, atau dipantulkan (Azman and Ramzun 2021). Material memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi, yang berarti energi dari radiasi tersebut akan dipindahkan ke dalam material. Jika foton radiasi memiliki energi yang cukup tinggi, elektron-elektron dalam material tersebut dapat terlepas dari atomnya. Namun, material tersebut didesain untuk menyerap radiasi, sehingga elektron-elektron yang terlepas akan segera bertumbukan dengan atom lain di dalamnya, kehilangan energi kinetiknya, dan akhirnya diserap oleh material tersebut. Penembusan, yang merupakan kebalikan dari peredaman, dapat diartikan sebagai bagian dari radiasi yang berhasil melewati material. Tingkat penembusan ini bergantung pada karakteristik masing-masing foton, ketebalan material (x), nomor atom (Z), dan densitas (ρ). (Okafor, Okonkwo, and Okokpujie 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi potensi kayu sebagai material pelindung radiasi. Studi oleh (Aggrey-Smith et al. 2016) telah membandingkan koefisien atenuasi dari 20 jenis kayu keras tropis yakni *Morinda lucida*, *Terminalia ivorensis*, *Blighia sopida*, *Aningeria altissima*, *Khaya ivorensis*, *Sterculia rhinopetalia*, *Pycnanthus angolensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Bridelia micranthia*, *Celtis mildraedii*, *Terminalia superba*, *Daniellia ogeafaro*, *Chrysophyllum perpalchrum*, *Entandrophragma*

angolense, *Holorrhena floribunda*, *Stromboria glaucescens*, *Nesogordonia papaverifera*, *Albizia zygia*, *Pterygota macrocarpa* and *Antiaris africana* dengan menggunakan parameter koefisien atenuasi linear, koefisien atenuasi massa, dan *half-value layer* (HVL) untuk sinar-X dengan energi 50–150 keV menggunakan metode *narrow collimated beam* dari sumber Cs-137. Metode ini menghilangkan kebutuhan koreksi akibat hamburan ganda dan hamburan sudut kecil. Atenuasi tergantung pada komposisi kimia dan densitas setiap jenis kayu. Koefisien atenuasi linear tertinggi ditemukan pada *Pterygota macrocarpa* ($4,53 \text{ m}^{-1}$) dan terendah pada *Antiaris africana* ($1,24 \text{ m}^{-1}$). Koefisien atenuasi massa tertinggi diamati pada *Triplochiton scleroxylon* ($17,62 \text{ m}^2/\text{kg}$) dan terendah pada *Nesogordonia papaverifera* ($2,27 \text{ m}^2/\text{kg}$). HVL tertinggi dimiliki oleh *Antiaris africana* (0,27 m) dan terendah oleh *Pterygota macrocarpa* (0,149 m). Kayu *Pterygota macrocarpa* dengan ketebalan sekitar 0,36 m berpotensi menjadi material perisai radiasi yang lebih terjangkau dibandingkan timbal, tembaga, atau beton untuk sinar-X dengan energi hingga 150 keV.

Studi lain oleh (Barman et al. 2022) Penelitian sebelumnya telah menginvestigasi sifat perisai radiasi dari sebelas jenis kayu, yaitu *Samanea saman*, *Albizia procera*, *Swietenia mahagoni*, *Mangifera indica*, *Gmelina arborea*, *Acacia auriculiformis*, *Artocarpus heterophyllus*, *Vachellia nilotica*, *Tectona grandis*, *Aegle marmelos*, dan *Syzygium cumini* dengan densitas yang bervariasi. Kajian ini menggunakan program Phy-X/PSD untuk menentukan parameter koefisien atenuasi massa (MAC), koefisien atenuasi linear (LAC), *Mean Free Path* (MFP), *half-value layer* (HVL), *Tenth Value Layer* (TVL), dan *fast neutron removal cross-section* (FNRCs) pada rentang energi 1 keV hingga 105 MeV. Hasil validasi MAC melalui program XCOM dan EpiXS menunjukkan kesesuaian yang sangat baik. Kayu *Aegle marmelos* paling efektif untuk perisai neutron cepat. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kayu dengan kandungan hidrokarbon tinggi dan material Z rendah memiliki potensi sebagai material perisai radiasi yang murah, mudah diakses, dan ramah lingkungan.

Selain itu, studi oleh (Reda et al. 2018) telah menguji efek perisai neutron dari kumpulan kayu silinder kecil asal Mesir yang terdiri dari *Mosky*, *Zan*, *Aro*, *Contar*, *Balot*, dan *Orange tree* menggunakan sumber neutron Am-Be. Pengukuran dilakukan dengan detektor aktivasi indium. Parameter seperti *neutron macroscopic total cross section*, *Mean Free Path* (MFP), dan *half-value layer* (HVL) dievaluasi berdasarkan data hasil pengukuran pada sampel kayu homogen. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa sampel kayu orange tree memiliki kemampuan atenuasi neutron yang lebih tinggi dibandingkan jenis kayu lainnya. Hasil eksperimental menunjukkan adanya korelasi positif antara koefisien atenuasi neutron dan densitas kayu.

Penelitian ini saya akan melibatkan uji eksperimental untuk mengukur kemampuan penyerap radiasi sinar-X dari empat jenis kayu yakni kayu Jati, kayu Bitti, kayu Gamal dan kayu Kelumpang dengan variasi ketebalan yakni 1 cm, 2 cm dan 3 cm. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk menentukan efisiensi penyerapan dan potensi aplikasi praktisnya. Dengan memahami pengaruh variasi ketebalan dan jenis kayu, diharapkan dapat ditemukan kombinasi optimal yang efektif dalam menyerap radiasi sinar-X dan dapat diterapkan dalam berbagai situasi yang memerlukan proteksi radiasi. Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya berkontribusi dalam bidang perlindungan radiasi tetapi juga dalam upaya konservasi lingkungan dan pengembangan material

hijau. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi yang lebih aman dan berkelanjutan dibandingkan dengan material tradisional seperti timbal, serta membuka jalan bagi penggunaan bahan-bahan alami dalam aplikasi teknologi tinggi lainnya.

2.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh variasi ketebalan kayu terhadap efektivitas radiasi sinar-X dari berbagai jenis kayu?

2.3 Tujuan Penelitian

Menganalisis pengaruh variasi ketebalan kayu terhadap efektivitas radiasi sinar-X dari berbagai jenis kayu?

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli 2023–September 2024 bertempat di Laboratorium Material dan Energi Departemen Fisika FMIPA Universitas Hasanuddin, Laboratorium Kimia Terpadu Departemen Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, dan Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Makassar.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Gergaji
2. Neraca analitik
3. *Stopwatch*
4. *Microwave*
5. *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)
6. *X-ray Mobile*
7. Multimeter X-ray

2.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Kayu Jati Putih (*Gmelina arborea*)
2. Kayu Bitti (*Vitex Cofassus*)
3. Kayu Gamal (*Gliricidia Sepium*)
4. Kayu Kelumpang (*Sterculia Foetida*)

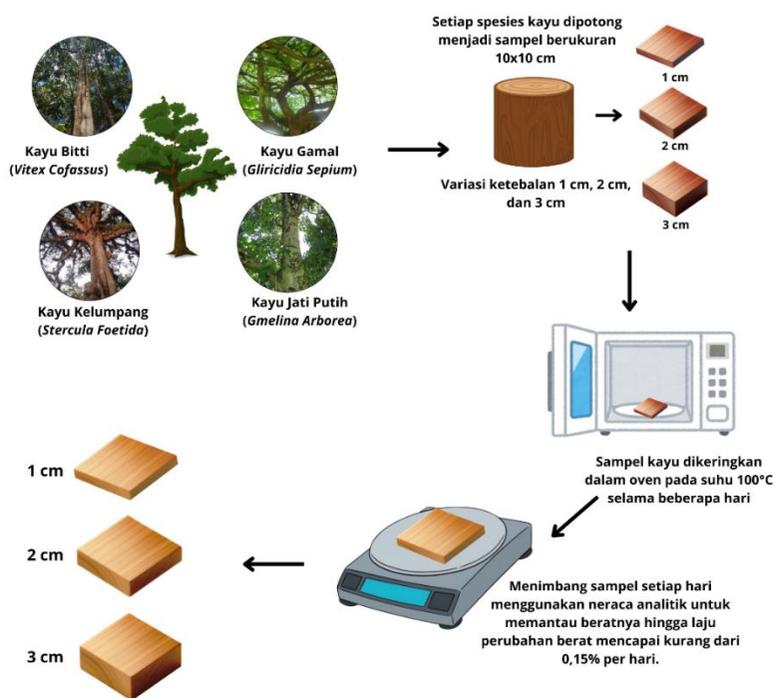
2.3 Prosedur Penelitian

Proses preparasi sampel kayu dimulai dengan pemotongan kayu dari empat jenis yang berbeda, yaitu Kayu Jati Putih (*Gmelina arborea*), Kayu Bitti (*Vitex Cofassus*), Kayu Gamal (*Gliricidia Sepium*), dan Kayu Kelumpang (*Sterculia Foetida*). Setiap spesies kayu dipotong menjadi sampel berukuran 10x10 cm dengan ketebalan 1 cm, 2 cm, dan 3 cm. Setelah dipotong, sampel-sampel kayu tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama beberapa hari. Proses pengeringan dilakukan dengan menimbang sampel setiap hari menggunakan neraca analitik untuk memantau beratnya hingga laju perubahan berat mencapai kurang dari 0,15% per hari.

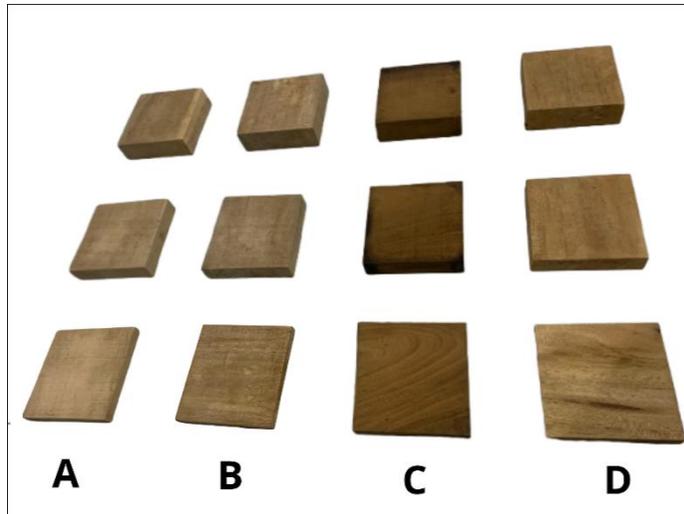
Tabel 1. Sampel Kayu dan Variasi Ketebalan Masing-masing

Kode Sampel	Jenis Kayu	Ketebalan
A ₁	Kayu Jati (<i>Gmelina arborea</i>)	1.0 cm
A ₂	Kayu Jati (<i>Gmelina arborea</i>)	2.0 cm
A ₃	Kayu Jati (<i>Gmelina arborea</i>)	3.0 cm
B ₁	Kayu Bitti (<i>Vitex Cofassus</i>)	1.0 cm
B ₂	Kayu Bitti (<i>Vitex Cofassus</i>)	2.0 cm

Kode Sampel	Jenis Kayu	Ketebalan
B ₃	Kayu Bitti (<i>Vitex Cofassus</i>)	3.0 cm
C ₁	Kayu Gamal (<i>Gliricidia Sepium</i>)	1.0 cm
C ₂	Kayu Gamal (<i>Gliricidia Sepium</i>)	2.0 cm
C ₃	Kayu Gamal (<i>Gliricidia Sepium</i>)	3.0 cm
D ₁	Kayu Kelumpang (<i>Stercula Foetida</i>)	1.0 cm
D ₂	Kayu Kelumpang (<i>Stercula Foetida</i>)	2.0 cm
D ₃	Kayu Kelumpang (<i>Stercula Foetida</i>)	3.0 cm



Gambar 1. Preparasi Sampel Kayu

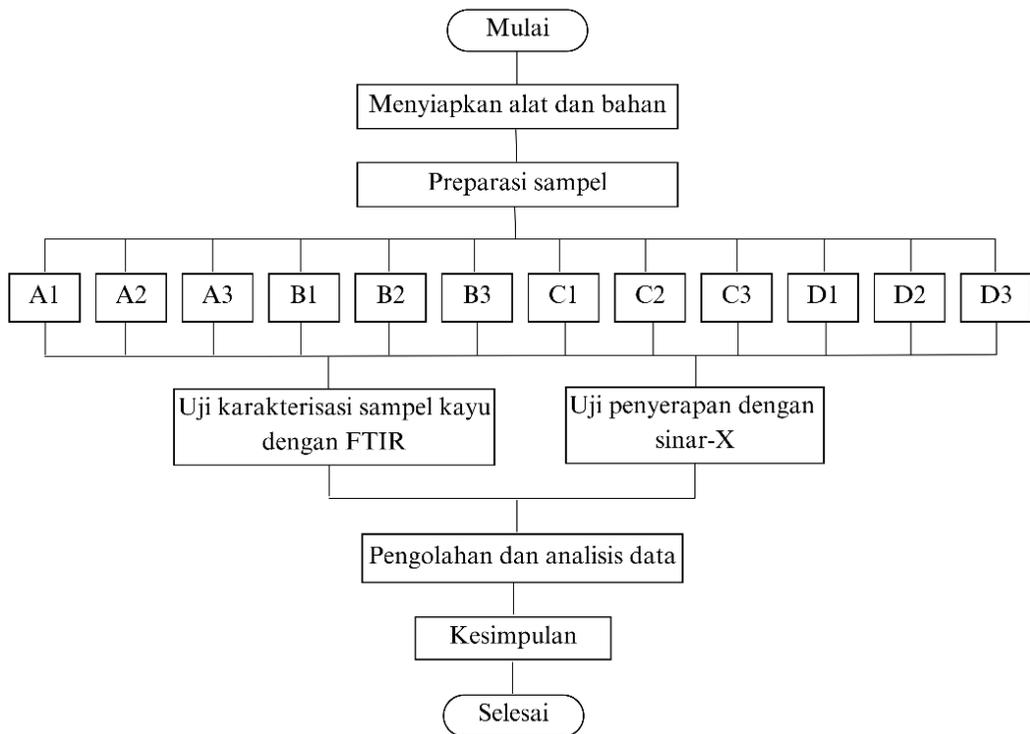


Gambar 2. Sampel kayu yang diselidiki dalam penelitian ini

2.4 Karakterisasi

Karakterisasi sampel dilakukan dengan FTIR (*Fourier transform infrared*) untuk mengetahui gugus fungsi pada sampel, X-ray mobile untuk menguji penyerapan sampel dengan sinar-X dengan variasi energi 50 keV, 60 keV, 70 keV, 80 keV, 100 keV and 150 keV.

2.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian