

SKRIPSI

**SINTESIS KOMPOSIT GEOPOLIMER FLY ASH-Fe DAN Ni SEBAGAI
PERISAI RADIASI SINAR-X**

Disusun dan diajukan oleh

RIFQAH NURUL IHSANI

H021 19 1031



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**SINTESIS KOMPOSIT GEOPOLIMER FLY ASH-Fe DAN Ni SEBAGAI
PERISAI RADIASI SINAR-X**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

RIFQAH NURUL IHSANI

H021 19 1031

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS KOMPOSIT GEOPOLIMER FLY ASH-Fe DAN Ni SEBAGAI
PERISAI RADIASI SINAR-X

Disusun dan diajukan oleh:

RIFQAH NURUL IHSANI

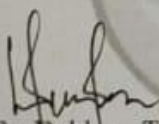
H021 19 1031

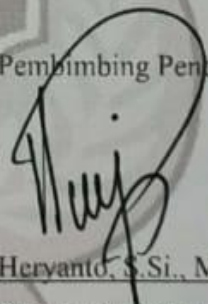
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.
NIP. 19750907 200003 1 006


Heryanto, S.Si., M.Si.
NIP. 19911129 202005 3 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifqah Nurul Ihsani
NIM : H021191031
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

SINTESIS KOMPOSIT GEOPOLIMER FLY ASH-Fe DAN Ni SEBAGAI PERISAI RADIASI SINAR-X

merupakan skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 Agustus 2022



Yang Menyatakan

Handwritten signature of Rifqah Nurul Ihsani.

Rifqah Nurul Ihsani

ABSTRAK

Komposit beton geopolimer Fly Ash dengan variasi filler Ni dan Fe sebagai pelindung radiasi sinar-X telah berhasil disintesis dengan metode sederhana. Komposit material perisai radiasi dilakukan dengan analisis kuantitatif menggunakan FTIR, XRD dan X-ray mobile untuk mengetahui sifat struktur dan efektifitas komposit perisai radiasi. Hubungan antara sifat struktur (ukuran kristal dan regangan) dengan efektifitas bahan perisai radiasi dipelajari untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* pada komposit perisai radiasi. Pada penelitian ini, material yang efektif sebagai perisai radiasi yaitu Ni sebagai *filler*. Komposit dengan *filler* Ni menunjukkan koefisien atenuasi linier (μ) yang lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya. Analisis kuantitatif dari X-ray mobile menunjukkan hubungan yang baik antara hasil eksperimen dan teori (XCOM).

Kata Kunci: Fly Ash, *Filler*, Perisai Radiasi, Sinar-X, Sifat Struktur, HVL, MFP

ABSTRACT

Fly Ash geopolymer concrete composites with various Ni and Fe fillers as x-ray radiation shields have been successfully synthesized using a simple method. Radiation shielding material composites were carried out by quantitative analysis using FTIR, XRD and mobile X-ray to determine the structural properties and performance of radiation shielding materials. The relationship between structural properties (crystal size and strain) with the effectiveness of radiation shielding materials was studied to determine the effect of adding filler to the radiation shielding composite. In this study, the effective material as a radiation shield is Ni as a filler. Composites with Ni filler showed a higher linear attenuation coefficient (μ) than the other samples. The quantitative analysis of the mobile X-ray showed a good relationship between experimental and theoretical results (XCOM).

Keywords: Fly Ash, *Filler*, Radiation Shield, X-Rays, Structural Properties, HVL, MFP

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Sintesis Komposit Geopolimer Fly Ash-Fe Dan Ni Sebagai Perisai Radiasi Sinar-X**” yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Departemen Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Lantunan sholawat dikirimkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalaam, yang membawa umatnya dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang seperti yang dirasakan saat ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari adanya hambatan dan jauh dari kata sempurna. Hal ini terjadi karena pengetahuan dan kemampuan dari penulis yang penuh dengan keterbatasan. Oleh karena itu, skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Ucapan terima kasih yang tiada tara untuk kedua orang tua penulis, Bapak **Abidin** dan Ibu **Rosmah** yang telah menjadi orang tua terhebat sejangad raya, yang selalu menuruti permintaan penulis, memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, kasih sayang, kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah penulis serta doa yang tak akan bisa penulis balas satu per satu. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada kakak penulis, **Rezky Awaliya Abidin** yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis, membangkitkan semangat dan perhatian yang terus menerus mengalir.
2. Terima kasih kepada tante, Ibu **Hajerah**, Ibu **Wahidah**, dan Ibu **Hasnah** yang telah menemani penulis selama menduduki bangku perkuliahan sampai berhasil dalam penyusunan skripsi, perhatian dan dukungan yang tulus diberikan kepada penulis yang tiada hentinya.
3. Terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.** selaku pembimbing utama dan Bapak **Heryanto, M.Si.** selaku dosen pembimbing pertama atas segala ilmu, motivasi, nasehat, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

4. Kepada Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.** dan Bapak **Drs. Bansawang Bj, M.Si.** selaku penguji yang selalu meluangkan waktu kepada penulis dalam menyelesaikan setiap langkah demi langkah, mulai dari seminar proposal, seminar hasil dan ujian sidang skripsi.
5. Terima kasih juga kepada Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.** selaku ketua Departemen dan **Bapak/Ibu dosen** program studi Fisika yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai kepada penulis selama kurang lebih 7 semester. Kepada **Staf Pegawai Departemen Fisika FMIPA UNHAS,** yang telah membantu dalam pengurusan administrasi penulis.
6. Kepada **Kakak,** penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga atas ilmu, bantuan, kesabaran dan motivasi yang tiada henti diucapkan dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih kak sudah jadi penerang dikala dunia penulis sedang redup.
7. Kepada partner preparasi sampel, **Faradiba Tsani Arif** dan **Nurkhaerati Amir,** terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih juga kepada kak **Syarif Fisika 2018** yang telah membantu penulis memahami *coreldraw*.
8. Terima kasih kepada bestie MaLup keluarga kedua penulis, **Nabila Ar. Lamaniu, Andi Siti Rahma, Nuraeni** dan **Faradiba** yang selalu membangkitkan semangat kepada penulis, menghibur dikala penulis sedang galau dan sudah jadi tempat penulis berkeluh kesah. Terima kasih sudah mau selalu ada disamping penulis baik itu suka maupun duka.
9. Kepada teman seperjuangan mahasiswa **Fisika 2019,** Terima kasih atas semangat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dan semua kenangan terindah selama masa kuliah.
10. Terima kasih penulis ucapkan untuk teman SMA khususnya **AIPDA 2019,** yang selalu memberikan doa, hiburan dikala penulis jenuh dan dukungan terbaiknya kepada penulis. Terima kasih juga sudah mau direpotkan setiap saat oleh penulis.
11. Kepada anggota **Ambalan Ashabul Kahfi** khususnya Pembina **Kak Satria Jaya S.Pd.** dan bunda **Rosnawati S.Pd** yang senantiasa memberikan nasehat terbaik kepada penulis dalam menyelesaikan studinya. Terima kasih sudah jadi wadah awal penulis sebelum masuk dunia perkuliahan.

12. Kepada sahabat seperjuangan, saudara, temanku **Nupin**, terima kasih atas segala dukungan, motivasi, canda tawa, perhatian selama penulis menempuh pendidikan. Terima kasih selalu kebersamai penulis dikala jenuh.
13. Terima kasih kepada teman seperjuangan, keluarga **Posko KKN 107 UPG** atas segala bantuan dukungan yang diberikan kepada penulis, menghibur dengan segala candaannya, mendorong dengan segala bentuk motivasinya, dan selalu ada untuk penulis.
14. Penulis ucapkan terima kasih juga kepada Keluarga Ikasa khususnya **HOBANGkatan 6**, yang selalu memahami kondisi penulis dalam proses menyelesaikan penelitian. Terima kasih telah memberikan semangat yang membara bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Semua pihak yang tidak disebutkan semuanya, yang telah dengan tulus ikhlas memberikan doa dan motivasi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, karena itu segala kritik dan saran yang membangun akan menempurnakan penulisan skripsi serta bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Makassar, 26 Agustus 2022

Rifqah Nurul Ihsani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
HALAMAN TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Sinar-X	4
II.2 Interaksi Foton dengan materi	4
II.3 Sifat Perisai Radiasi.....	6
II.4 Komposit Geopolimer.....	7
II.5 Metode Sol-Gel.....	8
BAB III. METODE PENELITIAN.....	9
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	9
III.3 Prosedur Penelitian.....	10
III.4 Bagan Alir Penelitian	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	13
IV.1 <i>Fourier transform infrared</i> (FTIR)	13
IV.2 <i>X-Ray diffraction</i> (XRD).....	14
IV.3 X-Ray Mobile.....	17
BAB V PENUTUP.....	25

V.1 Kesimpulan.....	25
V.2 Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Efek fotolistrik.....	5
Gambar 2.2 Efek compton	5
Gambar 2.1 Produksi pasangan.....	6
Gambar 3.1 Ilustrasi preparasi sampel komposit perisai radiasi sinar-x pada penelitian ini.....	10
Gambar 3.2 Ilustrasi sifat penyinaran sinar-x untuk mengukur I_0 dan I komposit perisai radiasi	11
Gambar 4.1 Spektrum FTIR komposit perisai radiasi	13
Gambar 4.2 Spektrum XRD komposit perisai radiasi.....	15
Gambar 4.3 Plot metode W-H dengan analisis UDM untuk komposit perisai radiasi	16
Gambar 4.4 Koefisien atenuasi linier (μ) dan koefisien atenuasi massa (μ_m) komposit perisai radiasi.....	19
Gambar 4.5 <i>Half Value Layer</i> (HVL) dan <i>Mean Free Path</i> (MFP) dari komposit perisai radiasi	20
Gambar 4.6 Hubungan antara ukuran kristal (D_S dan D_{W-H}), regangan (ϵ), dan <i>Half Value Layer</i> (HVL) dari Tabel 5.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Gugus fungsi komposit perisai radiasi.....	13
Tabel 4.2 Presentase Transmittansi komposit perisai radiasi.....	18
Tabel 4.3 Koefisien atenuasi linier (μ), dan koefisien atenuasi massa (μ_m) komposit perisai radiasi.....	21
Tabel 4.4 Perbedaan nilai intensitas hasil pembacaan oleh detektor (I_{alat}) dan hasil perhitungan (I_{teori}).....	22
Tabel 4.5 Hubungan antara ukuran kristal (D_s dan D_{W-H}), regangan (ϵ), dan <i>Half Value Layer</i> (HVL)	23

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang, dan salah satu yang paling berkembang adalah radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik telah digunakan di banyak bidang seperti penerbangan, dan medis [1,2]. Dalam bidang medis, elektromagnetik tinggi seperti sinar-X digunakan untuk radioterapi kanker dan alat diagnostik klinis untuk terapi fotodinamik [3,4]. Namun, paparan radiasi yang menembus sel normal dapat mengakibatkan mutasi gen, kanker, dan bahkan kematian [5]. Selain bagi petugas di dalam ruangan radiasi, paparan radiasi juga berbahaya bagi masyarakat umum di luar ruangan radiasi. Langkah-langkah yang dapat diterapkan untuk mengurangi paparan radiasi adalah menjauhi sumber radiasi, mengurangi waktu radiasi dan membuat perisai radiasi. Untuk menjamin agar masyarakat umum di luar ruangan radiasi tidak terkena radiasi, diperlukan perisai radiasi yang merupakan perisai radiasi yang efektif dan efisien [6,7].

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian tentang bahan bangunan telah dilakukan, seperti kaca, polimer, marmer, dan beton, yang digunakan sebagai perisai radiasi [8]. Seperti dilansir Mohan S. E. et al., beton banyak digunakan sebagai perisai radiasi karena kuat dan mudah dalam fabrikasi [9]. Salah satu limbah padat industri yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan batu bata, balok, dan beton adalah Fly Ash. Fly Ash diproduksi oleh industri di seluruh dunia sekitar 780 juta ton/tahun [10]. Material Fly Ash berasal dari material anorganik yang mengandung alumina dan silikat, yang digunakan untuk meningkatkan koefisien redaman sehingga dapat digunakan sebagai material pelindung radiasi. Banyak peneliti telah melaporkan pengaruh penambahan filler pada fly ash sebagai matriks yang digunakan sebagai bahan pelindung radiasi, seperti Fly Ash-metal oxide [11, 12], dan Fly Ash-transition metal [13].

Bahan yang banyak digunakan sebagai matriks atau pengisi untuk perisai radiasi adalah timbal (Pb), tetapi Pb cukup mahal dan beracun bagi makhluk hidup

dan lingkungan [14,15]. Oleh karena itu, diperlukan bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan perisai radiasi. Bahan lain yang dapat digunakan adalah logam transisi yang memiliki nomor atom dan densitas tinggi yang cocok digunakan sebagai bahan pelindung radiasi seperti Besi (Fe) dan Nikel (Ni). Seperti dilansir Nurhasmi et al, pada tahun 2021, mereka melakukan penelitian menggunakan logam transisi Fe dan Ni sebagai pengisi untuk meningkatkan efektivitas perisai radiasi yang dipengaruhi oleh sifat magnetik logam transisi. Selain itu, nonlogam (karbon) digunakan untuk meningkatkan koefisien atenuasi dan mengurangi pembentukan korosi selama produksi bahan perisai radiasi [16]. Struktur unik karbon efektif dalam pengembangan bahan perisai radiasi tingkat lanjut [17].

Pada penelitian ini dilakukan sintesis material shielding komposit untuk mengetahui pengaruh penambahan filler terhadap sifat struktur menggunakan X-ray diffraction (XRD), yang merupakan pengetahuan dasar untuk mengetahui hubungan antara sifat struktur dan efektivitas perisai radiasi sinar-x. Gugus fungsi komposit perisai radiasi dianalisis menggunakan Fourier Transform Infra-Red (FTIR). Kinerja bahan perisai radiasi ditentukan dengan menggunakan analisis kuantitatif dari X-ray mobile, yang dibandingkan dengan menggunakan data XCOM. Dari analisis ini, kami terus menemukan hubungan antara sifat struktural, dan kinerja bahan pelindung, yang digunakan untuk memahami efek *filler* komposit perisai radiasi.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh *filler* terhadap sifat struktur komposit geopolymer fly ash-Fe dan Ni?
2. Bagaimana pengaruh *filler* komposit geopolymer fly ash-Fe dan Ni terhadap efektivitas perisai radiasi sinar-x?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh *filler* terhadap sifat struktur komposit geopolimer fly ash-Fe dan Ni
2. Menganalisis pengaruh *filler* komposit geopolymer fly ash-Fe dan Ni terhadap efektivitas perisai radiasi sinar-x

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sinar-X

Sinar-X ditemukan pada tahun 1895 oleh Wilhelm Conrad Roentgen, seorang warga negara Jerman. Pada percobaan tersebut diamati pergerakan elektron yaitu dari katoda ke anoda. Anoda berada dalam tabung kaca hampa udara. Generator sinar-X adalah tabung yang berisi filamen yang juga berfungsi sebagai komponen katoda dan anoda. Ketika filamen dipanaskan, elektron terlepas, dan ketika ada perbedaan potensial yang tinggi antara katoda dan anoda, elektron dipercepat menuju anoda. Percepatan elektron ini menyebabkan tumbukan tidak lenting sempurna antara elektron dan anoda, sehingga menghasilkan emisi sinar-X [18].

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik atau sering disebut foton dengan energi yang relatif tinggi, mereka memiliki daya tembus yang tinggi dengan panjang gelombang 0.01-10 nm dan menembus lapisan logam [4]. Sinar-X dibagi menjadi sinar-X karakteristik dan sinar-X Bremstrahlung. Sinar-X karakteristik dipancarkan dari atom yang tereksitasi. Setelah peristiwa eksitasi terjadi dalam atom, elektron kembali ke keadaan dasar dalam waktu yang sangat singkat, memancarkan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang disebut sinar-X karakteristik, sedangkan sinar-X Bremstrahlung dihasilkan ketika sinar beta atau elektron dibelokkan (atau dipantulkan) oleh atom. Saat memasuki atom, radiasi partikel bermuatan (beta atau elektron) dibelokkan/dipantulkan oleh inti, dan terjadi perubahan momentum. Perubahan momentum ini melepaskan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik [19].

II.2 Interaksi Foton dengan Materi

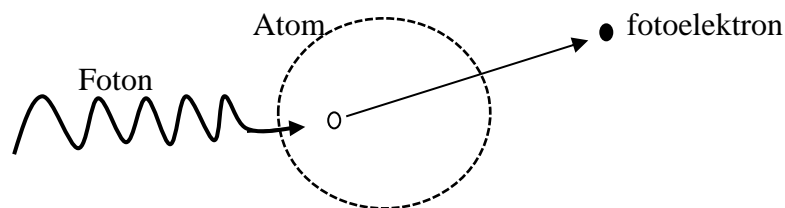
Ada tiga interaksi foton dengan materi yang paling utama, yaitu efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan

II.2.1 Efek Fotolistrik

Dalam efek fotolistrik, sebuah foton mengalami interaksi dengan atom penyerap yang mana foton tersebut terserap sepenuhnya oleh atom. Efek fotolistrik terjadi ketika foton datang memiliki energi rendah, sekitar 0,01 MeV – 0,5 MeV. Keadaan ini, semua energi foton yang diserap ditransfer ke elektron. Ketika energi foton datang lebih besar dari energi ikat elektron, elektron dapat dilepaskan dari atom dan menghasilkan ion. Energi elektron yang dipancarkan sama dengan energi foton yang datang dikurangi energi ikat elektron [20].

$$E_e = h\nu - E_b \quad (2.1)$$

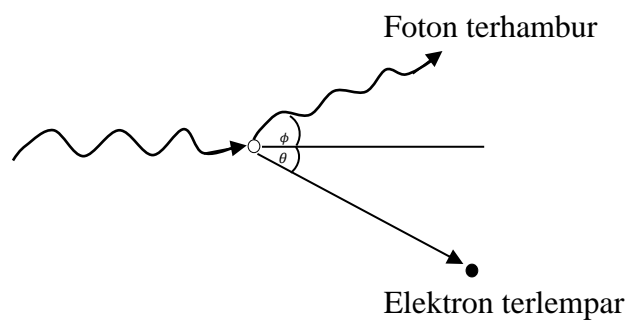
Dimana E_b adalah energi ikat dari elektron yang terlepas (fotoelektron)



Gambar 2.1 Efek fotolistrik

II.2.2 Efek Compton

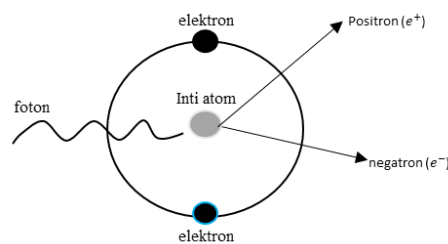
Proses interaksi dari hamburan Compton terjadi antara foton sinar x dan sebuah elektron pada bahan yang menyerap. Dalam hamburan Compton, Elektron dalam atom menyerap sebagian energi foton dan membelokkannya dengan sudut ϕ , sedangkan elektron yang ditumbuk terlempar pada sudut θ keluar lintasan. Hasil dari interaksi tersebut yaitu pembentukan ion [20].



Gambar 2.2 Efek compton

II.2.3 Produksi Pasangan

Saat sebuah foton yang mengenai materi memasuki daerah medan inti dan mempunyai energi lebih besar dari 1,02 MeV, maka foton tersebut akan hilang dan akan terpancarnya pasangan negatron (muatan negatif) dan positron (muatan positif) yang memiliki energi sebesar 0,51 MeV [20].



Gambar 2.3 Produksi pasangan

II.3 Sifat Perisai Radiasi

Bahan yang akan digunakan untuk perisai radiasi gamma harus memiliki nomor atom yang tinggi. Koefisien atenuasi massa (μ_m), mean free path (mfp), dan nilai lapisan setengah (HVL) adalah besaran dasar yang menentukan hamburan dan penyerapan foton sinar-X dan sinar gamma dalam materi. Sifat perisai radiasi diantaranya [3]:

II.3.1 Koefisien Atenuasi Massa

Koefisien atenuasi massa mengukur jumlah foton yang berinteraksi (mungkin tersebar atau diserap) dengan sampel. Koefisien atenuasi massa dapat dievaluasi menggunakan Hukum *Lambert-Beer* yang menyatakan bahwa ketika seberkas sinar sempit foton sinar gamma mono-energi melewati materi, probabilitas redaman sebanding dengan ketebalan (x) dari materi, densitas (ρ) materi, dan redaman linier koefisien (μ) dari materi.

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.1)$$

Ketergantungan densitas dari koefisien atenuasi linier (μ) telah dihilangkan dengan memasukkan parameter lain yang dikenal sebagai koefisien atenuasi massa (μ_m), yang diperoleh dengan membagi koefisien atenuasi μ dengan densitas ρ .

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.2)$$

II.3.2 Mean Free Path (MFP)

Jarak rata-rata yang dapat dicapai oleh foton dalam materi sebelum berinteraksi. Jarak bebas rata-rata telah ditentukan dari koefisien atenuasi linier.

$$\text{MFP} = \frac{1}{\mu} \quad (2.3)$$

Dimana μ merupakan koefisien atenuasi linier (cm^{-1})

II.3.3 Half value layer (HVL)

Ketebalan bahan yang berinteraksi di mana intensitas sinar foton yang masuk adalah dikurangi setengahnya. Semakin rendah nilai HVL, semakin baik sebagai bahan pelindung radiasi dalam hal persyaratan ketebalan. HVL dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\text{HVL} = \frac{0.693}{\mu} \quad (2.4)$$

II.4 Komposit Geopolimer

Semen dapat menyumbang 5% dari CO₂ global emisi dan memerlukan pengembangan bahan konstruksi alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki keterbaharuan. Berdasarkan berbagai penilaian, penggunaan geopolimer pengganti semen Portland diyakini menurunkan keseluruhan Emisi CO₂ dari sedang 9% [21] hingga sekitar 64% [22]. Akan tetapi, Provis dkk. menjelaskan bahwa geopolimer bukan produk 'rendah CO₂' kecuali jika dikembangkan secara efektif untuk mencapai kinerja yang diinginkan.

Penelitian sebelumnya pada industri produk limbah fly ash [23], tanah liat, palm abu bahan bakar minyak mengenai pemanfaatan dan peminimalisasi limbah industri sebagai prekursor. Fakta lainnya bahwa, bahan prekursor tersebut banyak di produksi di seluruh dunia, yaitu fly ash 780 juta ton/tahun (75 sampai 80% dari abu tahunan global produksi), abu bahan bakar kelapa sawit 11 juta ton/tahun, abu sekam padi 20 juta ton/tahun [24], alumina lumpur merah 120 juta ton/tahun [25]. Jika ditinjau dari segi ekonomi, mempunyai harga yang lebih rendah dalam produk sampingan limbah industri dan pengolahan prekursor alami daripada semen. Harga beton geopolimer dapat sekitar 10-30% lebih murah dibandingkan

untuk beton berbasis semen konvensional setelah memperhitungkan harga aktivator alkali.

Beton secara inheren lemah di bawah tegangan tarik karena mempunyai kerapuhan yang sangat tinggi, dan semakin rendah dalam komposit geopolimer yang didasarkan pada prekursor (produk sampingan limbah alam dan industri) pozzolan seperti: fly ash, metakaolin, GGBFS. Geopolimer dengan yang kaya akan alumina nosilikat, sementara mewarisi susut plastis/pengeringan yang relatif lebih tinggi dan juga kerapuhan, menunjukkan kekuatan tarik dan lentur yang lebih rendah di bawah beban mekanis sedang atau gaya susut, dan karena itu mengakibatkan kegagalan tiba-tiba karena proliferasi dan penggabungan retakan kecil dikembangkan baik dalam keadaan pra-mengeras dan mengeras [23].

II.5 Metode Sol Gel

Metode sol gel membentuk struktur gel yang mengandung fase cair dan padat yang mengembang perlahan. Proses ini merupakan reaksi prekursor yang merupakan alkoksida logam atau garam logam dalam pelarut untuk membentuk suspensi koloid yang dinamakan sol. Sol membentuk struktur jaringan dalam cairan yang disebut gel. Gel distabilkan secara kimia atau dipadatkan pada suhu yang lebih tinggi [26].

Beberapa tahun terakhir, sol gel telah berkembang disebabkan pengulangan, pengendalian, dan persyaratan suhu rendah. Keuntungan dari metode ini adalah untuk menghasilkan partikel dengan ukuran dan morfologi dengan mengontrol sifat fisika-kimia senyawa. Selain itu, teknik ini dapat mengatur sifat intrinsik (komposisi kimia dasar dan struktur bahan) dari bahan silika yang disintesis.

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari 2022– Juni 2022 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.

III.2 Alat dan Bahan Penelitian

III.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Spatula
2. Gelas kimia
3. Tabung Ukur
4. *Magnetic stirrer* dan *magnetic bar*
5. *X-ray Diffraction* (XRD)
6. *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)
7. *X-ray Mobile*
8. Multimeter X-ray

III.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Flyash (FA)
2. OPC (Ordinary Portland Cement)
3. Nikel (Ni)
4. Besi (Fe)
5. Karbon (C)
6. Akuades