

**ANALISIS SIFAT STRUKTUR, MEKANIK, DAN EFEKTIFITAS PERISAI
RADIASI SINAR-X DARI KOMPOSIT BETON/PASIR GRANIT**

**MUHAMMAD NUR NASYRAH R
H021181323**



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENEGTAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUNDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS SIFAT STRUKTUR, MEKANIK, DAN EFEKTIFITAS PERISAI
RADIASI SINAR-X DARI KOMPOSIT BETON/PASIR GRANIT**

MUHAMMAD NUR NASYRAH R

H021181323



UNIVERSITAS HASANUDDIN

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVESITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
ANALISIS SIFAT STRUKTUR, MEKANIK, DAN EFEKTIFITAS PERISAI
RADIASI SINAR-X DARI KOMPOSIT BETON/PASIR GRANIT

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD NUR NASYRAH R

H021181323

Skripsi,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka

Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika

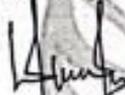
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 23 Agustus 2024

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

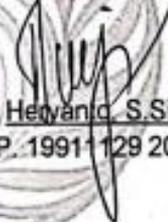
Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Darlang Tahir, S.Si, M.Si.

NIP. 19750907 200003 1 006

Pembimbing Pendamping,



Heryanid, S.Si, M.Si.

NIP. 19911129 202005 3 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T.

NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **"ANALISIS SIFAT STRUKTUR, MEKANIK, DAN EFEKTIFITAS PERISAI RADIASI SINAR-X DARI KOMPOSIT BETON/PASIR GRANIT"** Adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing utama Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si,M.Si. dan pembimbing pendamping Heryanto,S.Si,M.Si. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam tes dan di cantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 23 Agustus 2024

Menyatakan,



NOR NASYRAH

H021181323

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**ANALISIS SIFAT STRUKTUR, MEKANIK, DAN EFEKTIFITAS PERISAI RADIASI SINAR-X DARI KOMPOSIT BETON/PASIR GRANIT**” 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. 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. Orang tua dan keluarga penulis, **Umi** dan **Abi** yang selalu memberikan dukungan, baik secara moral maupun materi. Terima kasih atas didikan serta motivasi yang selalu diberikan untuk menyemangati penulis dalam menjalani masa kuliah.
2. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.**, sebagai pembimbing utama, dan **Heryanto, S.Si,M.Si.** selaku pembimbing pertama yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis. Terima kasih telah meluangkan pikiran, tenaga dan waktunya untuk penulis serta memberikan nasehat-nasehat dalam menyelesaikan masa studi.
3. **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.** dan **Drs. Bansawang BJ, M.Si.**, selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan saran dan masukan yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik.
4. **Prof. Dr. Arifin, M. T.**, selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan nasehat bagi penulis dalam menyelesaikan masa studi pendidikan.
5. Seluruh Bapak/Ibu **Dosen** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan terkhusus kepada seluruh **Dosen** Departemen Fisika yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat dan menjadi bekal bagi penulis untuk terus berproses.

6. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staff** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terkhusus kepada **Pegawai dan Staff Departemen Fisika** yang telah membantu penulis dalam mengurus administrasi perkuliahan.
7. **Teman-teman FISIKA 2018**, yang telah menemani penulis selama masa perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir, selalu memberi semangat, motivasi serta dukungan kepada penulis. **Teman-teman Lab Material'18** yang selalu memotivasi dan menemani penulis selama berada di Laboratorium elektronika dan instrumentasi.
8. **Teman-teman Fisika Angkatan 2018** yang telah menjadi keluarga kedua dari maba hingga sekarang, terima kasih untuk semua cerita dan suka duka yang telah diukir bersama.
9. **Teman-teman dan Kakak-kakak PMC**, yang selalu ada. Terima kasih atas motivasi, bantuan, dan tawa yang kalian bagikan.
10. **Pihak-pihak lain** yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah memberikan kontribusi dalam bentuk apapun, baik langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Tuhan Yang Maha Esa. Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Makassar, 23 Agustus 2024

Muhammad Nur Nasyrah R

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis komposit Beton/pasir granit sebagai perisai radiasi sinar-X. Beton sering digunakan sebagai perisai radiasi karena kerapatannya yang tinggi, namun penambahan pasir granit diharapkan meningkatkan efektivitasnya. Pengujian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi pasir granit meningkatkan massa jenis hingga $1,2203 \text{ g/cm}^3$ dan mempengaruhi struktur kristal, terutama pada sampel dengan 40% pasir granit. Kuat tekan tertinggi, 52.91 kg/cm^2 , dicapai pada sampel dengan 20% pasir granit. Efektivitas perisai radiasi meningkat dengan lebih banyak pasir granit, dengan koefisien atenuasi tertinggi pada sampel dengan 80% pasir granit. Parameter HVL, TVL, dan MFP menunjukkan komposit ini lebih efektif dibandingkan Beton tanpa granit. Penambahan pasir granit pada Beton meningkatkan kemampuan perisai radiasi sinar-X, memberikan perlindungan lebih baik bagi tenaga medis dari bahaya radiasi.

Kata kunci: pasir granit, perisai radiasi, sifat struktur, sifat mekanik.

ABSTRAK

This study analyzes Concrete/granite sand composites as X-ray radiation shields. Concrete is often used as a radiation shield due to its high density, but the addition of granite sand is expected to increase its effectiveness. Tests showed that increasing the granite sand composition increased the density to 1.2203 g/cm³ and affected the crystal structure, especially in samples with 40% granite sand. The highest compressive strength, 52.91 kg/cm², was achieved in the sample with 20% granite sand. Radiation shielding effectiveness increases with more granite sand, with the highest attenuation coefficient in the sample with 80% granite sand. The HVL, TVL, and MFP parameters showed these composites to be more effective than concrete without granite. The addition of granite sand in Concrete improves the X-ray radiation shielding capability, providing better protection for medical personnel from radiation hazards.

Keywords: *Granite Sand; Radiation Shielding; Structural Properties, Mechanical Properties.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
BAB II METODE PENELITIAN	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.2.1 Alat	4
2.2.2 Bahan	4
2.3 Prosedur Penelitian	4
2.3.1 Pembuatan Perisai Radiasi	4
2.3.2 Uji XRD	4
2.3.3 Uji Paparan Radiasi Sinar-x	5
2.3.4 Uji Tekan	5
2.4 Skema Penelitian	6
2.5 Diagram Alir Penelitian	7
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	8
BAB IV PENUTUP	13
4.1 Kesimpulan	13
4.2 Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	14

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Penelitian.....	6
Gambar 2.2 Diagram Alir Penelitian	7
Gambar 3.1 Puncak difraksi sinar-x.....	9
Gambar 3.2 Ukuran kristal dan Kepadatan Dislokasi	9
Gambar 3.3 Persentase fasa area penyusun komposit.....	10
Gambar 3.4 Grafik nilai kuat tekan dari semua sampel komposit.....	10
Gambar 3.5 (a) Nilai HVL, (b) Nilai TVL, dan (c) Nilai MFP	12

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi sampel komposit Beton/Pasir Granit dan Massa Jenisnya..... 9

Tabel 3.2 Nilai Koefisien atenuasi linear dan nilai koefisien atenuasi massa 11

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi Dalam dunia medis, radiasi sinar-x digunakan dalam pencitraan medis untuk menghasilkan gambar organ dalam tubuh sebagai penunjang agar dokter dapat mendiagnosis penyakit dengan tepat. Pemeriksaan menggunakan sinar-x aman dilakukan karna dosis radiasi yang diberikan sangat kecil. Namun terpapar radiasi sinar x terus menerus akan menyebabkan kerusakan DNA dalam sel-tubuh sehingga berpotensi menyebabkan kanker dan berbagai penyakit lainnya [1]. Untuk itu dibutuhkan perisai radiasi untuk orang-orang yang bekerja sebagai oprator alat yang memanfaatkan sinar-x agar dapat terlindung dari bahaya jangka panjang radiasi sinar-x.

Beton banyak dijadikan sebagai perisai radiasi karna kerapatannya tinggi dan lebih ekonomis. Beton juga dapat bertindak sebagai media penyerapan neutron, hal ini karena neutron bertumbukan dengan unsur-unsur bernomor atom rendah pada Beton seperti unsur hidrogen sehingga neutron kehilangan energinya. Namun penyerapan neutron dapat menimbulkan pelepasan sinar gamma sekunder, sehingga dibutuhkan penelitian lanjutan untuk melengkapi kemampuan Beton sebagai perisai radiasi [2]. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efektifitas Beton sebagai perisai radiasi, diantaranya dengan cara mengatur kadar campuran Semen dan air [3] dan/atau menambahkan bahan campuran kedalam Beton. Penambahan bahan campuran kedalam Beton telah banyak diteliti dan menunjukkan hasil yang baik dalam meningkatkan efektifitas Beton sebagai perisai radiasi, seperti dengan menambahkan FeB (FerroBoron) [4], berbagai sampah industry [5], nano material [6], dan lain sebagainya.

Penelitian mengenai penggunaan bahan campuran untuk meningkatkan kemampuan perisai radiasi telah banyak dilakukan seperti penelitian yang dilakukan oleh E.O. Echeweozo dkk, dengan menambahkan granit pada tanah liat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan penambahan granit dapat meningkatkan kemampuan perisai radiasi setelah maupun sebelum dibakar. Hal ini karena penambahan granit pada tanah liat dapat meningkatkan densitas dari tanah liat [7]. Sebagai campuran Semen untuk pembuatan Beton, granit juga telah diteliti dapat meningkatkan kekuatan Beton [8].

Pemanfaatan radiasi terus meningkat dalam berbagai bidang seperti kesehatan, industri, energi dan pengembangan sains dan teknologi [9]. Salah satu pemanfaatan radiasi adalah pada fasilitas diagnose dan terapi radiasi yang menggunakan sinar x/gamma dan radiasi neutron [10].

Walaupun memiliki banyak manfaat, dalam jumlah yang banyak radiasi berbahaya untuk manusia karna dapat merusak sel dan jaringan [9]. Oleh karena itu harus ada variabel control terhadap penggunaan radiasi sebagai bentuk perlindungan untuk efek samping yang ditimbulkan. Perlindungan dari radiasi dapat dilakukan dengan mengurangi waktu dan dosis paparan radiasi, menjauh dari sumber radiasi dan

menggunakan perisai radiasi [11]. Penggunaan perisai radiasi sangat dibutuhkan Ketika berhadapan dengan sumber radiasi yang digunakan dalam bidang industry, kesehatan, atau energi nuklir [12], [13].

Perisai radiasi adalah pembatas yang diletakkan antara sumber radiasi dan sistem untuk melindungi dari berbagai radiasi [9]. Partikel alfa dan beta bermuatan sehingga dapat ditahan dengan mudah walaupun dengan bahan pelindung yang tipis, sedangkan radiasi gamma dan neutron tidak bermuatan dan dapat menembus dengan mudah ke lapisan-lapisan pelindung sehingga dibutuhkan pelindung radiasi yang tebal dan besar untuk dapat menghalanginya [14].

Kemampuan perisai radiasi bergantung pada tiga faktor yaitu: energi radiasi, densitas dari material penyerap dan nomor atom dari bahan dasar penyusun perisai radiasi [15]. Pemilihan bahan perisai radiasi selain mempertimbangkan jenis, dosis dan sumber radiasi juga harus mempertimbangkan faktor lain seperti densitas bahan dan biaya fabrikasi [16], [17]. Salah satu parameter penting yang dapat menunjukkan kemampuan perisai radiasi adalah koefisien atenuasi. Koefisien atenuasi menunjukkan kemungkinan terjadinya interaksi photon dengan bahan perisai radiasi [17].

Walaupun memiliki banyak kelebihan, Beton juga memiliki kekurangan yaitu retakan yang mungkin muncul pada struktur internal akibat degradasi lingkungan, perubahan suhu, dan paparan radiasi yang terus menerus sepanjang waktu [10]. Sehingga dibutuhkan usaha untuk meminimalisir retakan yang mungkin terjadi [18].

Agregat yang digunakan untuk membuat Beton juga mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari Beton [11], [13]. Untuk membuat Beton dibutuhkan agregat yang cocok untuk menghasilkan kemampuan dan kerapatan Beton tertentu [9], [13]. agregat yang digunakan untuk membuat Beton berat memiliki densitas $>3000 \text{ kg/m}^3$ [11], [19]. Agregat yang dapat digunakan untuk meningkatkan densitas Beton berat diantaranya: magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), barit (BaSO_4) dll [9], [13], [16], [20], [21].

Sekitar 75% dari Beton adalah agregat sehingga sangat mempengaruhi kemampuan Beton. Hasil dari penelitian Krzysztof dkk, menunjukkan penambahan pasir granit sebagai agregat dalam pembuatan Beton mengurangi pori yang ada pada Beton. Kuat tekan Beton yang menggunakan 100% granit sebagai agregat lebih baik dibandingkan dengan Beton yang menggunakan 100% agregat yang umum digunakan, namun mencampurkan kedua jenis agregat tersebut dengan perbandingan 50:50 menunjukkan kuat tekan yang jauh lebih baik dari keduanya [22]. Pecahan granit dapat digunakan sebagai agregat kasar dalam pembuatan Beton tekanan tinggi dengan daya tahan tekanan hingga 110 MPa [23]. Penelitian lain menunjukkan pencampuran granit dan camic sebagai agregat kasar pada pembuatan Beton dapat meningkatkan sifat fungsional. Penelitian yang dilakukan oleh Grzegorz dkk, menggunakan bahan debu granit sebagai agregat halus pada pembuatan Beton menunjukkan penambahan granit dust meningkatkan kuat tekan Beton namun mengurangi absorbs dan penetrasi air karena memiliki kepadatan yang tinggi [24].

Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian ini, akan digunakan pasir granit sebagai bahan campuran Semen dalam pembuatan Beton untuk meningkatkan kemampuan Beton sebagai perisai radiasi. Parameter-parameter radiasi seperti MFP, TVL, dan HVL akan dianalisis untuk mengetahui efektivitas komposit Beton/pasir granit. Pengujian menggunakan XRD dan kuat tekan dilakukan untuk mengetahui sifat struktur dan mekanik sampel.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh komposisi pasir granit terhadap sifat struktur, mekanik, dan efektivitas dari komposit Beton/pasir granit sebagai perisai radiasi sinar-X

1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas, maka penelitian ini memberikan banyak manfaat dalam berbagai bidang, terutama pada bidang medis atau kesehatan yaitu dapat mengurangi paparan radiasi dan meningkatkan keselamatan tenaga medis.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2023. Bertempat di Laboratorium Material dan Energi dan Laboratorium Pengembangan Sains, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Badan Pengawasan Fasilitas Kesehatan, dan Balai Industri.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Timbangan digital
- b. *Magnetic stirrer*
- c. *Magnetic bar*
- d. Gelas ukur
- e. Cetakan
- f. spatula
- g. gelas *beaker*

2.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Semen
- b. Pasir Granit
- c. Aquades

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pembuatan Perisai Radiasi

Prosedur pembuatan perisai radiasi pada penelitian ini mengikuti prosedur pada penelitian [15]. Menyiapkan campuran Beton dengan Semen yang dicampur agregat pasir granit (komposisi agregat 0, 20, 40, 60, dan 80% dari total keseluruhan massa). kemudian dimasukkan kedalam gelas kimia diikuti dengan penambahan 40 ml aquades sambil diaduk selama 60 menit di atas magnetic stirrer dengan kecepatan 500 rpm. Selanjutnya campuran dituang ke dalam cetakan yang berdimensi 10 x10 cm. Sampel kemudian dibiarkan selama 29 hari pada suhu ruang dan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD sebelum diradiasi dengan menggunakan X ray mobile dengan variasi energi 40, 44, 50 keV pada 10 mAs dengan jarak 1 meter dari sumber radiasi.

2.3.2 Uji XRD

Uji XRD dilakukan menggunakan XRD Shimadzu 700 dengan rasio $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1,5405 \text{ \AA}$) pada rentang sudut $20^\circ \leq 2\theta \leq 70^\circ$ untuk mengetahui sifat struktur dari masing-masing komposit. Ukuran kristal dapat ditentukan menggunakan persamaan Debye-Scherrer [25]:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.1)$$

dimana K adalah konstanta (0,98), λ adalah Panjang gelombang sinar-x, β adalah nilai FWHM (rad), dan θ adalah sudut difraksi (rad). Berdasarkan nilai ukuran kristal, kepadatan dislokasi (δ) yang menunjukkan kecacatan dalam suatu kristal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Williamson-Smallman's [26]:

$$\delta = \frac{1}{D^2} \quad (2.2)$$

2.3.3 Uji Paparan Radiasi Sinar-x

Uji paparan radiasi sinar-x dilakukan menggunakan X-ray Mobile. Sampel diberi paparan sinar-X 40, 44, 50 keV dan 10 mAs selama 1 detik. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran digunakan untuk menentukan koefisien atenuasi linear (μ) dan koefisien atenuasi massa (μ_m) menggunakan persamaan (2.3) dan (2.4):

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad (2.3)$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.4)$$

dimana X adalah ketebalan sampel (cm), I_0 adalah intensitas awal, I adalah intensitas akhir dan ρ adalah massa jenis sampel [27]. Nilai koefisien atenuasi linear kemudian digunakan untuk menentukan nilai HVL (Half-Value Layer), TVL (Ten-Value Layer), dan MFP (Mean Free Path). Nilai HVL, TVL, dan MFP yang rendah menunjukkan kemampuan yang baik dalam menyerap radiasi. Secara matematis dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.5), (2.6) dan (2.7) [28]:

$$HVL = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (2.5)$$

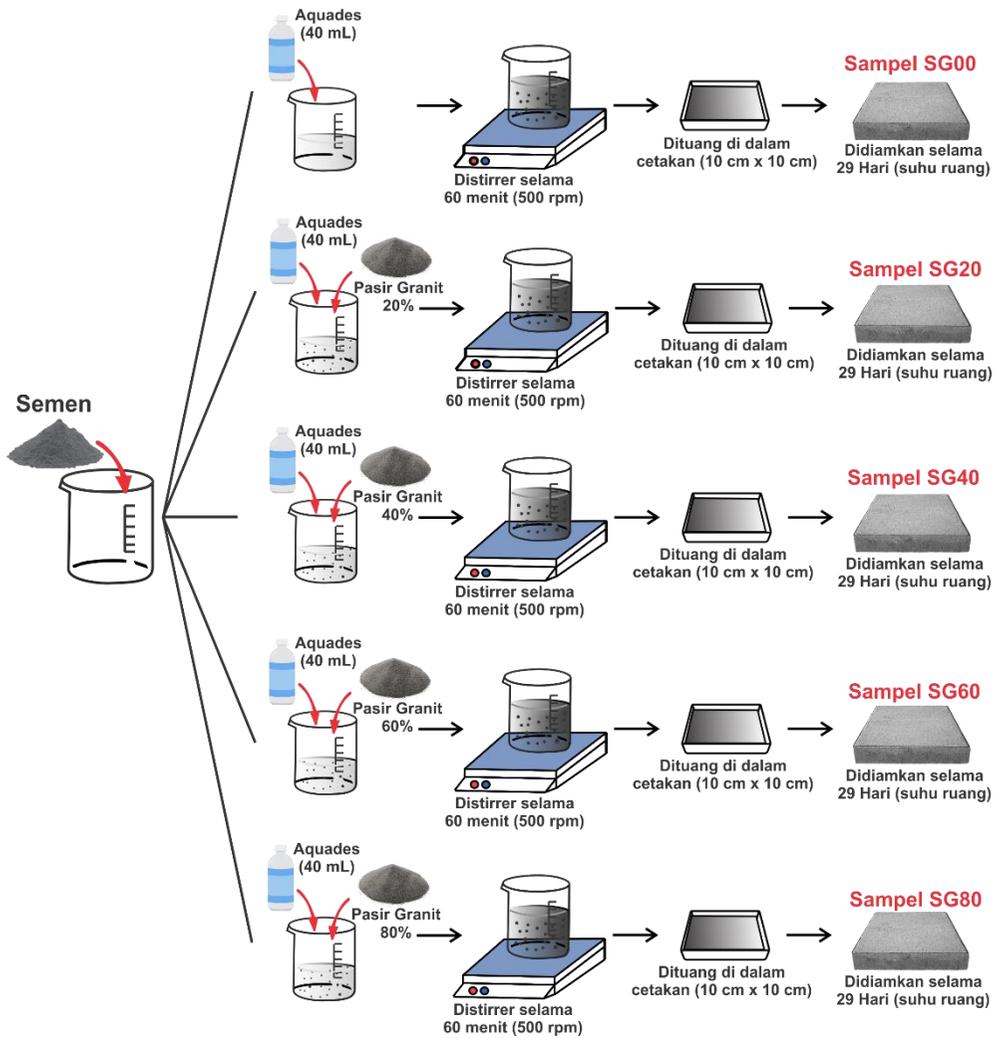
$$TVL = \frac{\ln 10}{\mu} \quad (2.6)$$

$$MFP = \frac{1}{\mu} \quad (2.7)$$

2.3.4 Uji Tekan

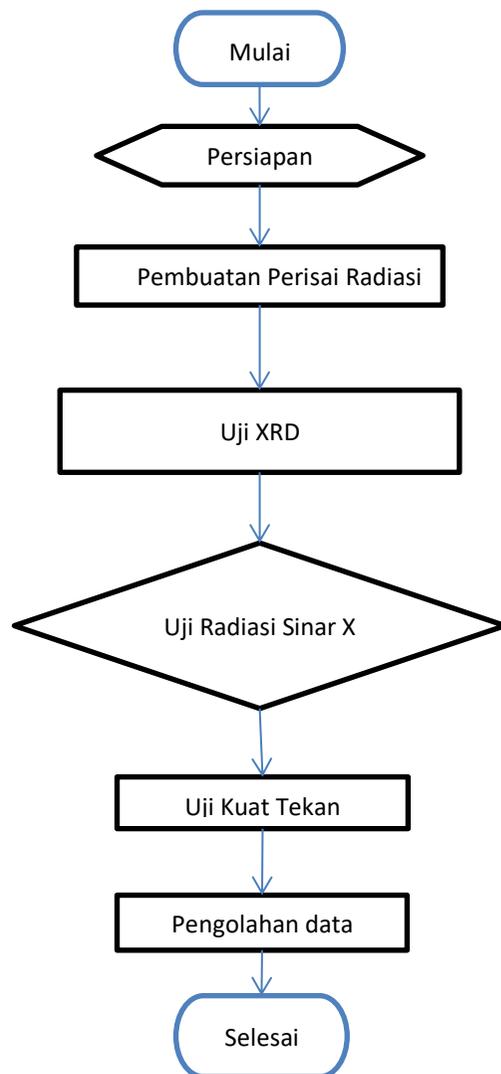
Untuk mengetahui kekuatan perisai radiasi, dilakukan uji tekan. Menggunakan mesin uji tekan ADR V2.0 250/25 kN.

2.4 Skema Penelitian



Gambar 2.1 Skema Penelitian

2.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.2 Diagram Alir Penelitian

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis sifat struktur

Sampel komposit yang telah dibuat dikode sebagai SG00, SG20, SG40, SG60, dan SG80 untuk memudahkan pembahasan seperti yang terlihat pada table 3.1. Dari table tersebut dapat terlihat bahwa massa jenis komposit yang dibuat bervariasi dari 1,1433 hingga 1,2203 g/cm³. Sampel komposit dengan massa jenis terbesar yaitu SG80 yang memiliki komposisi pasir granit terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan komposisi pasir granit pada komposit dapat meningkatkan massa jenis komposit.

Hasil Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) komposit Beton/Pasir Granit dengan beberapa variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 3.1. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa pencampuran Semen dan pasir granit dapat mempengaruhi puncak difraksi dari pasir granit. Dimana terlihat pada sampel SG20, dan SG40 puncak difraksi pada 2 theta 44° mengalami pergeseran ke arah kiri dan kembali pada posisi awal pada saat komposisi pasir granit $\geq 60\%$ yaitu pada sampel SG60 dan SG80. Pergeseran puncak difraksi ke kiri mengindikasikan peningkatan sudut datang yang diperlukan untuk memenuhi kondisi difraksi (Hukum Bragg). Hal ini menunjukkan bahwa penggabungan antara Semen dan Pasir Granit memiliki dampak pada struktur kristal [29], [30]. Dalam konteks ini penambahan Semen hingga 40% dan pengadukan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 500 rpm menyebabkan penurunan d-spacing. Asumsi ini diperkuat oleh data ukuran kristal pada Gambar 3.2. Penurunan d-spacing setelah penambahan Semen mengimplikasikan jarak atom yang lebih kecil dalam kisi kristal, menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil. Ukuran kristal terkecil dicapai pada sampel SG40 yaitu 26.03 nm yang juga menunjukkan pergeseran puncak paling jauh dibandingkan dengan sampel komposit lainnya. Pada Gambar 3.2 juga terlihat bahwa ukuran kristal berbanding terbalik dengan kepadatan dislokasi. Kepadatan dislokasi terbesar dan terkecil masing-masing ditunjukkan pada sampel SG40 dan SG80.

Berdasarkan analisis menggunakan *X'pert HighScore Plus* dan *OriginPro* persentase fase kristal pada komposit dapat diidentifikasi. Fase-fase yang muncul pada komposit Beton/pasir granit ditandai dengan simbol-simbol yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Puncak difraksi pada 2 theta 21°, 27°, 44°, 64°, dan 68° terkonfirmasi sebagai SiO₂ berdasarkan JCPDS: 46-1045, kemudian puncak difraksi pada 2 theta 29°, 39°, 50°, dan 59° diidentifikasi sebagai Ca₃SiO₅ berdasarkan JCPDS: 86-0402, dan puncak difraksi pada 2 theta 36°, 47° dan 48° dikonfirmasi sebagai CaSiO₃ berdasarkan JCPDS: 42-0547,. Pada SG20 dan SG60, SiO₂ sebagai fase yang paling mendominasi dan CaSiO₃ sebagai fase yang paling rendah, berbeda dengan SG40 dan SG80 dimana Ca₃SiO₅ sebagai fase yang paling mendominasi. Pada SG00 terlihat bahwa fase SiO₂, Ca₃SiO₅, dan CaSiO₃ masing-masing sebesar 42%, 42%, dan 16%.