
ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI PASIR DAN SEMEN UNTUK MENDAPATKAN BETON YANG TAHAN RADIASI SINAR X

*The Analysis Of Sand And Cement Composition Comparison In Producing X-Ray
Radiation Resistant Concrete*

**Fisnandya Meita Astari¹, Muhammad Fakhurreza²,
Edwin Viky Hidayat³**

^{1,2,3} Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

¹ fisnandyameitaastari@unisayogya.ac.id*

ABSTRAK

Latar Belakang: Radiasi sinar-X banyak digunakan di berbagai bidang, seperti medis, industri, dan penelitian. Namun, radiasi eksternal dari sinar-X dapat membahayakan kesehatan manusia, seperti kanker dan mutasi gen. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengendalikan bahaya radiasi tersebut. Salah satu cara untuk mengendalikan bahaya radiasi eksternal adalah dengan menggunakan perisai radiasi. Perisai radiasi adalah material yang mampu menyerap atau meredam radiasi sehingga tingkat radiasi yang dipancarkan ke lingkungan dapat diminimalisir. Beton merupakan salah satu material yang potensial untuk perisai radiasi.

Tujuan penelitian: Penelitian ini bertujuan untuk menemukan campuran beton dengan komposisi pasir dan semen yang mampu menghasilkan nilai koefisien atenuasi linier yang baik untuk perisai radiasi sinar-X.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membandingkan variasi komposisi campuran semen dan pasir. Variasi yang diuji adalah 1s:1p, 1s:2p, 1s:3p, 1s:4p, 1s:5p, 1s:6p, dan 1s:7p (semen:pasir). Pengujian dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Sampel beton dengan variasi komposisi yang berbeda-beda dibuat dan diuji dengan menggunakan sinar-X dengan energi 60 keV. Nilai koefisien atenuasi linier dan HVL (Half Value Layer) dihitung untuk setiap variasi komposisi.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi beton dengan perbandingan 1s:5p memiliki nilai koefisien atenuasi linier terbaik dibandingkan variasi lainnya. Nilai rata-rata koefisien atenuasi linier untuk 1s:5p adalah 0,837613415 cm⁻¹, dengan nilai HVL rata-rata 0,827540186 cm. Nilai koefisien atenuasi linier yang tinggi menunjukkan bahwa beton dengan variasi 1s:5p mampu meredam radiasi sinar-X dengan baik.

Simpulan: Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan komposisi semen dan pasir 1s:5p dapat menjadi pilihan yang baik untuk perisai radiasi sinar-X.

Kata Kunci: Pasir; Semen; Komposisi; Atenuasi; HVL

ABSTRACT

Background: X-rays are widely used in various fields such as medicine, industry, and research. However, external radiation from X-rays can be harmful to human health, causing cancer and gene mutations. Therefore, it is necessary to control this radiation hazard. One way to control external radiation hazards is by using radiation shielding. Radiation shielding is a material that can absorb or attenuate radiation, minimizing the radiation level emitted into the environment. Concrete is a promising material for radiation shielding.

Research Objectives: This research aims to find a concrete mix with a sand-to-cement ratio that yields a good linear attenuation coefficient value for X-ray radiation shielding.

Methods: This research employs an experimental method by comparing various sand-to-cement ratios. The tested ratios are 1s:1p, 1s:2p, 1s:3p, 1s:4p, 1s:5p, 1s:6p, and 1s:7p (cement:sand). Testing took place at the Radiology Laboratory of Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Concrete samples with different mix ratios were prepared and tested using X-rays with an energy of 60 keV. The linear attenuation coefficient and Half Value Layer (HVL) were calculated for each mix ratio.

Results: The research results showed that the concrete mix with a 1s:5p ratio exhibited the best linear attenuation coefficient compared to other variations. The average linear attenuation coefficient for 1s:5p was 0.837613415 cm⁻¹, with an average HVL of 0.827540186 cm. A high linear attenuation coefficient indicates that the 1s:5p concrete mix effectively attenuates X-ray radiation.

Conclusion: The research findings suggest that concrete with a 1s:5p cement-to-sand ratio could be a suitable choice for X-ray radiation shielding.

Keywords : External Radiation, Linear Attenuation Coefficient, HVL

PENDAHULUAN

Menurut Syahria dkk., (2012), radiasi merupakan pemancaran energi dalam bentuk gelombang atau partikel yang dipancarkan dari sumber radiasi atau zat radioaktif. Menurut Supriyono (2011), radiasi memiliki sifat tidak dapat dilihat, tidak berwarna, tidak dapat dirasakan, namun mempunyai efek yang bisa merusak sel-sel tubuh manusia dengan cara mengenai atau menembus tubuh manusia dalam dosis dan jangka waktu tertentu.

Menurut Indrati dkk., (2017) radiasi adalah energi atau partikel yang dipancarkan oleh sumber radiasi atau zat radioaktif tanpa melalui perantara. Radiasi memiliki 2 jenis yaitu radiasi pengion merupakan gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan yang mampu mengionisasi media yang dilaluinya seperti radiasi sinar-X, radiasi alfa, beta dan sebagainya. Sedangkan radiasi non pengion adalah pancaran energi dalam bentuk gelombang maupun partikel, contoh radiasi non pengion adalah radiasi UV, infra red dan lain-lain.

Proteksi radiasi dibagi menjadi dua yaitu proteksi radiasi internal dan eksternal. Proteksi radiasi internal pada umumnya dilakukan pada saat pemeriksaan kedokteran nuklir karena sumber radiasi berada di dalam tubuh pasien atau manusia. Proteksi radiasi eksternal dilakukan karena sumber radiasi berada diluar

tubuh pasien atau manusia. Terdapat tiga prinsip proteksi radiasi eksternal yang harus diketahui yaitu jarak, waktu, dan perisai (pelindung) (Utami dkk., 2014).

Persyaratan proteksi radiasi juga harus diterapkan dalam tahap perencanaan, desain, dan penggunaan fasilitas di Instalasi Radiologi atau semua bangunan yang memanfaatkan tenaga radiasi dalam operasionalnya. Setidaknya ada tiga prinsip untuk proteksi radiasi, yaitu justifikasi, limitasi dan penerapan optimisasi serta keselamatan radiasi. (PERKA BAPETEN No 8 tahun 2011).

Pada instalasi atau bangunan yang memanfaatkan tenaga radiasi cara yang sering dilakukan dalam mengendalikan radiasi eksternal adalah dengan menggunakan penahan radiasi atau perisai ruangan agar dapat menciptakan kondisi lingkungan kerja yang aman. Dalam menentukan material yang digunakan untuk pembuatan perisai radiasi ada beberapa pilihan. Rahmawati (2011) mengemukakan bahwa, material yang dapat digunakan sebagai perisai agar paparan radiasi tidak menyebar ke tempat yang tidak diinginkan antara lain adalah beton, timbal, baja, dan material berat lain. Masing-masing material tersebut memiliki densitas yang berbeda-beda dimana densitas dari masing-masing bahan juga mempengaruhi kemampuan suatu materi menyerap radiasi atau biasa disebut dengan koefisien atenuasi. Kemampuan serapan suatu perisai menjadi lebih kecil ketika digunakan pada sinar radiasi berenergi tinggi yang memiliki daya tembus besar, yang berarti koefisien atenuasi dari perisai tersebut juga akan menjadi lebih kecil.

Dalam Peraturan Kepala BAPETEN nomor 08 tahun 2011, dinding ruangan untuk semua jenis pesawat sinar-X terbuat dari bata merah dengan ketebalan 25 cm (duapuluh lima sentimeter) atau beton dengan kerapatan jenis 2,2 g/cm³ (dua koma dua gram per sentimeter kubik) dengan ketebalan 20 cm (dua puluh sentimeter) atau setara dengan 2 mm (dua milimeter) timah hitam (Pb), dan pintu ruangan pesawat sinar-X harus dilapisi dengan timah hitam dengan ketebalan tertentu.

Beton sebagai bahan bangunan dapat dibuat dalam berbagai variasi. Perbedaan komposisi campuran bahan penyusun beton normal akan menghasilkan beton dengan kualitas dan harga yang juga berbeda. Penggunaan beton normal dengan tingkat faktor air semen yang rendah dan kuat tekan tinggi, belum menjamin kemampuannya sebagai penahan radiasi juga tinggi. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian untuk memperoleh hubungan antara kualitas beton normal dengan kemampuan beton sebagai perisai radiasi.

Menurut Sutomo (2013) mengemukakan bahwa, material perisai radiasi adalah beton normal dengan bahan baku semen portland yang ada di pasaran, agregat kasar dan halus berupa kerikil dan pasir serta air. Tebal perisai yang diperlukan untuk melemahkan intensitas radiasi pada jarak 2,00 meter dari sumber cukup tebal berkisar antara 0,85 mm sampai dengan 2,60 mm untuk timbal (Pb), atau 7,50 cm sampai dengan 21,50 cm untuk beton pada pesawat dengan potensial puncak 100 kV dan 125 kV. Menurut Rahmawati (2011), Beton normal memiliki karakteristik yang bagus sebagai material perisai radiasi ditunjukkan oleh koefisien atenuasi massa yang cukup besar, hampir sama dengan koefisien atenuasi massa timbal. Sedangkan menurut Fakhurreza (2018), campuran beton untuk perisai radiasi yang baik adalah campuran semen portland dengan jenis pasir pantai selatan karena memiliki nilai koefisien atenuasi linier yang tinggi dengan nilai rata-rata 0,801697695 cm⁻¹ dan nilai HVL yang rendah dengan rata-rata 0,865070204 cm

dibanding pasir lainnya. Selain itu pasir pantai selatan memenuhi kriteria kuat tekan beton yang baik.

Perbandingan adukan pasir dan semen mempengaruhi kekuatan dari hasil akhir beton tersebut. Perbedaan kualitas pasir dan komposisi campuran dapat pula mempengaruhi sifat dari beton. Menurut Mulyati (2015), pada umumnya perbandingan atau komposisi campuran beton yang digunakan untuk mutu sedang adalah 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil (1:2:3), yang lazim digunakan masyarakat. Namun hal ini menimbulkan permasalahan, bahwa belum tentu semua jenis campuran dapat menghasilkan kuat tekan beton yang baik, karena kondisi material dasar penyusun beton akan mempengaruhi kuat tekan yang dihasilkan. Beberapa paparan diatas menjadikan alasan untuk pentingnya melakukan penelitian ini karena untuk mengetahui ketepatan perbandingan campuran komposisi pasir dan semen yang baik sebagai perisai radiasi serta menganalisa variasi campuran yang memiliki nilai atenuasi yang tinggi sehingga diaplikasikan dalam konstruksi pembuatan dinding ruangan pesawat sinar-X.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen untuk mengetahui konsistensi pasir pantai mulai dari pantai parangtritis sampai pantai congot sebagai bahan beton proteksi radiasi. Variable independent adalah pasir pantai dari pantai parangtritis sampai pantai congot diambil sebanyak 6 sampel, masing-masing sampel dibuat 5 buah beton. Variable dependent koefisiensi atenuasi linier. Sedangkan variable terkontrol adalah Focus film distance (60 cm), tegangan tabung (75 kV), mAs (arus tabung 400 mA serta waktu penyinaran 16 mSec), semen (merk tiga roda), jenis pasir (sepanjang pasir pantai dari pantai parangtritis sampai congot), alat cetak (ukuran 20 cm x 20 cm x 5 cm), pesawat sinar-X merk Samsung dan detektor merk RaySafe X2.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan membandingkan variasi komposisi campuran pada pasir dan semen untuk mendapatkan nilai koefisien atenuasi linier tertinggi sebagai proteksi radiasi yang baik. Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta yang dilaksanakan mulai bulan Januari dan selesai pada bulan Juni 2020.

Alat dan bahan penelitian yang digunakan adalah pesawat sinar-X merk Samsung model E7252X memiliki tegangan tabung maksimal 150 kV, dosimeter merk RaySafe model X2, cetakan berupa wadah dari kayu dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 5 cm dan perangkat komputer dengan aplikasi Excel. Selain itu, adapun bahan yang digunakan adalah bahan habis pakai seperti air, pasir pantai selatan, semen portland composite merk tiga roda.

Hal pertama yang harus dilakukan adalah membuat alat cetak. Buat kotak kayu yang digunakan untuk mencetak beton dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 5 cm sebanyak tujuh buah cetakan. Campur semen dan pasir dengan perbandingan 1 semen banding 1 pasir (1s:1p). Ulangi dengan perbandingan 1s:2p, 1s:3p, 1s:4p, 1s:5p, 1s:6p dan 1s:7p. Masing-masing variasi campuran dibuat empat beton. Tambahkan air secukupnya dan aduk adonan tersebut sampai tercampur merata. Cetak adonan dengan perbandingan campuran pasir dan semen yang sudah

ditentukan kedalam masing-masing cetakan kotak kayu untuk membuat beton. Tunggu 7 hari sampai benar-benar kering menjadi beton. Selanjutnya beton dilepaskan dari cetakan dan ukur ketebalan beton.

Uji intensitas awal pesawat sinar-x dengan cara radiasi detektor sebanyak tiga kali dan catat intensitas awal pesawat sinar-x tanpa ada penghalang beton pada lembar form penilaian. Letakkan beton diantara pesawat sinar-X dan detektor, kemudian lakukan radiasi tiga kali pada beton. Catat intensitas radiasi setelah ada penghalang beton pada lembar form penilaian. Ulangi langkah tersebut pada masing-masing beton. Lakukan analisis dengan persamaan $D_x = D_0 \cdot e^{-\mu x}$ untuk mencari besaran nilai μ dari masing-masing beton. Selanjutnya cari ketebalan paruh (half-value layer/HVL) dengan persamaan $HVL = \ln 2 / \mu$ pada masing-masing beton untuk dicari komposisi material paling baik dalam menahan radiasi sinar-X.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian mengenai analisis perbandingan komposisi pasir dan semen untuk mendapatkan beton yang tahan radiasi sinar-X menggunakan pengaturan FFD 80 cm serta faktor eksposi 100 kV, mA 200 dan mAs 20. Sebelum menuju tahap analisa perhitungan nilai intensitas beton, mula-mula perlu dicari nilai intensitas radiasi tanpa menggunakan beton terlebih dahulu dengan cara melakukan proses eksposi langsung terhadap detektor dengan pengaturan FFD dan Faktor Eksposi yang sudah ditentukan sehingga didapati nilai intensitas tanpa penahan sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai Intensitas Tanpa Penahan

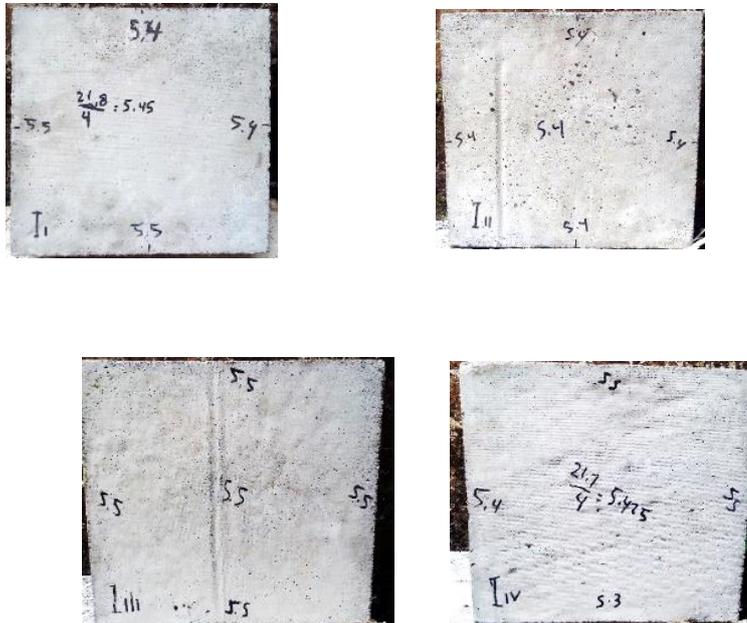
No	Nilai Intensitas (mGy)
1	2,514
2	2,517
3	2,515
Rata-rata	2,515333333

Setelah diketahui nilai intensitas tanpa menggunakan penahan, maka selanjutnya dicari nilai intensitas radiasi pada setiap penahan dengan cara menaruh beton tepat diatas detektor dan melakukan eksposi dengan pengaturan yang sama seperti tanpa menggunakan penahan. Pengaturan pengambilan nilai intensitas tersebut dilakukan pula pada setiap betonnya.

Setelah didapatkan nilai intensitas tanpa penahan dan dengan penahan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan persamaan $D_x = D_0 \cdot e^{-\mu x}$ untuk mencari besaran nilai μ dari masing-masing beton.

Sebelum menuju ke langkah selanjutnya, perlu diketahui cara pengolahan campuran serta hasil analisa perhitungan dosis radiasi sinar-X yang dilakukan pada masing-masing variasi beton, sehingga dapat dilihat sebagai berikut :

1. Variasi Semen dan Pasir 1s:1p



Gambar 1. Cetakan Beton Variasi 1s:1p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 1 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata 5,45 cm, beton b memiliki ketebalan rata-rata 5,4 cm, beton c memiliki ketebalan rata-rata 5,5 cm dan beton d memiliki ketebalan rata-rata 5,425 cm.

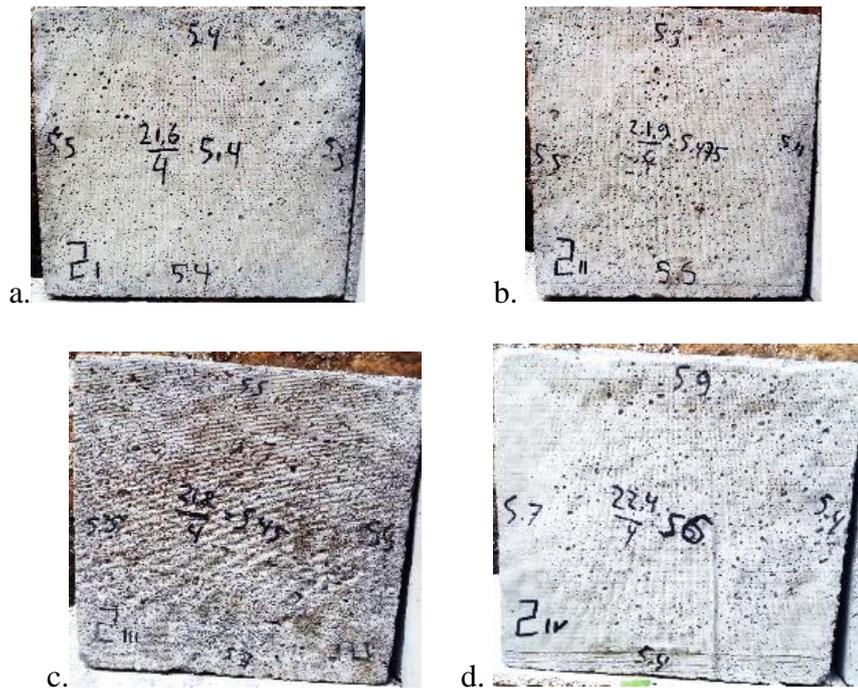
Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapati nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:1p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
1	5,45	0,03368	0,791423197	0,875823685
		0,03369	0,791368726	0,875883969
		0,03329	0,793560286	0,873465057
2	5,4	0,03447	0,794457635	0,872478468
		0,03466	0,79343969	0,873597816
		0,03459	0,793814072	0,873185806
3	5,5	0,02972	0,80697098	0,858949327
		0,0297	0,807093376	0,858819068
		0,02956	0,807952457	0,857905901
4	5,425	0,03532	0,786306219	0,881523208
		0,03508	0,787563031	0,880116452
		0,03447	0,79079654	0,87651772
	Rata-rata		0,795395518	0,871522206

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 2 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:1p memiliki nilai rata-rata 0,795395518 cm⁻¹ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata 0,871522206 cm. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:1p memiliki tekstur yang bagus dan tidak mudah terkikis.

2. Variasi Semen dan Pasir 1s:2p



Gambar 2. Cetakan Beton Variasi 1s:2p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 2 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata 5,4 cm, beton b memiliki ketebalan rata-rata 5,475 cm, beton c memiliki ketebalan rata-rata 5,45 cm dan beton d memiliki ketebalan rata-rata 5,6 cm.

Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapati nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

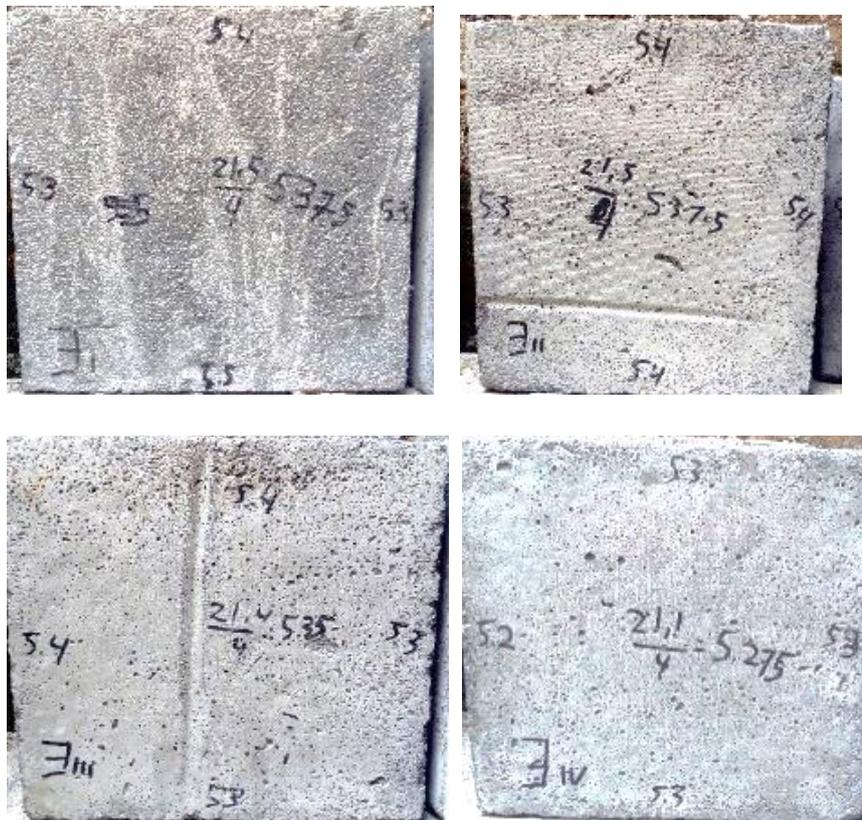
Tabel 2. Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:1p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
1	5,4	0,02748	0,836426323	0,828700821
		0,02746	0,836561115	0,828567261
		0,0274	0,836966222	0,828166254
2	5,475	0,02788	0,822328955	0,842907424
		0,02778	0,822985256	0,842235235
		0,02799	0,821609737	0,843645285

3	5,45	0,02811	0,82459362	0,840592462
		0,02822	0,823877003	0,841323618
		0,02828	0,823487297	0,841721764
4	5,6	0,02571	0,818442963	0,846909574
		0,02579	0,817888177	0,847484045
		0,0258	0,81781895	0,847555783
	Rata-rata		0,825248804	0,839984127

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 3 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:2p memiliki nilai rata-rata 0,825248804 cm⁻¹ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata 0,839984127 cm. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:2p memiliki tekstur yang bagus dan tidak mudah terkikis.

3. Variasi Semen dan Pasir 1s:3p



Gambar 3. Cetakan Beton Variasi 1s:3p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 3 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata 5,375 cm, beton b memiliki ketebalan rata-rata 5,375 cm, beton c memiliki ketebalan rata-rata 5,35 cm dan beton d memiliki ketebalan rata-rata 5,275 cm.

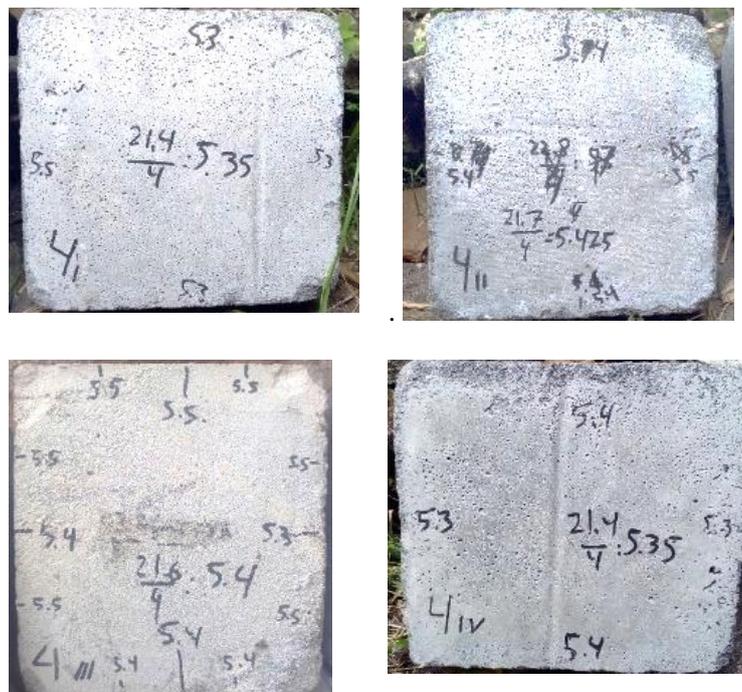
Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapat nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:3p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
1	5,375	0,02967	0,82605101	0,839109416
		0,02968	0,825988315	0,839173107
		0,02971	0,825800358	0,839364108
		0,02701	0,843526222	0,821725706
2	5,375	0,02698	0,843732979	0,821524342
		0,02686	0,844562311	0,820717633
		0,03222	0,81449967	0,851009775
		0,03198	0,815897178	0,849552124
3	5,35	0,03198	0,815897178	0,849552124
		0,03058	0,835983775	0,829139514
		0,03051	0,83641822	0,828708849
		0,03074	0,834994478	0,830121873
Rata-rata			0,830279308	0,834974881

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 4 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:3p memiliki nilai rata-rata 0,830279308 cm⁻¹ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata 0,834974881 cm. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:3p memiliki tekstur yang bagus dan tidak mudah terkikis.

4. Variasi Semen dan Pasir 1s:4p



Gambar 4 Cetakan Beton Variasi 1s:4p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 4 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata 5,35 cm, beton b memiliki ketebalan rata-rata 5,425 cm, beton c memiliki ketebalan rata-rata 5,4 cm dan beton d memiliki ketebalan rata-rata 5,35 cm.

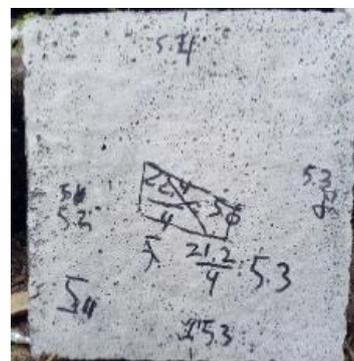
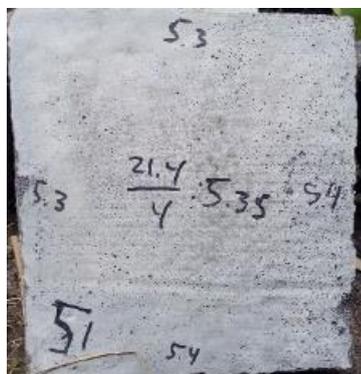
Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapat nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

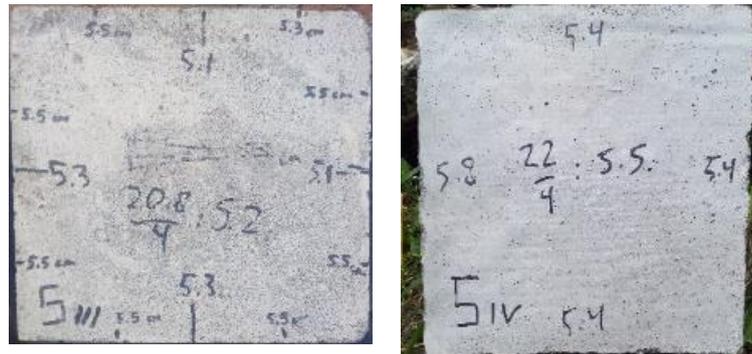
Tabel 5 Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:4p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
1	5,35	0,02883	0,83306162	0,832047911
		0,02901	0,831898239	0,833211501
		0,02886	0,83286722	0,83224212
2	5,425	0,02722	0,832137176	0,832972255
		0,02736	0,831191537	0,833919921
		0,02726	0,831866498	0,833243293
3	5,4	0,02757	0,839778378	0,825392983
		0,02737	0,841126656	0,824069925
		0,02741	0,840856214	0,824334968
4	5,35	0,02861	0,834493434	0,830620293
		0,02881	0,833191333	0,831918376
		0,02862	0,834428113	0,830685316
	Rata-rata		0,834741368	0,830388238

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 5 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:4p memiliki nilai rata-rata 0,834741368 cm⁻¹ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata 0,830388238 cm. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:4p memiliki tekstur yang bagus dan tidak mudah keropos walaupun perbedaan jumlah pasirnya lebih banyak dari pada semen.

5. Variasi Semen dan Pasir 1s:5p





Gambar 5 Cetakan Beton Variasi 1s:5p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 5 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata 5,35 cm, beton b memiliki ketebalan rata-rata 5,3 cm, beton c memiliki ketebalan rata-rata 5,2 cm dan beton d memiliki ketebalan rata-rata 5,5 cm.

Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapat nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

Tabel 6. Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:5p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
1	5,35	0,02744	0,842298014	0,822923916
		0,02759	0,841279026	0,823920672
		0,02769	0,840602774	0,824583504
2	5,3	0,02936	0,83748358	0,827654651
		0,02914	0,838902713	0,826254546
		0,02928	0,837998394	0,827146192
3	5,2	0,03386	0,832557133	0,832552089
		0,0338	0,832898205	0,832211159
		0,03398	0,831876798	0,833232976
4	5,5	0,02433	0,841197459	0,824000564
		0,02483	0,837498833	0,827639578
		0,02493	0,836768051	0,828362387
Rata-rata			0,837613415	0,827540186

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 6 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:5p memiliki nilai rata-rata 0,837613415 cm⁻¹ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata 0,827540186 cm. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:5p memiliki tekstur yang bagus dan tidak mudah terkikis walaupun perbedaan jumlah pasirnya lebih banyak dari pada semen.

6. Variasi Semen dan Pasir 1s:6p



Gambar 6. Cetakan Beton Variasi 1s:6p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 2 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata 5,5 cm, beton b memiliki ketebalan rata-rata 5,15 cm, beton c memiliki ketebalan rata-rata 5,45 cm dan beton d memiliki ketebalan rata-rata 5,35 cm.

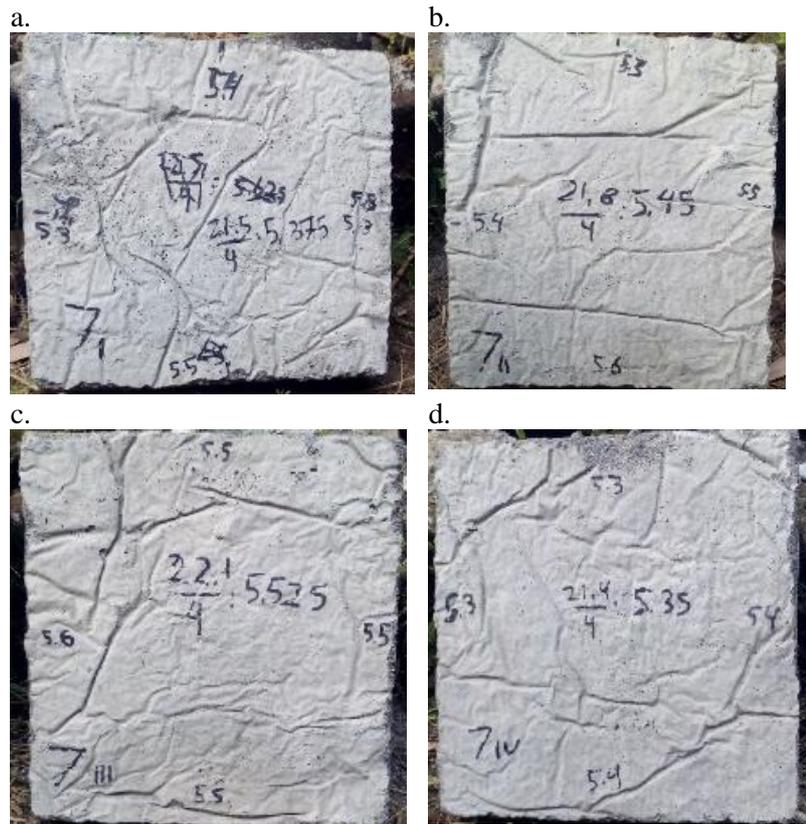
Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapati nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

Tabel 7 Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:6p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
1	5,5	0,02614	0,828150813	0,836981827
		0,02609	0,828498924	0,836630152
		0,02617	0,827942266	0,837192651
2	5,15	0,03237	0,849378524	0,816063935
		0,03256	0,848242122	0,817157228
		0,0325	0,848600268	0,816812352
3	5,45	0,02581	0,838079663	0,827065983
		0,02577	0,838364248	0,826785233
		0,02579	0,838221901	0,826925639
4	5,35	0,02984	0,826625496	0,838526254
		0,02923	0,830486093	0,834628281
		0,02963	0,827945573	0,837189307
Rata-rata			0,835877991	0,829329903

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 7 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:6p memiliki nilai rata-rata $0,835877991 \text{ cm}^{-1}$ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata $0,829329903 \text{ cm}$. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:6p memiliki tekstur yang mudah terkikis karena perbedaan jumlah pasirnya lebih banyak dari pada semen.

7. Variasi Semen dan Pasir 1s:7p



Gambar 7 Cetakan Beton Variasi 1s:1p

Masing-masing beton dengan variasi campuran 1 semen dan 3 pasir memiliki rata-rata ketebalan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 dimana beton a memiliki ketebalan rata-rata $5,375 \text{ cm}$, beton b memiliki ketebalan rata-rata $5,45 \text{ cm}$, beton c memiliki ketebalan rata-rata $5,525 \text{ cm}$ dan beton d memiliki ketebalan rata-rata $5,35 \text{ cm}$.

Setiap beton tersebut selanjutnya dilakukan tahap pengambilan nilai intensitas radiasi dengan pengaturan yang sudah ditentukan sehingga didapati nilai Koefisien Atenuasi Linier dan nilai HVL sebagai berikut :

Tabel 8. Nilai Intensitas Radiasi Pada Beton Variasi 1s:7p

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm^{-1})	Half Value Layer (cm)
1	5,375	0,02847	0,831524703	0,833585795
		0,02852	0,831198248	0,833913188
		0,02811	0,833892241	0,831219127

No.	Tebal (cm)	Expose (mGy)	Koefisien Atenuasi Linier (cm ⁻¹)	Half Value Layer (cm)
2	5,45	0,02748	0,826575727	0,838576743
		0,02798	0,823267194	0,841946801
		0,02799	0,823201629	0,84201386
3	5,525	0,02563	0,827969708	0,837164903
		0,02562	0,828040341	0,837093492
		0,02579	0,826843323	0,838305349
4	5,35	0,02667	0,847618101	0,817758823
		0,02662	0,847968853	0,817420567
		0,02685	0,846360815	0,818973621
Rata-rata			0,83287174	0,832331022

Pembahasan

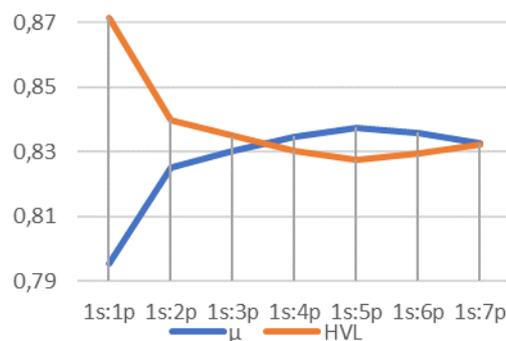
Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi pada tabel 8 diketahui bahwa nilai Koefisien Atenuasi Linier keseluruhan pada variasi beton dengan komposisi 1s:7p memiliki nilai rata-rata 0,83287174 cm⁻¹ dan nilai HVL yang didapatkan dengan nilai rata-rata 0,832331022 cm. Selain itu secara visual pada beton dengan komposisi 1s:7p memiliki tekstur yang sangat mudah terkikis karena perbedaan jumlah pasirnya lebih banyak dari pada semen.

Dari hasil pengolahan data di atas maka didapatkan nilai rata-rata keseluruhan variasi beton 1s:1p, 1s:2p, 1s:3p, 1s:4p, 1s:5p, 1s:6p dan 1s:7p sebagai berikut :

Tabel 9 Nilai Rata-rata Intensitas Radiasi Pada Seluruh Variasi Beton

No.	Variasi Beton	Nilai Rata-Rata	
		μ (cm ⁻¹)	HVL (cm)
1	1s:1p	0,795395518	0,871522206
2	1s:2p	0,825248804	0,839984127
3	1s:3p	0,830279308	0,834974881
4	1s:4p	0,834741368	0,830388238
5	1s:5p	0,837613415	0,827540186
6	1s:6p	0,835877991	0,829329903
7	1s:7p	0,83287174	0,832331022

Nilai rata-rata intensitas radiasi terhadap keseluruhan variasi beton yang sudah didapatkan di atas, selanjutnya disajikan dalam bentuk diagram garis sebagai berikut



Gambar 8 Diagram Garis Nilai μ dan HVL Keseluruhan Variasi Beton

Dari diagram di atas dapat diketahui bahwa penelitian tersebut membuktikan semakin bertambah komposisi pasir dalam pembuatan beton sebagai penahan radiasi, maka semakin bagus nilai intensitas yang didapatkan.

Untuk menilai bagus atau tidaknya suatu beton sebagai penahan radiasi bergantung pada nilai koefisien atenuasi yang didapatkan. Rahmawati (2011) mengemukakan bahwa, semakin kecil koefisien atenuasi berarti kemampuan serapannya terhadap sinar radiasi juga semakin rendah. Itu mengartikan bahwa, semakin tinggi nilai koefisien atenuasi yang didapatkan setelah dilakukan radiasi sinar-X juga semakin tinggi daya serapan bahan tersebut terhadap sinar radiasi.

Dilihat dari segi nilai intensitas, variasi beton dengan perbandingan 1s:5p memiliki nilai yang lebih bagus dibandingkan variasi beton lainnya yang memiliki nilai rata-rata koefisien atenuasi $0,837613415 \text{ cm}^{-1}$ dan rata-rata nilai HVL $0,827540186 \text{ cm}$. Dari segi visual, variasi beton dengan perbandingan 1s:1p, 1s:2p, 1s:3p, 1s:4p dan 1s:5p merupakan pencampuran dengan hasil yang bagus dimana beton-beton tersebut sangat kuat, tidak mudah retak dan tidak mudah terkikis.

Menurut peneliti, dari hasil eksperimen yang dilakukan dalam pembuatan beton sebagai penahan radiasi dengan menggunakan satu jenis pasir, variasi beton dengan perbandingan campuran 1 semen dan 5 pasir merupakan pencampuran yang memiliki nilai intensitas radiasi yang cukup bagus dan lebih unggul karena nilai rata-rata koefisien atenuasi linier yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan beton lainnya yaitu $0,837613415 \text{ cm}^{-1}$ dan rata-rata nilai HVL lebih rendah yaitu $0,827540186 \text{ cm}$. Selain itu dari segi visual pada gambar 4.5, tekstur yang dimiliki terlihat tidak mudah retak dan tidak mudah terkikis. Hal ini sudah bisa dijadikan sebagai landasan komposisi campuran pasir dan semen untuk pembuatan dinding beton ruang kerja radiologi.

Dalam Peraturan Kepala BAPETEN nomor 08 tahun 2011 menyatakan bahwa, dinding ruangan untuk semua jenis pesawat sinar-X yang terbuat dari beton memiliki ketebalan 20 cm. Dalam penelitian yang peneliti lakukan menggunakan beton dengan ketebalan 5 cm. Oleh karena itu, peneliti menyarankan dalam pembuatan dinding konstruksi bangunan dari beton dengan menggunakan variasi campuran 1 semen dan 5 pasir dengan jenis pasir pantai Selatan harus memiliki ketebalan 20 cm. Semakin tebal dinding yang dimiliki, maka semakin bagus dalam menahan radiasi dan semakin kuat tekstur yang dimiliki.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan adalah variasi beton dengan perbandingan 1s:5p memiliki nilai yang lebih bagus dibandingkan variasi beton lainnya dengan nilai rata-rata koefisien atenuasi linier yang didapatkan lebih tinggi yaitu $0,837613415 \text{ cm}^{-1}$ dan rata-rata nilai HVL lebih rendah yaitu $0,827540186 \text{ cm}$. Serta dari segi tekstur dan ketahanan, variasi beton dengan 1s:1p, 1s:2p, 1s:3p, 1s:4p dan 1s:5p merupakan pencampuran dengan hasil yang bagus dimana beton-beton tersebut sangat kuat, tidak mudah retak dan tidak mudah terkikis

Saran

Dalam pembuatan pengolahan campuran beton sebaiknya dilakukan di atas bidang yang rata dengan menggunakan alat watherpass supaya beton memiliki permukaan yang rata dan mendapatkan ketebalan yang ditargetkan. Dalam kontruksi pembuatan dinding bangunan pesawat sinar-X menggunakan beton dengan variasi campuran 1 semen dan 5 pasir yang menggunakan jenis pasir pantai Selatan harus memiliki ketebalan 20 cm. Semakin tebal dinding yang dimiliki, maka semakin bagus dalam menahan radiasi dan semakin kuat tekstur yang dimiliki.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPETEN. Peraturan Kepala PABETEN No.8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik dan Intervensial. Jakarta: BAPETEN. 2011.
- Dumyati, Ahmad. Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal fropil. 2015. Vol. 3. Hal. 1-13.
- Fakhrurreza, M., Astari, Fisnandya Meita. Desain Bangun Anti Radiasi : Analisis Jenis Pasir Lokal untuk Mendapatkan Beton Yang Tahan Radiasi Sinar-X. Jimed, Vol. 5, No. 1 Semarang : Poltekes Semarang. 2018
- Haryati, Endang & khaeriah dahlan. Analisis Karakterisasi Beton Berat Menggunakan Pasir Besi Sebagai Perisai Radiasi Nuklir. Prosiding Seminar Nasional Fisika, Vol. IV, Oktober 2015.
- Indrati, Rini. dkk.. Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik & Intervensial. Magelang : Inti Media Pustaka. 2017
- Korwa,junet,I.S dkk. Karakteristik Sedimen Litoral Dipantai Sindulang Satu. Jurnal pesisir dan laut tropis. 2013. Vol. 1. Hal. 48-54.
- Mulyati dan Herman. Komposisi Dan Kuat Tekan Beton Pada Campuran Portland Composite Cement, Pasir Dan Kerikil Sungai Dari Beberapa Quarry Di Kota Padang. Vol.17 No.2. Agustus 2015. ISSN : 1693-752X
- Rahmawati, Anis dan Ika Setyaningsih. Pengaruh Faktor Air Semen Pada Beton Normal Sebagai Perisai Radiasi Sinar Gamma. Dinamika Teknik Sipil, Vol. 11, No. 1, Januari 2011. Hal. 16-21.
- Rasad, S. Radiologi Diagnostik. Edisi Kedua. Cetakan ke 9. Jakarta : Badan Penerbit FKUI. 2015.
- Supriyono puji. Keamanan Peralatan Radiasi Pengion Dikaitkan Dengan Perlindungan Hukum Bagi Tenaga Kesehatan di Bidang Radiologi Diagnostik, Vol. 1, No. 1, Tahun 2011. Soeptra Hukum Kesehatan.
- Sutomo. Desain Bangunan Utama Iradiator Gamma Kapasitas 200 kCi Untuk Iradiasi Bahan Pangan. Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN. Vol. 10, No. 2, November 2013. ISSN : 1411—0296.
- Syahria, Setiawati E & Firdausi KS. Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. Berkala Fisika. 2012 15(4):123-132.
- Tjokrodimuljo, K. Teknologi Bahan Bangunan. Yogyakarta : Andi Ofset. 2015.
- Unfors RaySafe. Manual Book. . 2014. 03. 5001083-3

- Utami, Asih P., Sudibyo D. S., dan Fadli F. Radiologi Dasar 1 Aplikasi Dalam Teknik Radiografi, Anatomi Radiologi dan Patofisiologi (Ekstremitas Atas, Ekstremitas Bawah dan Vertebra). Magelang : Inti Media Pustaka. 2014
- Winarni,Sri dan Budhi handoko. Optimalisasi Karakteristik Kualitas Lead-Slag Perisai Radiasi Beton Menggunakan Metode Grey-Taguchi Desirability Function. Spektra : Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. 1, No. 2, Desember 2016. Hal. 171-178