

DESAIN BANGUN ANTI RADIASI : ANALISIS JENIS PASIR LOKAL UNTUK MENDAPATKAN BETON YANG TAHAN RADIASI SINAR-X

ANTI RADIATION BUILDING DESIGN: LOCAL SAND TYPE ANALYSIS TO GET CONCRETE X-RADIATION RESISTANT X-RAY

M.Fakhrurreza¹⁾, Fisnandya Meita Astari²⁾
^{1,2)} Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta
e-mail: muhammad.fakhrurreza@unisayogya.ac.id.

ABSTRACT

Background : There are three ways to protect yourself from the danger of radiation, namely by regulating the length of irradiation (the effect of time), the use of anti-radiation material (shielding), and adjusting the distance from the radiation source (distance). In order to be safe in carrying out x-ray irradiation, patients and operators must take three steps so that radiation hazards can be minimized (Nunung, 2004). One way to check the danger of external radiation is to use a radiation barrier. This method is generally preferred, because it creates safe working conditions. Besides that the time and distance factors can be monitored continuously at the time of work, so that radiation workers can be guaranteed safety.

Methods: This research is quantitative research with an experimental approach. The method of data collection in this study is observation, direct experiments and documentation. The types of sand to be used in this study are south beach sand, opaque sand, progo sand, white mountain sand and volcanic sand.

Result : Concrete using sand material from South Beach has the lowest HVL value of 0.8644cm.

Conclusion : The HVL value possessed by concrete with South Beach sand material is most effective in resisting x-ray radiation.

Keywords : Linear Attenuation Coefficient, X-Ray Radiation, Concrete.

PENDAHULUAN

Radiasi merupakan pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas partikel atau gelombang elektromagnetik/cahaya (foton) dari sumber radiasi. Jenis radiasi secara garis besar digolongkan menjadi radiasi pengion dan radiasi non pengion. Radiasi pengion adalah jenis radiasi yang dapat menyebabkan proses ionisasi (terbentuknya ion positif dan ion negatif) apabila berinteraksi dengan materi. Yang termasuk dalam jenis radiasi pengion adalah partikel alpha, partikel beta, sinar gamma, sinar-x dan neutron.

Cara untuk melindungi diri dari bahaya radiasi ada tiga cara yaitu dengan mengatur lama penyinaran (pengaruh waktu), penggunaan bahan anti radiasi (silding), dan mengatur jarak dengan sumber radiasi (jarak). Supaya lebih aman dalam melakukan penyinaran sinar-x, pasien dan operator harus melakukan tiga langkah pengamanan supaya bahaya radiasi dapat diminimalisir (Nunung, 2004).

Salah satu cara untuk mengendalikan bahaya radiasi eksterna adalah dengan menggunakan penahan radiasi. Metode ini yang biasanya lebih disukai, oleh karena menciptakan kondisi kerja yang aman. Disamping itu,

faktor waktu dan jarak dapat dipantau terus menerus pada waktu pelaksanaan kerja, agar pekerja radiasi dapat terjamin keselamatannya. Apabila radiasi sinar X dan gamma melalui sesuatu bahan dan mengalami pelemahan secara eksponensial. Dosis yang disebabkan oleh radiasi sinar x dan gamma sesudah melalui penahan radiasi adalah $D_x = D_o \cdot e^{-\mu x}$. Dimana D_o adalah laju dosis tanpa penahan radiasi dan D_t adalah laju dosis sesudah melalui penahan radiasi dengan ketebalan t dan koefisien absorbs μ .

Apabila sinar gamma berinteraksi dengan bahan maka radiasi tersebut tidak diserap seluruhnya oleh bahan. Radiasi tersebut akan mengalami atenuasi atau pengurangan intensitas. Proses atenuasi ini mengikuti fungsi eksponensial sebagai berikut :

$$D_x = D_o \cdot e^{-\mu x}$$

(Indrati dkk, 2017)

Keterangan :

D_x : laju dosis serap setelah melewati penahan setebal x

D_o : laju dosis serap awal tanpa penahan setebal x

x : tebal bahan

μ : koefisien atenuasi linier

Koefisien atenuasi linier bergantung pada jenis bahan, energi radiasi, kerapatan bahan penahan, dan nomor atom bahan. Koefisien ini dinyatakan dalam mm^{-1} atau cm^{-1} . Penentuan tebal penahan dihitung dengan menggunakan HVL (*Half Value Layer*) atau TVL (*Tenth Value Layer*). HVL adalah tebal bahan yang diperlukan untuk mengurangi intensitas/laju dosis radiasi menjadi setengah dari intensitas/laju dosis mula-mula.

Rumus HVL adalah sebagai berikut :

$$\text{HVL} = \frac{0,693}{\mu}$$

(Indrati dkk, 2017)

Adapun desain ruangan yang harus dimiliki pada setiap instalasi radiologi meliputi ukuran ruangan minimal ruangan radiasi sinar-x adalah panjang 4 meter, lebar 3 meter, tinggi 2,8 meter. Ukuran tersebut tidak termasuk ruang operator dan kamar ganti pasien. Tebal dinding suatu ruangan radiasi sinar-x sedemikian rupa sehingga penyerapan radiasinya setara dengan penyerapan radiasi dari timbal setebal 2 mm. Tebal dinding yang terbuat dari beton dengan rapat jenis 2,35 gr/cc adalah 15 cm. Tebal dinding yang terbuat dari bata dengan plester adalah 25 cm. Pintu dan Jendela. Pintu serta lobang-lobang yang ada di dinding (misal lobang stop kontak, dll) harus diberi penahan-penahan radiasi yang setara dengan 2 mm timbal. Di depan pintu ruangan radiasi harus ada lampu merah yang menyala ketika meja kontrol pesawat dihidupkan (BAPETEN, 2012).

Hampir semua dinding yang sudah jadi selalu diberi lapisan plester. Kecuali jika dinding ekspose dengan tujuan untuk menonjolkan tampilan bata. Maka tak heran jika plesteran selalu diidentifikasi sebagai tembok atau dinding meski ada elemen lain yang membutuhkan lapisan. Lapisan plester sebagai lapisan pelindung dari pengaruh cuaca luar, menjadi komponen bangunan yang akan memperkuat bangunan terutama ketika gempa terjadi dan pada gedung radiasi sebagai penahan radiasi yang dihasilkan dari sumber radiasi (Nugraha, 2007).

Semen Portland merupakan bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat tersebut. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi sangat penting. (Dumyati, 2015).

Secara umum proses pembuatan semen adalah :

1. Penambangan bahan baku.
2. Persiapan dan penyediaan bahan mentah/baku. Bahan baku hasil penambangan dipecah dengan mesin

pemecah, digiling halus, dicampur merata dalam perbandingan tertentu yang telah dihitung sebelumnya dan dilakukan di mesin pencampur.

3. Pembakaran. Bahan baku dimasukkan ke dalam tungku pembakaran dan dibakar sampai suhu 1450°C sehingga berbentuk terak.
4. Penggilingan Terak dan penambahan Gips. Terak yang sudah dingin (suhu $\pm 90^{\circ}$) digiling halus bersama-sama dengan gips.
5. Pengepakan.

Dari penelitian yang dilakukan Damasus Riyanto (2015) terungkap bahwa mineral primer yang dominan di lokasi Kaliurang dan Cangkringan adalah Plagioklas dan Hornblende, di lokasi Berbah adalah Plagioklas, Piroksen, campuran mineral Opak dan Mika yang kaya cadangan unsur K. Mineral sekunder di ketiga lokasi didominasi mineral lempung halloisit, sedang di Berbah terdapat campuran hidrous mika.

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dumyati, 2015).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi sifat beton adalah sebagai berikut :

- a) Kualitas semen (apabila digunakan untuk konstruksi beton bertulang pada umumnya dipakai jenis semen yang memenuhi syarat).
- b) Proporsi semen terhadap campuran.
- c) Kekuatan dan kebersihan agregat.
- d) Interaksi antara pasta semen dengan agregat.
- e) Pencampuran yang cukup dari bahan- bahan pembentuk beton.
- f) Penempatan yang benar, penyelesaian, dan pemadatan beton.
- g) Perawatan beton.

Adapun kelemahan beton adalah sebagai berikut :

- a) Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c) Mempunyai bobot yang berat.
- d) Daya pantul suara yang besar.

Sedangkan kelebihan beton ini adalah sebagai berikut :

- a) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b) Mampu memikul beban yang berat.
- c) Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
- d) Biaya pemeliharaan yang kecil (Dumyati, 2015).

Bahan penyusun plester dinding biasanya hanya terdiri dari semen dan pasir dengan perbandingan tertentu. Perbedaan perbandingan antara semen dan pasir akan

mempengaruhi kekuatan dari hasil akhir plester tersebut. Perbedaan kualitas maupun jenis pasir juga dapat mempengaruhi sifat fisis dari plesteran juga.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah perbedaan jenis pasir akan memiliki perbedaan koefisien atenuasi linier pada beton. Sedangkan tujuannya yaitu untuk mengetahui jenis pasir untuk mendapatkan beton yang tahan terhadap radiasi sinar X.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli 2018 dan selesai pada bulan September 2018, dengan hasil jenis pasir yang memiliki koefisien atenuasi linier yang terbaik untuk proteksi radiasi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Radiologi Gedung B Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Alat-alat:

- a) Pesawat sinar-X
- b) Cetakan semen berupa wadah terbuat dari kayu dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 5 cm
- c) Detektor sinar-x
- d) Microsoft excel
- e) Perangkat komputer

2. Bahan habis pakai

- a) Akuades
- b) Semen Portland
- c) Pasir pantai selatan, pasir kali opak, pasir kali progo, pasir putih gunung kidul dan pasir gunung merapi.

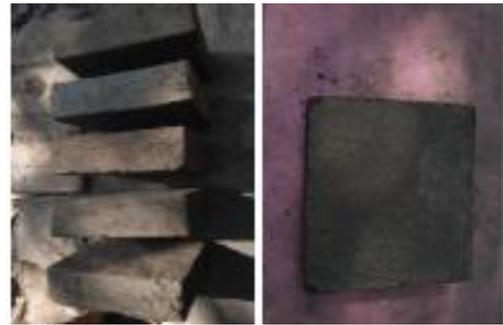
Prosedur pelaksanaan penelitian dirumuskan dalam alur sebagai berikut:

1. Buat kotak kayu yang digunakan untuk mencetak beton dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 5 cm dengan banyak yang dibutuhkan.



Gambar 2. Kotak kayu untuk membuat cetakan semen

2. Campur air dan pasir dengan perbandingan 1 semen berbanding 2 pasir lalu ditambah air secukupnya.
3. Aduk adonan semen tersebut sampai tercampur merata.
4. Cetak adonan semen tersebut kedalam kotak kayu yang telah dibuat untuk membuat beton.



Gambar 3. Semen yang sudah tercetak dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 5 cm

5. Setiap satu jenis pasir dibuat 5 cetakan semen.
6. Tunggu 7 hari sampai semen benar-benar kering menjadi beton dan dilepaskan dari cetakan.
7. Lakukan pengujian dengan cara :
 - a. Uji dosis radiasi awal pesawat sinar-x dengan cara radiasi detector dan catat dosis radiasi awal pesawat sinar-x tanpa ada penghalang beton.



Gambar 4. Pengambilan data dosis awal tanpa penghalang beton

- b. Letakkan beton diantara pesawat sinar-x dan detektor, kemudian lakukan radiasi.



Gambar 5. Pengujian dosis radiasi setelah dilapisi beton

- c. Catat dosis radiasi setelah ada penghalang beton. Ulangi dengan masing-masing beton.

8. Lakukan analisis dengan persamaan $D(x) = D_0 \cdot e^{-\mu x}$ untuk mencari besaran nilai μ dari masing-masing beton.
9. Cari ketebalan paruh (*Half-Value Layer/HVL*) untuk masing-masing beton untuk dicari jenis pasir yang paling baik dalam menahan radiasi sinar-x.

Prosedur analisis data dirumuskan dalam alur sebagai berikut:

1. Setiap masing-masing beton dengan pasir tertentu cari rata-rata intensitas radiasinya.
2. Lakukan analisis dengan persamaan $D(x) = D_0 \cdot e^{-\mu x}$ untuk mencari besaran nilai μ dari masing-masing beton.
3. Cari ketebalan paruh (*half-value layer/HVL*) untuk masing-masing beton untuk dicari jenis pasir yang paling baik dalam menahan radiasi sinar-x.

Dari hasil analisis tersebut akan didapatkan nilai HVL dari masing-masing beton dengan kandungan pasir tertentu. Dari nilai HVL tersebut akan dapat diketahui pasir mana saja yang paling bagus yang dapat dijadikan campuran semen yang akan digunakan pada pembuatan gedung radiologi. Semakin kecil nilai HVLnya maka akan semakin bagus untuk dijadikan campuran semen pada gedung radiologi.

HASIL

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan Pesawat DR-X, X-ray Multimeter [Gambar 6] dan 5 jenis Beton (Pasir Pantai Selatan, Pasir Kali Opak, Pasir Kali Progo, Pasir Putih Pantai Gunung Kidul dan Pasir Gunung Merapi) menggunakan perbandingan (1:2) dengan 5 kali cetakan pada setiap jenis betonnya.



Gambar 6. Pesawat Samsung DR XGEO GF50 dan X-ray Multimeter



Gambar 7. Hasil keluaran RaySafe X2 tanpa ada penghalang beton



Gambar 8. Hasil keluaran RaySafe X2 setelah diberi penghalang beton

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, di dapatkan hasil dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Dosis Radiasi Hasil Pengujian Beton

Ke-	D ₀ (Dosis Awal) Gray	D _x (Dosis Akhir Setelah Menembus Beton 5cm) Gray				
		Pasir Pantai Selatan	Pasir Kali Opak	Pasir Kali Progo	Pasir Putih Pantai GK	Pasir Gunung Merapi
1	0,002699 Gy	0,00004599 Gy	0,0001073 Gy	0,0000695 Gy	0,00006692 Gy	0,00006356 Gy
2	-	0,00005785 Gy	0,0001036 Gy	0,00006478 Gy	0,00006727 Gy	0,00007049 Gy
3	-	0,0000445 Gy	0,0001069 Gy	0,00007635 Gy	0,00007523 Gy	0,00006860 Gy
4	-	0,00004738 Gy	0,000110 Gy	0,00007321 Gy	0,00007593 Gy	0,00006428 Gy
5	-	0,00005041 Gy	0,0001221 Gy	0,00007437 Gy	0,00006238 Gy	0,00008660 Gy
Rata-rata		0,00004923 Gy	0,0001100 Gy	0,00007165 Gy	0,00006955 Gy	0,00007070 Gy

Setelah di dapatkan nilai Dx pada tabel 1 (nilai Dosis setelah menembus beton 5 cm) dalam satuan Gray, mencari nilai μ. Yakni melalui rumus :

$$D_x = D_0 \cdot e^{-\mu x}$$

$$\frac{D_x}{D_0} = e^{-\mu x} \text{ (memasukkan rumus)}$$

$$\ln \frac{D_x}{D_0} = -\mu x$$

$$-\mu x = \ln \frac{D_x}{D_0}$$

$$\mu = -\frac{\ln \frac{D_x}{D_0}}{x}$$

Nilai μ (koefisien atenuasi linier) untuk masing-masing beton terdapat pada tabel 2, yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. Koefisien Atenuasi Linier masing-masing Beton dengan Pasir Tertentu

No	Jenis Pasir	Nilai μ (koefisien atenuasi linier)
1	Pasir Pantai Selatan	0,8017
2	Pasir Kali Opak	0,6404
3	Pasir Kali Progo	0,7260
4	Pasir Putih Pantai Gunung Kidul	0,7323
5	Pasir Gunung Merapi	0,7297

Pada tabel 2, nilai μ (koefisien atenuasi linier) yang telah dihasilkan tersebut lalu dimasukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai HVL.

Yakni melalui rumus :

$$HVL = \frac{0,693}{\mu}$$

(Indrati dkk, 2017)

Di dapatkan nilai HVL untuk masing-masing beton dalam terdapat pada tabel 3, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3. HVL masing-masing Beton dengan Pasir Tertentu

No	Jenis Pasir	Nilai HVL (Half Value Layer)
1	Pasir Pantai Selatan	0,8644 cm
2	Pasir Kali Opak	1,0821 cm
3	Pasir Kali Progo	0,9545 cm
4	Pasir Putih Pantai Gunung Kidul	0,9464 cm
5	Pasir Gunung Merapi	0,9497 cm

DISKUSI

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan alat dan bahan sebagai berikut : Pesawat Samsung DR XGEO GF50, X-ray Multimeter, Beton, Laptop dan Software X-ray Multimeter. Beton yang kami gunakan yakni menggunakan perbandingan 1:2 (semen:pasir) dengan ketebalan 5 cm, panjang dan lebar 20 cm. Jenis pasir yang digunakan yaitu Pasir Pantai Selatan, Pasir Kali Opak, Pasir Kali Progo, Pasir Putih Pantai Gunung Kidul dan Pasir Gunung Merapi. Masing-masing beton kami cetak dalam 5 cetakan yang berbeda.

Langkah awal dalam penelitian ini yakni mengukur Dosis awal tanpa menggunakan beton. Di dapatkan nilai dosis awal (D₀) yakni 0,002699 Gy. Selanjutnya diukur nilai dosis setelah menembus beton (D_x), didapatkan hasil untuk masing-masing beton menggunakan Pasir Pantai Selatan, Pasir Kali Opak, Pasir Kali Progo, Pasir Putih Pantai Gunung Kidul dan Pasir Gunung Merapi yakni 0,00004923 Gy, 0,0001100 Gy, 0,00007165 Gy, 0,00006955 Gy dan 0,00007070 Gy. Nilai tersebut merupakan nilai rata-rata dari 5 cetakan pada masing-masing beton.

Setelah didapatkan nilai D_x dan D₀, kemudian menghitung nilai μ (koefisien atenuasi linier). Yakni dengan rumus :

$$\mu = -\frac{\ln \frac{D_x}{D_0}}{x}$$

(Indrati dkk, 2017)

Nilai μ (koefisien atenuasi linier) untuk masing-masing beton dengan menggunakan Pasir Pantai Selatan, Pasir Kali Opak, Pasir Kali Progo, Pasir Putih Pantai Gunung Kidul dan Pasir Gunung Merapi yakni 0,8017; 0,6404; 0,7260; 0,7323; dan 0,7297.

Kemudian, nilai μ (koefisien atenuasi linier) tersebut kami masukkan ke dalam rumus :

$$HVL = \frac{0,693}{\mu}$$

μ

(Indrati dkk, 2017)

Rumus tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai HVL (*Half Value Layer*) pada masing-masing beton. Nilai HVL yang didapat untuk masing-masing beton dengan menggunakan Pasir Pantai Selatan, Pasir Kali Opak, Pasir Kali Progo, Pasir Putih Pantai Gunung Kidul dan Pasir Gunung Merapi yakni 0,8644 cm, 1,0821 cm, 0,9545 cm, 0,9464 cm dan 0,9497 cm.

Dari nilai HVL yang diperoleh, dapat kami simpulkan bahwa beton yang menggunakan bahan Pasir Pantai Selatan memiliki nilai HVL yang paling rendah. Sedangkan nilai HVL yang paling tinggi yakni pada beton dengan bahan Pasir Kali Opak. Menurut (Devi dkk, 2014) HVL merupakan tebal bahan perisai yang diperlukan untuk mengurangi intensitas radiasi menjadi setengah dari mula-mula. Dengan demikian, nilai HVL yang dimiliki oleh beton dengan bahan Pasir Pantai Selatan paling efektif dalam menahan radiasi sinar x. Sehingga dalam pembuatan gedung radiologi lebih baik menggunakan beton dari campuran bahan Pasir Pantai Selatan.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Beton yang menggunakan bahan Pasir Pantai Selatan memiliki nilai HVL paling rendah yakni sebesar 0,8644 cm.

2. Urutan beton yang memiliki nilai HVL paling rendah sampai paling tinggi yakni beton yang menggunakan bahan Pasir Pantai Selatan, Pasir Putih Pantai Gunung Kidul, Pasir Gunung Merapi, Pasir Kali Progo dan Pasir Kali Opak, yakni dengan nilai HVL yang diperoleh yakni 0,8644 cm, 0,9464 cm, 0,9497 cm, 0,9545 cm dan 1,0821 cm.
3. Nilai HVL yang dimiliki oleh beton dengan bahan Pasir Pantai Selatan paling efektif dalam menahan radiasi sinar x. Sehingga dalam pembuatan gedung radiologi lebih baik menggunakan beton dari campuran bahan Pasir Pantai Selatan, yakni dengan nilai HVL 0,8644 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Aziz Alimul Hidayat. 2007. Metode Penelitian Kebidanan Teknik Analisa Data. Jakarta: Salemba Medika.
- BAPETEN. 2005. Petugas Proteksi Radiasi. Jakarta.
- BAPETEN. 2012. Keselamatan Radiasi dalam Kedokteran Nuklir. Jakarta.
- BATAN. 2007. Buku Panduan Pusat Pendidikan dan Penelitian Petugas Proteksi Radiasi. Jakarta.
- Bhushong, S.C. 2001. Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection. St.Louis : Mosby.
- Dumyati, Ahmad. 2015. Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Bangsa Belitung : Jurnal Fropil.
- IAEA Safety series no.75-INSAG-3. 1988. Basic Safety Principles for Nuclear Power Plant. IAEA.
- Indrati, Rini, dkk. 2017. Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan Intervensial. Magelang : Inti Medika Pustaka.
- Mulyono, Tri. 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Nugraha, Paul. 2007. Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, Beton Kinerja Tinggi. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Nunung, Prabaningrum. 2004. Dasar Pengetahuan Proteksi Radiasi. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Setiawan, Iwan. 2015. Penentuan Nilai Koefisien Serapan Bahan Pada Besi, Tembaga dan Stainless Steel Sebagai Bahan Perisai Radiasi. Semarang : Youngster Physics Journal.
- Strang, J.G. 2007. Body CT Secret . Library of Congress Cataloging in Publication Data : Mosby.
- Syahriar Rasad. 2005. Radiologi Diagnostik Edisi ke Dua. Jakarta : Balai Penerbit FKUI.