

THE INFLUENCE OF WATER CEMENT RATIO TO THE ABILITY OF NORMAL CONCRETE AS GAMMA-RAY SHIELD RADIATION

PENGARUH FAKTOR AIR SEMEN PADA BETON NORMAL SEBAGAI PERISAI RADIASI SINAR GAMMA

Anis Rahmawati¹⁾, Ika Setyaningsih²⁾

¹⁾ Staf pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta., Jl. A Yani No. 200 Pabelan Kartasura Surakarta, E-mail: aquanize@yahoo.com

²⁾ Staf pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura Surakarta.

ABSTRACT

Nuclear has been used in many sciences; one of them is for medical application. To prevent from the radiation spread, they need shielding. Many materials can be used as shield materials, such as lead, iron, and normal concrete. This research was aimed to observe relationship between normal concrete quality and its ability as Gamma-ray shield radiation. Sample used in this research is metric of concrete with 15 cm x 15 cm dimensions and the thickness varies from 1 cm to 15 cm. It is made from normal concrete with three variations of water cement ratio, they are 0,4, 0,5, and 0,6. The source of radiation that used is the following gamma-rays: 152Eu with the selected energy of 121,7824 keV, 131I with the energy of 364,5 keV and 137Cs with the energy of 661,6 keV. The capability of concrete as a radiation shield is expressed in term of attenuation coefficient (μ). The results show that the compression strength of normal concrete for water cement ratio of 0,4, 0,5, and 0,6 are 51,838 MPa, 46,184 MPa, and 41,791 MPa, respectively. The specific gravity for water cement ratio of 0,4, 0,5, and 0,6 are 2290,978 Kg/m³, 2329,768 Kg/m³, and 2333,268 Kg/m³, respectively. The result also shows that there is no relationship between normal concrete quality and its ability as Gamma-ray shield radiation. The attenuation coefficient (μ) of normal concrete yielded the equation of $y = 0,5198e^{-0,001x}$ that can be applied only for the energy radiation 121,7824 keV up to 661,6 keV.

Keywords: radiation shielding, gamma ray radiation, normal concrete, attenuation coefficient

ABSTRAK

Nuklir telah banyak digunakan dalam berbagai ilmu pengetahuan; salah satunya untuk kesehatan. Untuk mencegah radiasinya dibutuhkan pelindung. Banyak bahan dapat digunakan sebagai pelindung, seperti timah, besi, dan *normal concrete*. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui hubungan erat antara *normal concrete* dengan ukuran 15 cm x 15 cm dan variasi ketebalan dari 1 cm sampai dengan 15 cm. Pelindung tersebut dibuat dari *normal concrete* dengan tiga variasi air semen, yaitu 0,4, 0,5, dan 0,6. Sumber radiasi yang digunakan adalah mengikuti *gamma-rays*: 152 Eu dengan memilih energi 121,7824 keV, 131I dengan energi 364,5 keV dan 137Cs dengan energi 661,6 keV. Kemampuan beton sebagai pelindung radiasi di perlihatkan dalam *attenuation coefficient* (μ). Hasil penelitian menunjukkan secara berurutan bahwa kekuatan tekan *normal concrete* dengan air semen 0,4, 0,5, dan 0,6 adalah 51,838 MPa, 46,184 MPa, dan 41,791 MPa. Masa jenis untuk air semen 0,4, 0,5, dan 0,6 adalah 2290,978 kg/m³, 2329,768 kg/m³, dan 2333,268 kg/m³. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak ada hubungan erat antara kualitas *normal concrete* dan kemampuan perlindungan terhadap *Gamma-ray*. *Attenuation coefficient* (μ) dari *normal concrete* dihasilkan persamaan $y = 0,5198e^{-0,001x}$ yang dapat digunakan hanya untuk energi radiasi 121,7824 keV sampai 661,6 keV.

Kata-kata Kunci: perlindungan radiasi, gamma ray radiation, normal concrete, attenuation coefficient

PENDAHULUAN

Peraturan proteksi radiasi dan ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi didasarkan pada prinsip bahwa bekerja dengan menggunakan sumber radiasi pengion harus dilakukan dengan cara membatasi penerimaan dosis radiasi serendah mungkin. Oleh karena itu pada lokasi-lokasi dimana material radioaktif tersebut digunakan, misalnya pada fasilitas untuk diagnosa dan terapi penyakit dengan sinar X atau sinar Gamma di rumah sakit, perlu dibuat perisai agar paparan radiasinya tidak menyebar keluar. 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. Untuk radiasi sinar X atau sinar Gamma, kemampuan material dalam menyerap radiasi terutama dipengaruhi oleh densitas material dan besarnya energi radiasi. Timbal mempunyai densitas yang besar sehingga jika digunakan sebagai dinding perisai radiasi Gamma ketebalan yang diperlukan tidak terlalu besar. Namun, harganya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton. Selain itu ketersediaan bahan dan pelaksanaan pengerjaan beton lebih mudah dari pada timbal. Oleh karena itu, jika faktor tebal dinding bukan menjadi masalah, maka

penggunaan beton sebagai dinding perisai radiasi menjadi pilihan yang ekonomis. 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.

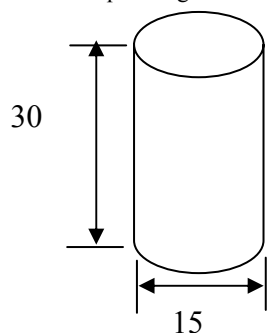
Tiga proses utama yang dapat terjadi apabila radiasi elektromagnetik melewati suatu bahan penyerap adalah efek foto listrik, hamburan Chompton, dan produksi pasangan. Probabilitas terjadinya ketiga proses tersebut ditentukan oleh nomor atom bahan peresap dan energi radiasi yang diserap. Efek foto listrik terutama terjadi pada foton dengan energi antara 0,01 MeV hingga 0,5 MeV, dan pada materi dengan nomor atom besar. Pada peristiwa ini energi foton diserap seluruhnya oleh elektron yang terikat oleh atom bahan. Proses hamburan Chompton dominan pada radiasi elektromagnetik dengan energi antara 0,2 MeV hingga 5 MeV. Pada peristiwa ini, energi foton datang yang diserap oleh elektron atom bahan diubah menjadi

energi kinetik elektron dan foton hamburan yang berenergi lebih rendah. Proses produksi pasangan lebih sering terjadi pada bahan dengan nomor atom tinggi dan hanya dapat terjadi pada energi lebih besar dari 1,02 MeV. Pada peristiwa ini foton yang berinteraksi dengan atom bahan akan lenyap dan sebagai gantinya timbul sepasang elektron-positron. Positron yang terbentuk selanjutnya berinteraksi dengan elektron dalam bahan, hingga massa dari kedua partikel berubah menjadi dua buah foton yang selanjutnya dapat berinteraksi dengan bahan melalui proses fotolistrik maupun hamburan Chompton (Akhadi M., 2000).

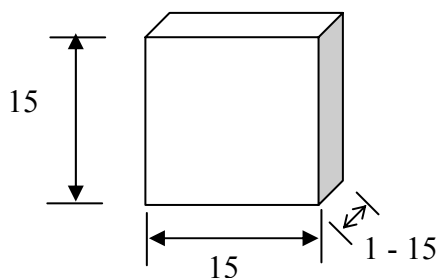
METODE PENELITIAN

Beton normal dibuat dari campuran batu pecah, pasir, semen dan air, dalam tiga variasi faktor air semen, yaitu 0,4, 0,5, dan 0,6. Sumber radiasi yang digunakan adalah Europium-152 (¹⁵²Eu) pada tingkat energi 121,7824 keV, Iodium-131 (¹³¹I) yang memiliki intensitas energi 364,5 keV, dan Cesium-137 (¹³⁷Cs) dengan intensitas energi 661,6 keV.

Benda uji untuk masing-masing variasi fas terdiri dari dua macam, yaitu benda uji untuk uji teknis beton dan benda uji untuk uji koefisien attenuasi beton. Benda uji untuk uji teknis beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sedangkan benda uji untuk uji koefisien attenuasi beton berbentuk kotak ukuran 15 cm x 15 cm dengan ketebalan bervariasi dari 1 cm sampai dengan 15 cm.



Gambar 1. Benda Uji Teknis



Gambar 2. Benda Uji Koefisien Attenuasi

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Persiapan bahan, terdiri dari kegiatan: pemeriksaan semen secara visual, pemeriksaan air secara visual, persiapan dan pemeriksaan agregat, dan perencanaan campuran adukan beton dilaksanakan berdasarkan SK SNI T-15-1990-03
2. Pembuatan benda uji, terdiri dari kegiatan: penakaran bahan susun beton, pengadukan, pemeriksaan kelacakan adukan (slump), pencetakan benda uji, dan perawatan benda uji.
3. Pengujian benda uji
 - a. Uji kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan ketika umur beton telah mencapai 28 hari. Alat uji yang digunakan adalah menggunakan *Compression testing machine (CTM)* dengan standar pengujian berdasarkan SK SNI 03-1974-1990.
 - b. Uji modulus elastisitas beton

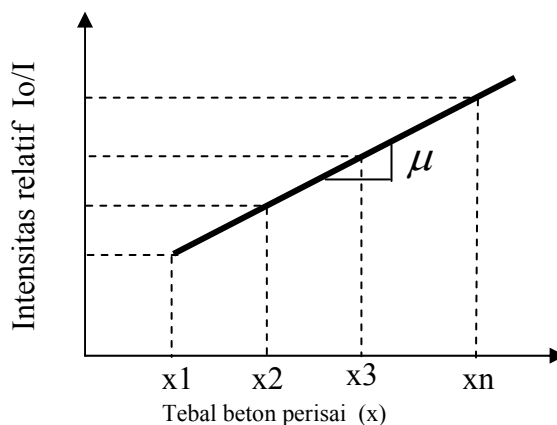
Uji modulus Elastisitas beton dilaksanakan dengan standar pengujian berdasarkan SNI 03-4169-1996.

c. Uji berat jenis beton

Berat jenis beton diuji dengan jalan menimbang silinder beton (A) dan mengukur dimensinya sehingga volume silinder beton dapat diketahui (V). Berat jenis beton dihitung dengan persamaan: $B_j = A/V$

d. Pengujian beton terhadap radiasi gamma

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dengan Geiger Muller untuk sumber radiasi ¹³¹I dan ¹³⁷Cs dan dengan Spektroskopi NaI(Tl) untuk sumber radiasi ¹⁵²Eu. Hasil pembacaan berupa intensitas elektromagnetik sinar setelah melewati beton perisai (I). Jumlah data yang akan didapatkan sebanyak jumlah penyinaran yang dilakukan pada tiap sampel, dimana pada penelitian ini dilakukan 100 kali penyinaran dengan waktu cacah 20 detik. Dari data yang tersedia disusun distribusi normal untuk menentukan nilai reratanya (I). Kemudian dihitung besarnya intensitas relatif (I_0/I), dimana I_0 adalah intensitas radiasi elektromagnetik dari sumber sinar radiasi sebelum melalui beton perisai. Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara ketebalan dengan intensitas relatif, dimana absis menunjukkan ketebalan dan ordinat menunjukkan intensitas relatif dalam bentuk \ln . Garis yang menghubungkan titik-titik pada grafik tersebut menyatakan persamaan $I=I_0e^{-\mu x}$, dan besarnya kemiringan garis tersebut menunjukkan nilai koefisien atenuasi bahan perisai untuk masing-masing jenis sumber sinar radiasi.



Gambar 3. Grafik Hubungan Intensitas Radiasi Elektromagnetik, Ketebalan Bahan, dan Koefisien Attenuasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sifat teknis beton berupa data kuat tekan, berat jenis, dan modulus elastisitas beton, ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Teknis Beton

Fas	Berat Jenis (kg/m ³)	Kuat Tekan Ultimit (MPa)	Modulus Elastisitas Beton (MPa)
0,4	2290,978	51,838	38769
0,5	2329,768	46,184	38345,33
0,6	2333,268	41,791	37003,67

Hasil uji kuat tekan menunjukkan semakin besar Faktor Air Semen (fas) kuat tekannya semakin menurun. Fas ialah perbandingan berat antara air dan semen Portland dalam campuran adukan beton. Bila nilai slump sama, yang berarti jumlah air hampir sama, beton dengan fas lebih besar

menunjukkan jumlah semen yang digunakan dalam campuran lebih sedikit. Sedangkan jumlah air yang pas untuk hidrasi kira-kira 23% massa semen kering (Neville & Brooks, 1986), sehingga semakin sedikit semen yang digunakan akan mengakibatkan jumlah air yang tersisa dari proses hidrasi semakin banyak. Kelebihan air akan membuat pasta semen berpori semakin banyak. Selain itu, sisa air bersama dengan semen akan bergerak ke atas permukaan beton segar menyebabkan peristiwa *bleeding*. Terjadinya *bleeding* ini akan mengakibatkan terbentuknya rongga-rongga di dalam beton. Pori-pori atau rongga-rongga di dalam pasta semen maupun dalam beton keseluruhan akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan. Berat jenis beton yang dihasilkan berada dalam kisaran 2200 Kg/m³ - 2500 Kg/m³, sehingga beton tersebut termasuk dalam kategori beton normal. Hubungan antara modulus elastisitas beton dengan tingkat fas adalah modulus elastisitas beton akan turun pada peningkatan fas. Semakin besar fas kuat tekannya semakin kecil. Pada pembebanan yang sama, benda uji yang lebih lemah akan mengalami regangan yang lebih besar sehingga modulus elastisitas beton yang diperoleh lebih rendah.

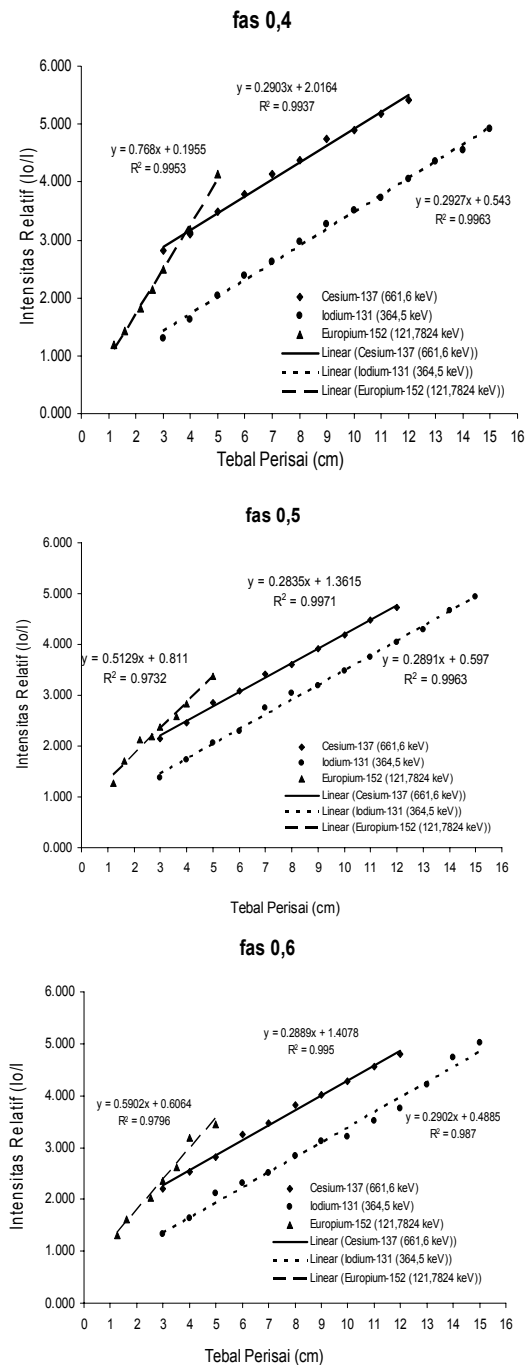
Hasil pengujian beton terhadap sinar radiasi yang didapat berupa data intensitas radiasi sinar gamma baik sebelum maupun sesudah melewati perisai beton normal yang terdiri dari tiga variasi fas. Data tersebut selanjutnya diolah dengan bantuan *software* SPSS untuk mendapatkan satu nilai intensitas radiasi rerata dari sekumpulan data yang terdistribusi normal. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai intensitas relatif dengan jalan membagi intensitas awal radiasi sebelum melewati perisai dengan intensitas radiasi setelah melewati perisai untuk tiap jenis sumber radiasi dan tiap ketebalan perisai beton. Contoh perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Hubungan Tebal Perisai (Beton Normal Fas 0,4) dengan Intensitas Radiasi dari Sumber Cesium-137 Bertenaga 661,6 keV

Tebal (cm)	I rerata (Cacah/20 detik)	Io/I	ln (Io/I)
0	4930.9	1	0
3	293.067	16.825	2.823
4	221.327	22.279	3.104
5	150.012	32.870	3.493
6	111.314	44.297	3.791
7	79.339	62.150	4.130
8	62.681	78.667	4.365
9	42.637	115.649	4.751
10	36.557	134.882	4.904
11	27.969	176.296	5.172
12	22.134	222.771	5.406

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara ketebalan dengan intensitas relatif. Dari grafik pada gambar 4 tampak bahwa karakteristik garis regresi yang diperoleh pada semua variabel beton adalah seragam, yaitu kemiringan garis regresi yang juga menunjukkan besarnya nilai koefisien attenuasi bahan berturut-turut dari besar ke kecil adalah dari data sumber ¹⁵²Eu, ¹³¹I, dan ¹³⁷Cs. Pada satu macam bahan perisai, sinar radiasi dengan energi yang lebih tinggi akan menghasilkan koefisien attenuasi yang lebih kecil. Koefisien attenuasi adalah besaran yang menyatakan kemampuan bahan dalam menyerap sinar radiasi. Semakin kecil koefisien attenuasi berarti kemampuan serapannya terhadap sinar radiasi juga semakin rendah. Kemampuan serapan suatu perisai menjadi lebih kecil ketika digunakan pada sinar radiasi berenergi tinggi yang memiliki daya tembus besar, yang berarti koefisien attenuasi dari perisai

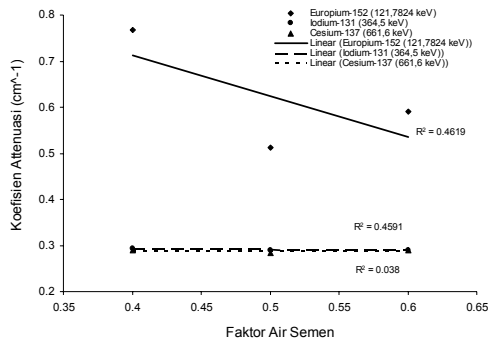
tersebut juga akan menjadi lebih kecil. Energi sinar yang digunakan dalam penelitian ini berturut-turut dari rendah ke tinggi adalah sinar ¹⁵²Eu, ¹³¹I, dan ¹³⁷Cs, sehingga diperoleh koefisien attenuasi menurun berurutan dari sinar ¹⁵²Eu, ¹³¹I, dan ¹³⁷Cs.



Gambar 4. Grafik Intensitas Relatif Vs Tebal Perisai

Koefisien attenuasi adalah fungsi dari densitas bahan perisai dan energi sinar radiasi. Bahan dengan densitas lebih besar biasanya mempunyai kemampuan serapan yang juga lebih besar karena diperlukan energi sinar yang besar untuk dapat menembus bahan dengan densitas besar tersebut. Kemampuan serapan yang besar sama dengan koefisien attenuasinya juga besar. Penelitian ini menggunakan satu jenis bahan perisai yaitu beton normal, sehingga relatif berat jenis semua variasi beton adalah sama. Hasil dari penerapan tingkat fas yang berbeda dari masing-masing variasi beton tidak menghasilkan perbedaan berat jenis yang signifikan. Hubungan antara faktor air semen dengan

koefisien attenuasi beton normal digambarkan dengan grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Fas dengan Koefisien Attenuasi

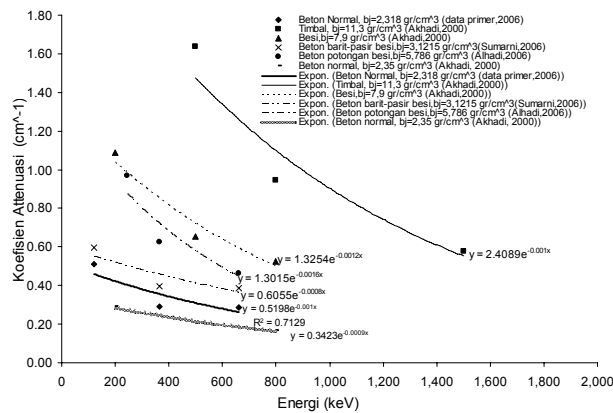
Dari Gambar 5 tampak bahwa hasil regresi linear grafik hubungan antara faktor air semen dengan koefisien attenuasi untuk ketiga sumber radiasi diperoleh koefisien determinasi di bawah 0,5, sehingga pada penelitian ini tidak dapat ditarik suatu persamaan yang menghubungkan antara fas dengan koefisien attenuasi. Dengan demikian dari penelitian ini tidak terlihat

adanya pengaruh perubahan tingkat faktor air semen terhadap koefisien attenuasi beton normal, yang berarti juga tidak terlihat adanya pengaruh perubahan tingkat faktor air semen terhadap kemampuan beton normal sebagai perisai radiasi sinar gamma. Berdasarkan hasil penelitian ini, beton sebagai material perisai radiasi tidak perlu digunakan beton kualitas tinggi dengan tingkat faktor air semen yang rendah. Beton dengan fas lebih tinggi selain lebih mudah dalam pengerjaannya karena campurannya lebih encer, juga lebih ekonomis karena harga bahannya akan lebih murah jika dibandingkan dengan beton fas yang lebih rendah.

Nilai koefisien attenuasi beton normal yang diperoleh bersama dengan nilai koefisien attenuasi dari beberapa bahan lain ditampilkan pada Tabel 3. Grafik hubungan antara energi dengan koefisien attenuasi beton normal bersama dengan beberapa bahan lain ditampilkan pada Gambar 6. Nilai koefisien attenuasi yang diperoleh kemudian dinormalisasikan dengan cara dibagi dengan berat jenisnya untuk mendapatkan nilai koefisien attenuasi massa. Grafik hubungan antara energi dengan koefisien attenuasi massa beton normal bersama dengan beberapa bahan lain ditampilkan pada Gambar 7.

Tabel 3. Koefisien Attenuasi

No	Jenis bahan Perisai	Peneliti	Bj (gr/cm ³)	Sumber radiasi	Energi (keV)	Kofisien attenuasi linier (cm ⁻¹)	Kofisien attenuasi massa (cm ² /gr)
1	Beton Normal	Anis R (2010)	2,318	¹⁵² Eu	121,7824	0,5129	0,22127
				¹³¹ I	364,5	0,2907	0,12540
				¹³⁷ Cs	661,6	0,2876	0,12406
2	Beton Normal	Akhadi (2000)	2,35	-	200	0,291	0,12382
				-	500	0,204	0,08680
				-	800	0,166	0,07063
				-	-	-	0,19151
4	Beton berat ag. barit-pasir besi	Sri Sumarni (2006)	3.121	¹⁵² Eu	121,7824	0,5977	0,12656
				¹³¹ I	364,5	0,395	0,12454
				¹³⁷ Cs	661,6	0,3887	0,16727
5	Beton berat pasir besi-pot. baja	Arya Alhadi (2006)	5,786	¹⁵² Eu	244,7	0,9678	0,10809
				¹³¹ I	364,5	0,6254	0,08007
				¹³⁷ Cs	661,6	0,4633	0,13797
6	Besi	Akhadi (2000)	7,9	-	200	1,09	0,08291
				-	500	0,655	0,06646
				-	800	0,525	0,14513
				-	1500	0,579	0,08362
7	Timbal	Akhadi (2000)	11,3	-	500	1,640	0,05123
				-	800	0,945	0,05123
				-	1500	0,579	0,05123



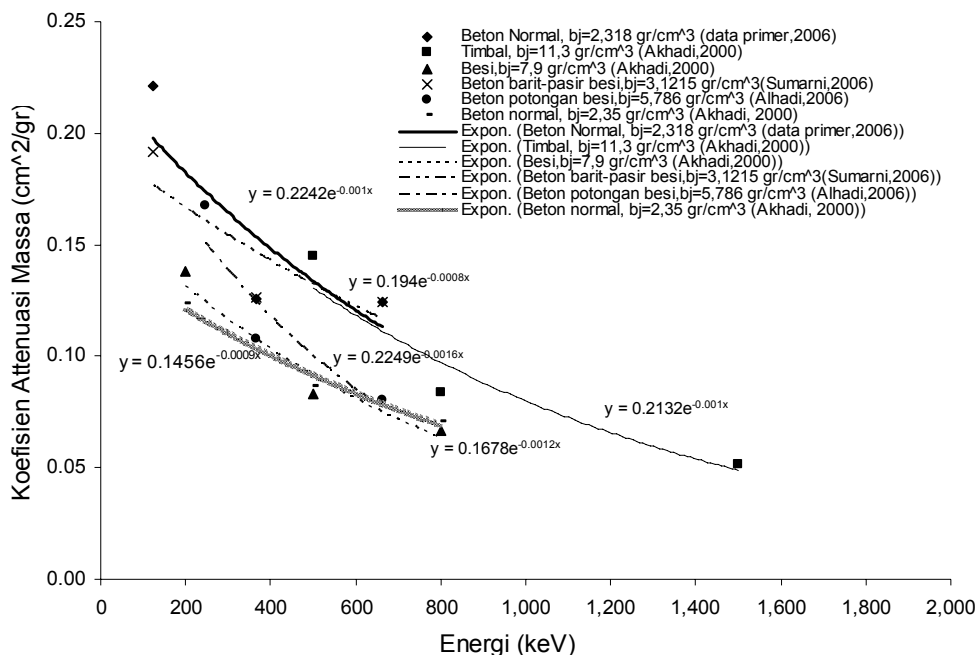
Gambar 6. Koefisien Attenuasi Linear Vs Energi Radiasi

Dari Gambar 6 tampak bahwa nilai koefisien attenuasi menurun terhadap peningkatan energi sumber sinar radiasi.

Koefisien ettenuasi besar menunjukkan kemampuan menyerap suatu sinar radiasi yang besar pula. Sedangkan, semakin tinggi

energi sumber radiasi, kemampuannya menembus suatu material perisai juga semakin tinggi. Hal ini menyebabkan kemampuan serapan perisai menurun, yang berarti nilai koefisien attenuasinya menjadi lebih rendah. Karena keterbatasan ketersediaan sumber sinar, serta waktu dan biaya, pada penelitian ini hanya digunakan tiga macam sumber radiasi. Meski demikian, hasil regresi eksponensial grafik hubungan antara energi sinar dengan koefisien attenuasi diperoleh koefisien

determinasi diatas 0,5 sehingga persamaan regresi yang didapat cukup mewakili hubungan antara energi radiasi dengan koefisien attenuasinya. Koefisien attenuasi beton normal terkecil diantara material lain yang ditampilkan disini. Hal ini karena berat jenis beton normal juga paling kecil. Bahan dengan densitas lebih besar biasanya mempunyai kemampuan serapan yang juga lebih besar.



Gambar 7. Koefisien Attenuasi Massa Berbagai Material Vs Energi Radiasi

Beton normal yang dihasilkan mempunyai karakteristik yang bagus sebagai material perisai radiasi ditunjukkan dengan nilai koefisien attenuasi massanya yang cukup besar. Sehingga jika dimensi dinding perisai tidak dibatasi maka penggunaan beton normal sebagai perisai akan lebih menguntungkan. Dari Gambar 6 dan 7 di atas selanjutnya dapat ditentukan besarnya koefisien attenuasi bahan sejenis jika digunakan pada tingkat energi yang berbeda.

Contoh Penerapan Hasil Penelitian

Direncanakan suatu tebal dinding untuk ruang diagnosa penyakit dengan sinar X dimana dalam oprasionalnya menggunakan sinar dengan tingkat energi 250 keV. Dosis tertinggi yang terjadi pada ruangan tersebut sebesar 5 rem/jam. Areal di sebelah ruang diagnosa adalah areal publik yang banyak dilalui masyarakat umum bukan pekerja radiasi. Peraturan dari BATAN (Badan Tenaga Atom Nasional) tahun 1989 mensyaratkan batas maksimal intensitas radiasi yang boleh diterima oleh pekerja radiasi adalah 5 rem/tahun, sedangkan untuk masyarakat umum sebesar 0,5 rem/tahun.

Dari ketentuan-ketentuan tersebut diperoleh data: Energi = 250 keV, $I_0 = 5$ rem/jam, I pekerja radiasi = 5 rem/tahun = $(5/8760)$ rem/jam = 0,000571 rem/jam, I masyarakat umum = 0,5 rem/tahun = $(0,5/8760)$ rem/jam = 0,0000570 rem/jam. Berdasarkan persamaan regresi dari grafik hubungan antara energi dengan koefisien attenuasi untuk beton normal (Gambar 6) diperoleh besarnya koefisien attenuasi untuk energi (variabel X) 250 keV adalah sebagai berikut:

$$\mu = 0,5198e^{-0,001x} = 0,40482 \text{ cm}^{-1}$$

Tebal dinding perisai yang diperlukan dihitung menggunakan Persamaan

$$\ln \frac{I_0}{I} = \mu x \tag{1}$$

Tabel 4 berikut menampilkan perbandingan tebal dinding perisai yang diperlukan berdasarkan contoh kasus di atas untuk beton normal yang dihasilkan dari penelitian ini dan beberapa material perisai lainnya. Nilai koefisien attenuasi untuk masing-masing material dicari dengan menggunakan persamaan regresi yang tercantum dalam grafik pada Gambar 6 atau Gambar 7.

Tabel 4. Contoh Hasil Perhitungan Tebal Perisai pada Beberapa Jenis Material

Jenis Material	Bj (gr/cm ³)	μ massa cm ² /gr	μ cm ⁻¹	Tebal perisai pembatas dengan ruang pekerja radiasi (cm)	Tebal perisai pembatas dengan ruang publik (cm)
Timbal	11,3	0,1660	1,876	4,84	6,07
Besi	7,9	0,1240	0,982	9,24	11,6
Beton potongan besi	5,786	0,1491	0,863	10,52	13,19
Beton Barit	3,121	0,1588	0,496	18,30	22,96
Beton normal	2,318	0,1746	0,4048	22,42	28,12

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya pengaruh perubahan tingkat faktor air semen terhadap kemampuan beton sebagai perisai radiasi Gamma. Beton normal memiliki karakteristik yang bagus sebagai material perisai radiasi ditunjukkan oleh koefisien attenuasi massa yang cukup besar, hampir sama dengan koefisien attenuasi massa Timbal. Pada satu jenis material perisai, semakin tinggi tingkat energi sumber radiasi yang digunakan, semakin kecil nilai koefisien attenuasinya.

Saran

Jika memungkinkan perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan sumber radiasi dengan energi yang lebih tinggi, sehingga akan diperoleh grafik hubungan energi dengan koefisien attenuasi dengan kisaran energi yang lebih luas.

Beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengurangi pengaruh ketidakhomoginan beton adalah:

- a. Pengambilan data uji radiasi dilakukan dengan mengambil data dari beberapa titik pada satu bidang sampel uji. Data yang diperoleh kemudian dirata-rata untuk mendapatkan satu data yang mewakili keseluruhan luasan sampel uji
- b. Sumber radiasi ditempatkan tidak menempel pada sampel uji perisai, tetapi ditempatkan pada jarak tertentu dari perisai agar berkas sinar radiasi menyebar ke seluruh permukaan perisai. Untuk memperhitungkan pelemahan intensitas radiasi oleh udara maka dipasang detektor radiasi di depan dan di belakang perisai. Detektor di depan perisai berfungsi untuk mengetahui besarnya intensitas radiasi yang masuk sebagai data intensitas awal (I_0), sedangkan detektor di belakang radiasi berfungsi untuk mengetahui besarnya intensitas radiasi setelah melewati perisai (I).
- c. Perisai radiasi menggunakan material yang relatif lebih homogen, misalnya bata mortar dari berbagai jenis campuran bahan penyusun, atau potongan batu alam pejal.
- d. Matrik beton untuk pengujian beton sebagai perisai radiasi sebaiknya dibuat dari balok beton yang dipotong menjadi beberapa tingkat ketebalan yang diperlukan. Dengan cara ini, komposisi bagian dalam beton dapat terlihat jelas, sehingga

posisi lokasi penyinaran antar sampel uji dapat ditentukan relatif sama, misalnya pada bagian agregat kasamnya. Berbeda dengan jika tiap ketebalan matrik beton dicetak menggunakan bekisting sendiri-sendiri yang menjadikan komposisi bagian dalam beton hasil cetakan tidak terlihat, sehingga posisi lokasi penyinaran tidak dapat ditentukan sama antar sampel uji.

- e. Jika memungkinkan, perlu dilakukan pemotretan sampel uji dengan sinar x sehingga akan diperoleh gambaran daerah yang memiliki kerapatan hampir sama sebagai lokasi penempatan sumber sinar radiasi dan detektor

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi M. (2000). *Dasar-dasar Proteksi Radiasi*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Alhadi Aria. (2006). "Penggunaan Potongan Baja Untuk Beton Berat Sebagai Perisai Radiasi Sinar Gamma." Tesis, Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta
- Anonim. (1989). *Ketentuan Keselamatan Kerja terhadap Radiasi* (SK DIRJEN BATAN NO. PN 03/160/DJ/89). Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta.
- Anonim. (1990). *Tatacara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI T-15-1990-03). Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Anonim. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton* (SNI 03-1974-1990). Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Anonim. (1996). *Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis Dan Rasio Poison Beton Dengan Kompresor Ekstensometer* (SNI 03-4169-1996). Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Neville, A.M dan Brooks, J.J. (1987). *Concrete Technology*. John Willey and Sons Inc., New York.
- Sumarni S. (2006). "Penggunaan Pasir besi dan Barit untuk Beton Berat Sebagai Perisai Radiasi Sinar Gamma." Tesis, Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.