

## FAKTOR BUILD UP PERISAI BETON DENGAN SUMBER $^{60}\text{Co}$

F.P. Wattimury

Pusat Penelitian Teknik Nuklir-Badan Tenaga Atom Nasional

### ABSTRAK

FAKTOR BUILD UP PERISAI BETON DENGAN SUMBER  $^{60}\text{Co}$ , telah dilaksanakan terhadap beton dengan beberapa berat jenis. Untuk memperoleh koefisien atenuasi sinar gamma telah dipergunakan bata Pb yang dilubangi berdiameter 0,7 cm untuk mengurangi radiasi sekunder sinar gamma. Rumus Lambert digunakan untuk menghitung koefisien atenuasi gamma terhadap beberapa jenis beton. Bata Pb yang berlubang kemudian disingkirkan. Eksperimen selanjutnya dilakukan untuk mendapatkan faktor *build up* yang disebabkan oleh adanya pengaruh radiasi sekunder sinar gamma pada bahan beton yang diselidiki. Faktor *build up* tergantung pada tebal perisai beton yang bersangkutan. Eksperimen telah dilakukan untuk mendapatkan faktor *build up* dari ketebalan beton dengan berat jenis yang berbeda.

### ABSTRACT

THE BUILD UP FACTORS OF THE CONCRETE SHIELDING OF SEVERAL DENSITIES HAVE BEEN PERFORMED USING  $^{60}\text{Co}$ . To obtain the linear attenuation coefficients of the gamma radiation, a Pb-brick with a hole of 0.7 cm diameter was used to minimize the secondary gamma radiation. Lambert formula was used to determine the linear attenuation coefficients for several kinds of concrete. Then the Pb-brick was removed. The experiments were performed to find out the build up factors caused by the secondary gamma radiation against the concrete shieldings. The build up factor is dependent on the thickness and the density of the concrete. The experiments had been done to obtain several values of the build up factors for various thickness and densities of the concrete.

### PENDAHULUAN

Untuk perencanaan penahan (perisai) radiasi terhadap sumber radiasi gamma, maka perlu diperhatikan *build up* dari bahan tersebut terhadap sinar gamma.

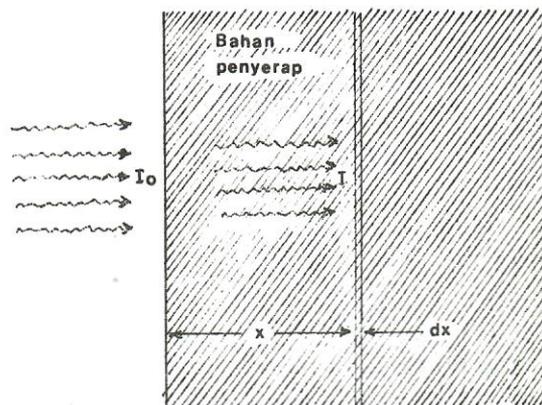
Dalam penelitian ini, sumber radiasi adalah  $^{60}\text{Co}$  dan bahan perisai terhadap radiasi adalah beton dengan berat jenis yang berbeda-beda.

#### TEORI

Bila suatu berkas photon dengan intensitas  $I_0$  masuk pada suatu bidang dari bahan penyerap seperti tertera pada Gambar 1, maka pada suatu kedalaman  $x$  di dalam bahan tersebut, intensitas  $I_0$  akan berkurang menjadi  $I$ , karena adanya interaksi dengan bahan itu.

Dengan penambahan jarak  $dx$  pada  $x$ , maka terjadi pengurangan lebih lanjut dari  $I$  dengan  $dI$ . Kemungkinan interaksi di dalam  $dx$  adalah  $dI/I$ ; sedangkan kemungkinan interaksi persatuan jarak adalah :

$(dI/I) (1/dx)$  dan kemungkinan ini disebut koefisien atenuasi linier (linear attenuation coefficient) dan dinyatakan dengan  $\mu$  yang mempunyai dimensi  $\text{cm}^{-1}$ . Dengan demikian, pengurangan intensitas di dalam  $dx$  dapat ditulis sebagai berikut :



Gambar 1.

$$-dI = \mu I dx \quad (1.1)$$

Persamaan diferensial ini dengan syarat batas  $I = I_0$  pada  $x = 0$ , pemecahannya akan memberi rumus Lambert :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1.2)$$

**Buildup dari radiasi terpencar**

Bila rumus (1.2) dipakai untuk menghitung intensitas photon pada beberapa kedalaman suatu media, maka hasil yang diperoleh akan terlalu rendah. Hal ini disebabkan karena telah diabaikannya kontribusi radiasi sekunder yang terdapat pada bahan tersebut. Radiasi sekunder ini terdiri dari efek Compton dengan tambahan sinar-X yang dihasilkan dari interaksi foto listrik (photo electric interaction), radiasi anihilasi dari proses produksi pasangan, dan *bremstrahlung* dari proses perlambatan dari elektron berenergi tinggi didalam bahan itu. Penambahan intensitas ini disebut *build up*, bergantung pada energi photon, sifat bahan dan pengaturan geometri.

Bila faktor *build up* adalah B, maka persamaan intensitas dapat ditulis sebagai berikut :

$$I = BI_0 e^{-\mu x} \quad (1.3)$$

atau :

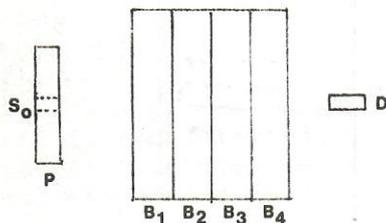
$$B = I/I_0 e^{\mu x} \quad (1.3a)$$

Faktor *build up* ini jangan dihilangkan dari perhitungan, karena akan menyebabkan kesalahan besar pada hasil tersebut.

**EKSPERIMEN**

**Koefisien atenuasi linier  $\mu$**

Untuk mendapatkan koefisien atenuasi linier, eksperimen disusun sebagai tertera pada Gambar 2 :



- S = sumber gamma 150 milicuri
- P = bata Pb yang diberi lubang 0,7 cm.
- B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub> adalah beton yang dipasang berturut-turut.
- D = survey meter BABYLINE 31, type E 433 no. 851.

Gambar 2.

- mula-mula P dipasang, kemudian diukur I<sub>0</sub>.
- dengan P tetap ditempat, berturut-turut dipasang B<sub>1</sub> dan I<sub>1</sub> diukur, kemudian ditambah B<sub>2</sub> dan I<sub>2</sub> diukur dan seterusnya sampai B<sub>4</sub>
- hal yang sama dilakukan terhadap 3 jenis beton dengan berat jenis berbeda-beda.

**Faktor build up**

Untuk mendapatkan faktor *build up*, eksperimen dilakukan sebagai berikut :

- P dipindahkan (dikeluarkan)
- diukur harga I<sub>01</sub> tanpa adanya P
- B<sub>1</sub> dipasang dan I<sub>11</sub> diukur tanpa adanya P
- Selanjutnya dipasang berturut-turut B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> dan B<sub>4</sub> dan I<sub>21</sub>, I<sub>31</sub> dan I<sub>41</sub>, diukur.
- Hal yang sama dilakukan terhadap 3 jenis beton dengan berat jenis yang berbeda dan tebal yang berbeda.

Hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

- a. Beton dengan berat jenis : 2,53 gr/cm<sup>3</sup>  
Tebal rata-rata x = 5,3 cm.

Memakai P		Tanpa P	
Intensitas	MR/jam	Intensitas	MR/jam
I <sub>0</sub>	66	I <sub>01</sub>	180
I <sub>1</sub>	30	I <sub>11</sub>	100
I <sub>2</sub>	14	I <sub>21</sub>	68
I <sub>3</sub>	8	I <sub>31</sub>	40
I <sub>4</sub>	3	I <sub>41</sub>	28

- b. Beton dengan berat jenis : 2,33 gr/cm<sup>3</sup>  
Tebal rata-rata x = 5 cm.

Memakai P		Tanpa P	
Intensitas	MR/jam	Intensitas	MR/jam
I <sub>0</sub>	66	I <sub>01</sub>	180
I <sub>1</sub>	36	I <sub>11</sub>	130
I <sub>2</sub>	20	I <sub>21</sub>	75
I <sub>3</sub>	10	I <sub>31</sub>	45
I <sub>4</sub>	6	I <sub>41</sub>	28

- c. Beton dengan berat jenis : 1,7 gr/cm<sup>3</sup>  
Tebal rata-rata x = 6,5 cm.

Memakai P		Tanpa P	
Intensitas	MR/jam	Intensitas	MR/jam
I <sub>0</sub>	66	I <sub>01</sub>	180
I <sub>1</sub>	32	I <sub>11</sub>	130
I <sub>2</sub>	17	I <sub>21</sub>	80
I <sub>3</sub>	10	I <sub>31</sub>	50
I <sub>4</sub>	5	I <sub>41</sub>	30

**Hasil perhitungan**

a. Dengan rumus (1.2)

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$\ln I = \ln I_0 - \mu x \quad (2.1)$$

Substitusi

$$\ln I = Y$$

$$\ln I_0 = a$$

$$-\mu x = bx$$

Maka persamaan (2.1.) dapat ditulis sebagai persamaan linier :

$$Y = a + bx \quad (2.2.)$$

Dari data yang diperoleh dari eksperimen dan dengan menggunakan metode kwadrat terkecil, harga koefisien atenuasi linier ( $\mu$ ) dapat dihitung untuk masing - masing jenis beton.

Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Beton : 2,53 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\mu$  rata-rata =  $\mu = 0,14 \text{ cm}^{-1}$
2. Beton : 2,33 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\mu$  rata-rata =  $\mu = 0,12 \text{ cm}^{-2}$
3. Beton : 1,7 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\mu$  rata-rata =  $\mu = 0,09 \text{ cm}^{-1}$

b. Untuk menghitung B dari tiap jenis beton, digunakan rumus (1.3a);

$$B = \frac{I}{I_D} e^{\mu x}$$

Dengan substitusi  $I_0 = I_{01}$  dan  $I = I_{11}, I_{21}, I_{31}, I_{41}$  dari harga yang diperoleh dari eksperimen, maka  $B_1, B_2, B_3$  dan  $B_4$  dapat dihitung untuk tiap jenis beton.

Hasil perhitungan dengan rumus (1.3a) adalah sebagai berikut (lihat halaman berikut):

Rumus :  $B = c (\mu x)^a$  (2.3) dipakai juga untuk menghitung faktor *build up* B.

Persamaan (2.3) dapat diubah menjadi :

$$\ln B = a \ln \mu x + \ln c \quad (2.3a)$$

Dari hasil eksperimen dan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil harga c dan a dapat dihitung untuk tiap jenis beton. Hasilnya adalah sebagai berikut :

I. Untuk beton dengan berat jenis 2,53 gr/cm<sup>3</sup>  
 $c = 1,363 ; a = 0,53$

sehingga :

$$B = 1,363 (\mu x)^{0,53} \quad (2.4)$$

II. Untuk beton dengan berat jenis 2,33 gr/cm<sup>3</sup>

No.	Beton	Faktor <i>build up</i>
I	2,53 gr/cm <sup>3</sup> $\mu x_1 = 0,742$ $\mu x_2 = 1,484$ $\mu x_3 = 2,226$ $\mu x_4 = 2,968$	$B_1 = 1,17$ $B_2 = 1,67$ $B_3 = 2,06$ $B_4 = 2,43$
I	2,33 gr/cm <sup>3</sup> $\mu x_1 = 0,6$ $\mu x_2 = 1,2$ $\mu x_3 = 1,8$ $\mu x_4 = 2,4$	$B_1 = 1,17$ $B_2 = 1,67$ $B_3 = 2,06$ $B_4 = 2,43$
I	1,7 gr/cm <sup>3</sup> $\mu x_1 = 0,585$ $\mu x_2 = 1,170$ $\mu x_3 = 1,755$ $\mu x_4 = 2,340$	$B_1 = 1,17$ $B_2 = 1,67$ $B_3 = 2,06$ $B_4 = 2,43$

$$c = 1,40 ; a = 0,22$$

sehingga :

$$B = 1,40 (\mu x)^{0,22} \quad (2.4a)$$

III. Untuk beton dengan berat jenis 1,7 gr/cm<sup>3</sup>  
 $c = 1,43 ; a = 0,21$

sehingga :

$$B = 1,43 (\mu x)^{0,21} \quad (2.4b)$$

Setelah harga c dan a diperoleh, maka berdasarkan rumus (2.3), harga B tergantung pada harga x (= ketebalan beton).

Harga B berdasarkan rumus (1.3a), dibandingkan dengan rumus (2.3) adalah sebagai berikut :

Faktor <i>build up</i>	B1	B2	B3	B4
Beton: 2,53 gr/cm <sup>3</sup> x: 5,3 cm				
Dengan rumus (1.3a)	1,17	1,67	2,06	2,43
Dengan rumus (2.3)	1,16	1,68	2,08	2,43
Beton: 2,33 gr/cm <sup>3</sup> x: 5,0 cm				
Dengan rumus (1.3a)	1,31	1,38	1,51	1,71
Dengan rumus (2.3)	1,25	1,46	1,59	1,70
Beton: 1,7 gr/cm <sup>3</sup> x: 6,5 cm				
Dengan rumus (1.3a)	1,30	1,43	1,61	1,73
Dengan rumus (2.3)	1,28	1,48	1,61	1,71

### PEMBAHASAN

1. Dengan menggunakan bata Pb yang berlubang, dan dengan penyusunan sebagai telah dilakukan, harga koefisien atenuasi linier rata-rata untuk tiap jenis beton dapat diperoleh.
2. Pemakaian rumus  $B = c (\mu x)^a$  bisa dilaksanakan, bila dari beberapa harga B, diperoleh harga c dan a. Selanjutnya, harga B hanya tergantung pada harga x (ketebalan beton).

### DAFTAR PUSTAKA

1. Samuel Glasstone, Alexander Sesauske, Nuclear Reactor Engineering, Third Edition Van Norstrand Reinhold Company. New York, USA (1981).
2. William, J. Price., Nuclear Radiation Detection, Mc Graw- Hill Book Company, Inc. New York, USA (1958).
3. Morgan, K.Z., Turner, Y.E., Principles of Radiation Protection, Robert E. Krieger Publishing Company Huntington, New York, USA (1973).
4. Anonym, Lab. Ex. Manual, TUB-Hungary, IAEA Research Reactor Operation Training Course (September 10 - Desember 14 1984).
5. Theodore Rockwell III, Reactor Shielding Design Manual, D Van Norstrand Company, Inc. New York, USA (1956).

### SARAN

1. Untuk pengecekan harga B yang diperoleh dengan rumus :  $B = c (\mu x)^a$  maka disarankan untuk dikemudian hari dipakai sumber  $^{60}\text{Co}$  yang lebih besar aktivitasnya (yang ada sekarang hanya 150 milicuri).
2. Oleh karena harga B tergantung juga pada energi sumber gamma maka disarankan untuk juga dikemudian hari dapat digunakan sumber gamma yang bukan  $^{60}\text{Co}$ .