

## Effect of mix proportion of high density concrete on compressive strength, density and radiation absorption

*Kesan campuran bahan bagi konkrit berketumpatan tinggi terhadap kekuatan mampatan, ketumpatan dan penyerapan radiasi.*

Noor Azreen Masenwat<sup>1</sup>, Nur Farahin Abdul Wahid<sup>2</sup>, Dr. Syed Yusaine Bin Syed Yahya<sup>2</sup>, Mohamad Pauzi Ismail<sup>1</sup>, Suhairy Sani<sup>1</sup>, Ismail Mustapha<sup>1</sup>, Nasharuddin bin Isa<sup>3</sup>, Mohamad Haniza bin Mahmud<sup>3</sup> dan Mohammad Shahrizan Samsu@Shamsuddin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>NDT Group, Industrial Technology Division  
Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia)  
Bangi, 43000 Kajang, Selangor, MALAYSIA  
Email : [noorazreen@nuclearmalaysia.gov.my](mailto:noorazreen@nuclearmalaysia.gov.my)

<sup>2</sup>Faculty of Applied Science, UiTM, Shah Alam

<sup>3</sup>Pusat Penyelidikan Mineral, Jabatan Mineral dan GEOSAINS, Ipoh

<sup>4</sup>Faculty of Science, Physic Department, UPM

### Abstrak

*Bagi mengelakkan kebocoran radiasi di reaktor nuklear, konkrit berketumpatan tinggi merupakan material yang digunakan sebagai penyerap radiasi daripada merebak ke persekitaran. Konkrit berketumpatan tinggi adalah campuran antara simen, pasir, aggregate (biasanya mineral yang berketumpatan tinggi) dan air. Dalam penyelidikan ini, batu hematite digunakan kerana sifat mineralnya yang berketumpatan lebih tinggi berbanding batuan granit yang digunakan dalam pembancuhan konkrit biasa. Campuran konkrit di dalam kajian ini dibahagikan kepada bahagian 1 dan bahagian 2. Dalam bahagian 1, konkrit direkabentuk dengan nisbah campuran yang sama iaitu nisbah 1:2:4 tetapi dibezakan dari segi nisbah air-simen (0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80). Manakala, dalam bahagian 2 pula, konkrit direkabentuk dengan nisbah campuran berbeza-beza iaitu 1:1:2, 1:1.5:3, 1:2:3, 1:3:6, 1:2:6 dengan nisbah air-simen (0.7, 0.8, 0.85, 0.9). Dalam setiap bahagian, pembahagian turut dilakukan dari segi campuran pasir hematite dan pasir halus. Kemudian, ciri-ciri fizikal iaitu ketumpatan dan kekuatan mampatan bancuhan dari bahagian 1 dan bahagian 2 diukur. Perbandingan turut dilakukan dari segi penyerapan radiasi menggunakan sumber Cs<sup>137</sup> dan Co<sup>60</sup> bagi setiap campuran. Kertas kerja ini menghuraikan dan membincangkan tentang hubungkait antara nisbah campuran konkrit, hubungan dengan nisbah air-simen, kekuatan mampatan, ketumpatan, perbezaan campuran pasir hematite dan pasir halus*

**Keywords/Kata kunci:** konkrit berketumpatan tinggi, nisbah air-simen, penyerapan radiasi, kekuatan mampatan, ketumpatan konkrit

## 1.0 Pengenalan

Konkrit adalah campuran antara air, simen, pasir dan batu yang banyak digunakan sebagai material penanggung beban kerana sifatnya yang mudah dibentuk, mudah diperolehi dan murah. Malah, penggunaan konkrit juga sangat penting sebagai penyerap sinaran radiasi bagi struktur pembinaan Janakuasa Nuklear dan juga struktur yang terlibat dengan dedahan radiasi. Penggunaan mineral yang berketumpatan tinggi mampu menjadi pilihan terbaik sebagai penyerap radiasi bagi menggantikan batuan granit biasa. Mineral yang sering digunakan untuk tujuan tersebut ialah mineral barite. Akan tetapi sumber mineral barite tidak banyak di Malaysia berbanding mineral lain. Oleh yang demikian, sebagai alternatif lain menggantikan mineral barite, mineral hematite dikaji penggunaannya sebagai bahan penyerap radiasi. Lombong mineral hematite ini masih banyak di Malaysia terutamanya di negeri Pahang, malah Malaysia juga mengeksport mineral jenis ini ke luar negara.

Sinaran gamma merupakan salah satu sinaran radiasi yang berbahaya kepada manusia dan persekitaran. Interaksi sinaran gamma bergantung kepada kehadiran tenaga photon [1]. Di dalam pengiraan penyerapan radiasi sesuatu material, pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) adalah didefinisikan sebagai kemungkinan radiasi berinteraksi dengan material dalam satu unit jarak atau dalam kata lainnya, kuantiti pengukuran ketelusan sinaran di dalam sesuatu medium. Terdapat 3 perkara yang memberi perubahan terhadap pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) iaitu tenaga photon, nombor atom dan juga ketumpatan material penyerap sinaran radiasi tersebut [2].

Beberapa penyelidikan telah dilakukan untuk mendapatkan pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) bagi bancuhan konkrit [3,4] dengan menggunakan batuan yang berbeza-beza di luar negara. Penyelidikan ini menggunakan batuan mineral hematite di dalam rekabentuk konkrit untuk melihat pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) bagi setiap campuran yang berbeza (a:b:c = air dan simen : pasir : mineral hematite). Selain itu, kesan perbezaan campuran terhadap kekuatan mampatan dan ketumpatan turut dikaji.

## 2.0 Prosedur Kerja

### 2.1 Bahan

Kehalusan simen Portland ialah 336.0 m<sup>2</sup>/kg dengan masa set awal 110 minit dan masa set akhir 150 minit. Kekuatan mampatan selepas 3 dan 28 hari masing-masing ialah 20.9 N/mm<sup>2</sup> and 43.6 N/mm<sup>2</sup>. Kesemua keputusan ini telah mencapai piawaian *European Standard Specification* (BS EN 197-1 : 2000).

Mineral hematite digunakan sebagai bahan gantian kepada batu granit biasa. Pasir sungai dan pasir hematite digunakan di dalam penyelidikan ini.

### 2.2 Penyediaan Sampel

Terdapat 2 bahagian di dalam penyelidikan ini iaitu bahagian 1 : nisbah bancuhan campuran bahan rekabentuk konkrit adalah konsisten tetapi dibezakan nisbah air/simen; bahagian 2 : nisbah bancuhan campuran bahan rekabentuk konkrit dibezakan dan nisbah air/simen dikonsistenkan. **Jadual 1** dan **Jadual 2** menunjukkan perbezaan setiap bancuhan konkrit. Terdapat 10 sampel kiub bagi setiap bancuhan dengan jumlah keseluruhan sebanyak 100 kiub sampel diperolehi.

**Jadual 1** : Rekabentuk Campuran Konkrit untuk bahagian 1

Rekabentuk Konkrit	Nisbah Campuran Bahan			Nisbah air/simen
	Simen	Pasir Sungai/Hematite	Mineral Hematite	
Rekabentuk A	1	2	4	0.6
Rekabentuk B	1	2	4	0.65
Rekabentuk C	1	2	4	0.7
Rekabentuk D	1	2	4	0.75
Rekabentuk E	1	2	4	0.8

**Jadual 2 :** Rekabentuk Campuran Konkrit untuk bahagian 2

Rekabentuk Konkrit	Nisbah Campuran Bahan			Nisbah air/simen
	Simen	Pasir Sungai/Hematite	Mineral Hematite	
Rekabentuk F	1	1	2	0.7
Rekabentuk G	1	1.5	3	0.7
Rekabentuk H	1	2	3	0.7
Rekabentuk I	1	3	6	0.8
Rekabentuk J	1	2	6	0.9

Prosedur bancuhan konkrit adalah dirujuk kepada *Department of Environment (British Standard – DOE)* dengan menggunakan kiub acuan berdimensi 150mm x 150mm x 150mm. Rujukan juga dibuat berdasarkan cadangan daripada *European Specification EN 206 Concrete – part 1: Specification, Performance, Production and Conformity*.

Kesemua sampel direndam di dalam air selama 7 hari bagi proses kuring sebelum dibiarkan mengering dengan suhu makmal (27°C).

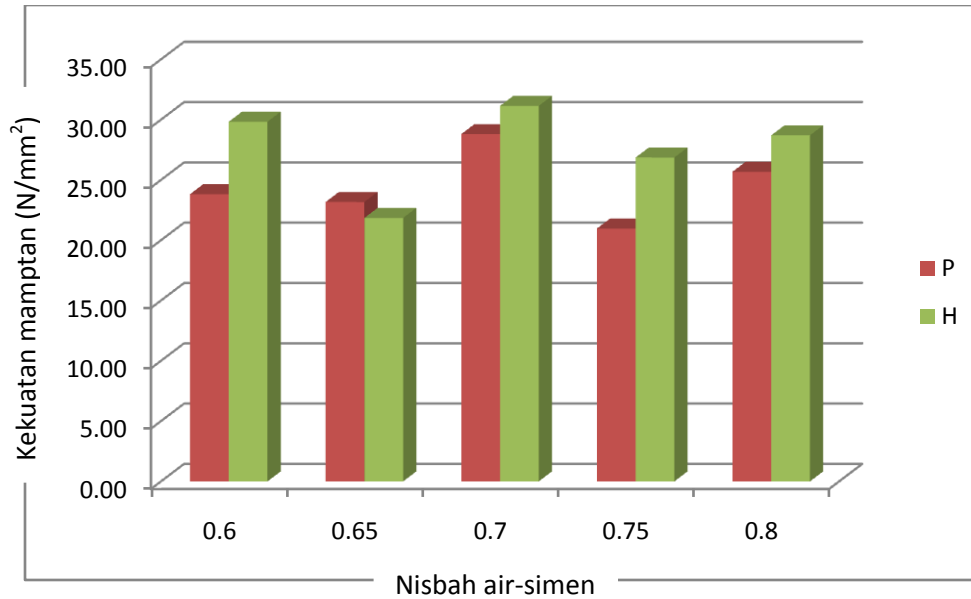
### 2.3 Prosedur Ujikaji

Nilai ketumpatan bagi sampel kiub konkrit dikira pada 28 hari dengan rumus  $\rho = m/v$  di mana  $m$  ialah jisim (kg) sampel kiub dan  $v$  pula isipadu sampel kiub. Isipadu bagi sampel kiub dikira daripada dimensi acuan sampel iaitu  $0.003375\text{m}^3$ . Kekuatan mampatan konkrit diambil dengan menjalankan ujian kekuatan mampatan melalui mesin mampatan. Ujian penyerapan radiasi bagi melihat pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) dilakukan menggunakan 2 sumber iaitu  $Cs^{137}$  dan  $Co^{60}$ . Kesemua ujikaji ini dijalankan pada sampel konkrit setelah mencapai umur 28 hari.

## 3.0 Keputusan dan Perbincangan

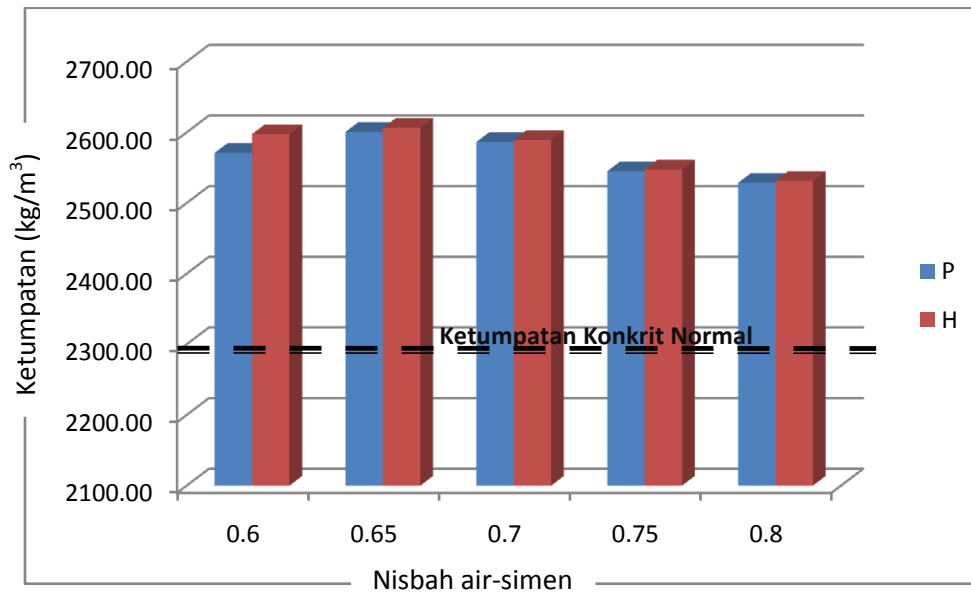
### 3.1 Ujikaji Bahagian 1

**Rajah 1** menunjukkan perbezaan kekuatan mampatan bagi sampel konkrit setelah 28 hari. Kekuatan mampatan meningkat 7-20% bagi campuran yang menggunakan pasir hematite berbanding penggunaan pasir granit biasa. Peningkatan ini adalah disebabkan oleh kekuatan mineral hematite itu sendiri yang mana ia mempunyai kandungan Ferum yang lebih tinggi berbanding pasir granit biasa. Campuran dengan nisbah air-simen 0.7 memberi kekuatan mampatan paling tinggi dan ia konsisten dengan perubahan penggunaan pasir.



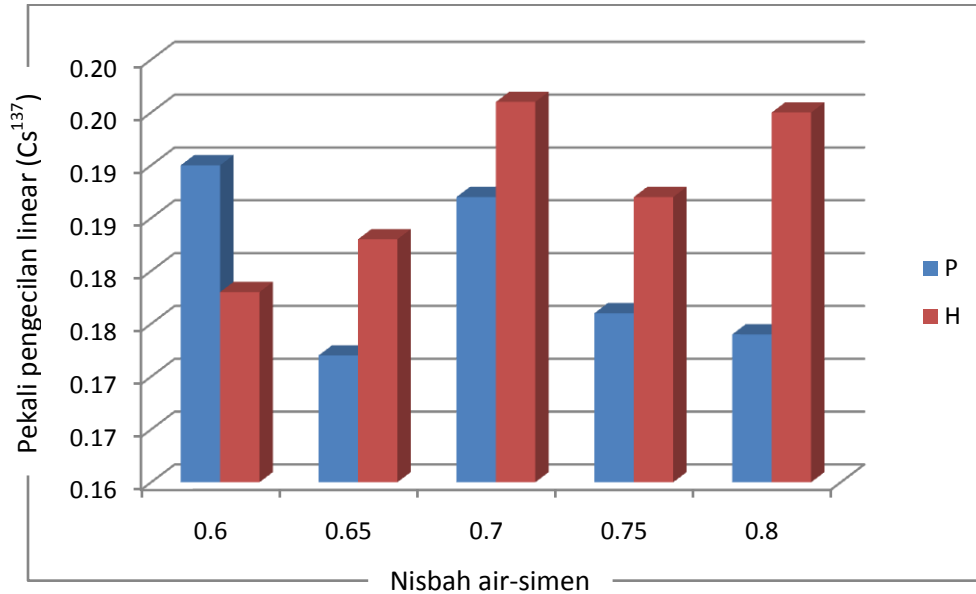
**Rajah 1 :** Perbezaan kekuatan mampatan konkrit berlainan jenis pasir (nisbah 1:2:4) terhadap nisbah air-simen setelah 28 hari

**Rajah 2** menunjukkan kesan perubahan nisbah air-simen terhadap ketumpatan sampel. Dapat dilihat jelas bahawa ketumpatan konkrit menurun apabila nisbah air-simen meningkat. Ketumpatan konkrit kawalan (konkrit dengan campuran batu granit normal) adalah  $2300\text{kg/m}^3$  dan dalam ujikaji ini ketumpatan konkrit meningkat dalam lingkungan 9-12% dengan nilai ketumpatan maksimum ialah  $2606\text{kg/m}^3$  iaitu pada nisbah air-simen 0.65. Peningkatan ketumpatan sampel konkrit yang menggunakan pasir hematite hanya menunjukkan kenaikan sebanyak 1% berbanding penggunaan pasir granit biasa.

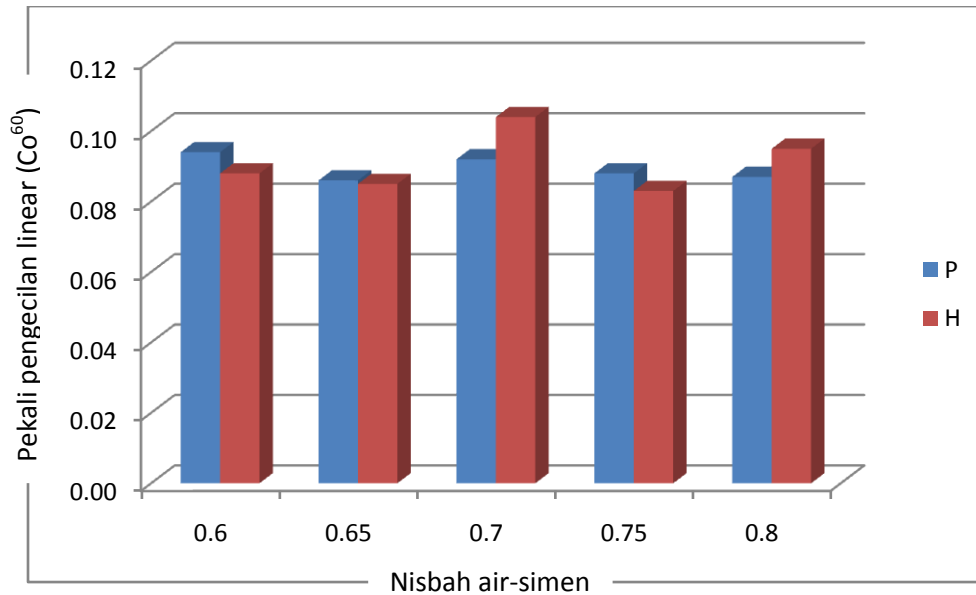


**Rajah 2 :** Perbezaan ketumpatan konkrit berlainan jenis pasir (nisbah 1:2:4) terhadap nisbah air-simen setelah 28 hari

**Rajah 3 dan Rajah 4** menunjukkan kesan nisbah air-simen terhadap pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) dilakukan menggunakan 2 sumber iaitu  $Cs^{137}$  dan  $Co^{60}$ . Didapati bahawa konkrit dengan nisbah air-simen 0.7 memberikan pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) yang paling tinggi iaitu 0.104 untuk sumber  $Co^{60}$  dan 0.196 untuk sumber  $Cs^{137}$ .



**Rajah 3 :** Perbezaan pekali pengecilan linear  $Cs^{137}$  (konkrit nisbah 1:2:4) terhadap nisbah air-simen setelah 28 hari

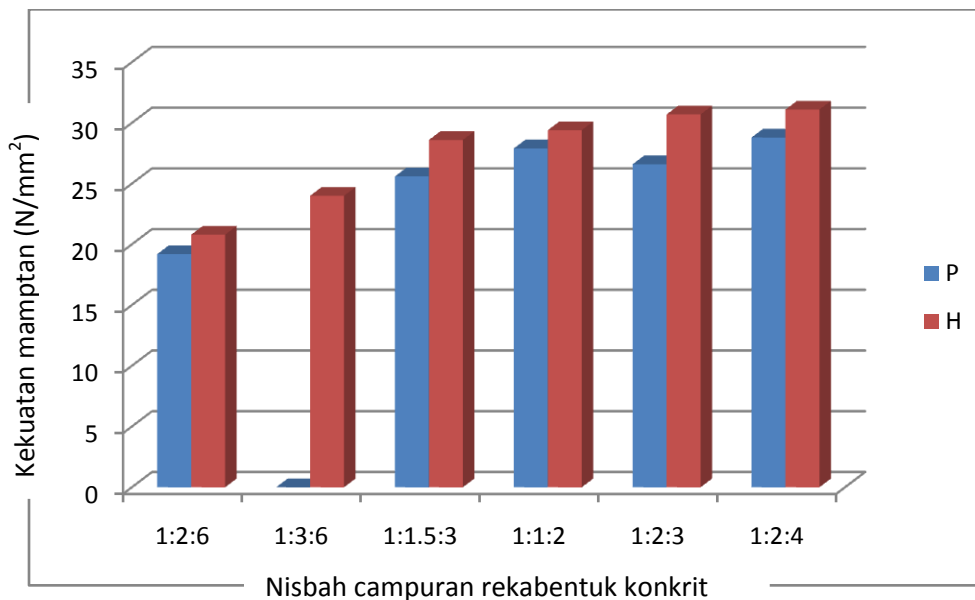


**Rajah 4 :** Perbezaan pekali pengecilan linear  $Co^{60}$  (konkrit nisbah 1:2:4) terhadap nisbah air-simen setelah 28 hari

### 3.2 Ujikaji Bahagian 2

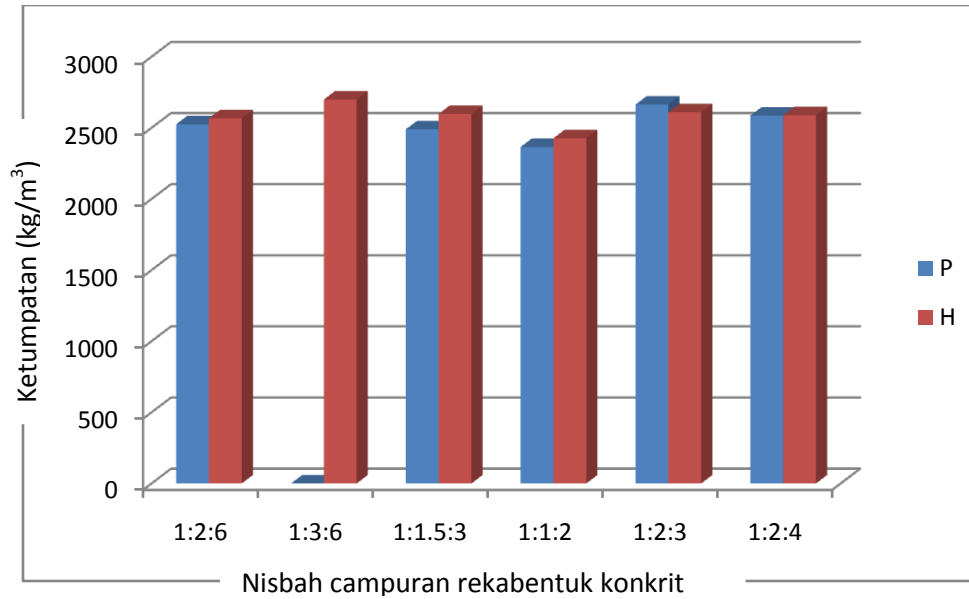
Di dalam ujikaji bahagian 2, seharusnya nisbah air-simen dikonsistenkan kepada 0.7, akan tetapi untuk bancuhan konkrit nisbah 1:3:6 (pasir hematite), 1:2:6 (pasir granit) dan 1:2:6 (pasir hematite), nisbah air simen masing masing adalah 0.8, 0.85 dan 0.9 kerana campuran menjadi terlampau kering dan sukar melekat kerana kekurangan air.

**Rajah 5** menunjukkan perbezaan kekuatan mampatan bagi sampel konkrit setelah 28 hari dengan nisbah campuran yang berbeza. Kekuatan mampatan paling tinggi adalah pada campuran 1:2:4 dan kekuatan mampatan paling rendah adalah pada nisbah campuran 1:2:6 dengan peratusan perbezaan kekuatan mampatan sebanyak 33%.



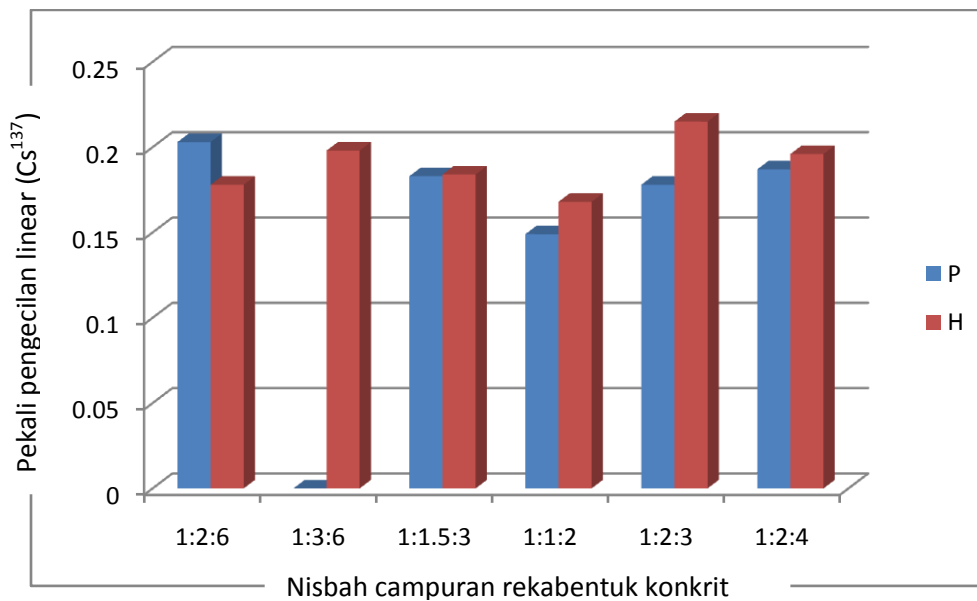
**Rajah 5** : Perbezaan kekuatan mampatan konkrit terhadap konkrit berlainan nisbah rekabentuk setelah 28 hari

**Rajah 6** menunjukkan perbezaan ketumpatan bagi setiap bancuhan nisbah campuran konkrit yang berbeza. Dapat dilihat secara jelas bahawa campuran konkrit nisbah 1:3:6 memberi ketumpatan yang tertinggi iaitu 2699kg/m<sup>3</sup> berbanding ketumpatan pada nisbah 1:2:4 iaitu 2606kg/m<sup>3</sup>.

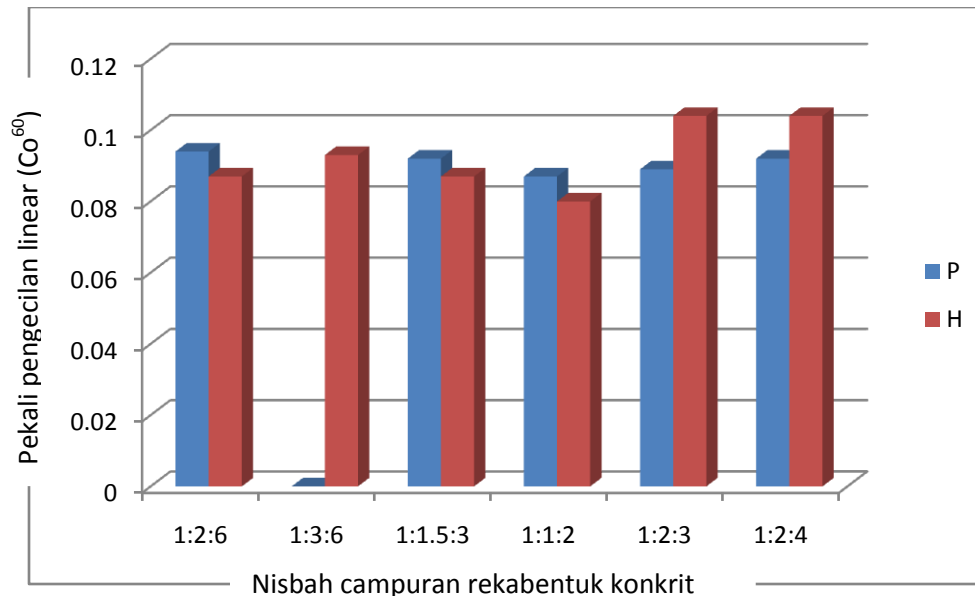


**Rajah 6 :** Perbezaan ketumpatan konkrit terhadap konkrit berlainan nisbah rekabentuk setelah 28 hari

**Rajah 7 dan Rajah 8** menunjukkan kesan nisbah air-simen terhadap pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) dilakukan menggunakan 2 sumber iaitu  $Cs^{137}$  dan  $Co^{60}$ . Didapati bahawa konkrit dengan nisbah campuran 1:2:4 memberikan pekali pengecilan linear sinaran ( $\mu$ ) yang paling tinggi iaitu 0.104 untuk sumber  $Co^{60}$  dan 0.196 untuk sumber  $Cs^{137}$ .



**Rajah 7 :** Perbezaan pekali pengecilan linear  $Cs^{137}$  terhadap perbezaan nisbah rekabentuk konkrit setelah 28 hari



**Rajah 8 :** Perbezaan pekali pengecilan linear  $Co^{60}$  terhadap perbezaan nisbah rekabentuk konkrit setelah 28 hari

### Kesimpulan

Dalam penyelidikan ini, berdasarkan ujikaji yang dijalankan melalui perbezaan campuran di **Jadual 1** dan **Jadual 2**, berikut adalah kesimpulan yang diperolehi:

1. Campuran rekabentuk konkrit dengan nisbah 1:2:4 dan nisbah air-simen 0.7 adalah terbaik untuk mendapatkan kekuatan mampatan  $30N/mm^2$ .
2. Dengan menggunakan mineral hematite sebagai pengganti agregat, ketumpatan konkrit meningkat sebanyak 9-12%.
3. Penggunaan nisbah air-simen terbaik untuk konkrit penyerap radiasi ialah antara 0.65 – 0.7.
4. Nisbah air-simen 0.7 memberi penyerapan radiasi terbaik terhadap  $Cs^{137}$  dan  $Co^{60}$ .
5. Konkrit dengan ketumpatan yang paling tinggi tidak semestinya memberi kadar penyerapan radiasi yang terbaik kerana terdapat lompong-lompong udara di dalam konkrit tersebut kerana pepadatan yang tidak sempurna.
6. Penggunaan pasir dari mineral hematite adalah lebih baik berbanding penggunaan pasir granit biasa.

### Penghargaan

Penulis ingin menyampaikan penghargaan kepada kakitangan NDT, Bahagian Teknologi Industri; En. Abdul Bakhri Mohamad, En. Rahmad Rashid dan En. Mohd Kamal Shah kerana komitmen mereka dalam menjayakan projek ini. Projek ini dibiayai oleh Sciencefund 03-03-01-SF0032 yang diketuai oleh Dr. Mohamad Pauzi Ismail.



## Rujukan

- [1] Akkurt I, Mavi B, Akkurt A, Basyigit C, Kilincarslan S, Yalim HA. Study on Z-dependance of partial and total mass attenuation coefficient. *J Quant Spect Rad Trans* 2005 (3-4): 379-85.
- [2] Wood J. Computational methods in reactor shielding. Pergamon Press, New York; 1982
- [3] Bashter II. Calculation of radiation attenuation coefficients for shielding concretes. *Ann Nucl Energy* 1997;24: 1389
- [4] Abdo El-S. Calculation of the cross-sections for fast neutrons and gamma rays in concrete shield. *Ann Nucl Energy* 2002;29:1977.
- [5] S. Kilincarslan, I. Akkurt, C. Basyigit. 2006. The effect of barite rate on some physical and mechanical properties of concrete. *Material Science & Engineering*, **424**: 83 – 86.
- [6] I.Akkurt, C. Basyigit, S. Kilincarslan. 2005. Radiation shielding of concrete containing different aggregates. *Cement & Concrete Composites*, **28**: 153 – 157.
- [7] A. Facure, A.X.Silva. 2007. The Use Of High Density Concretes In Radiotherapy Treatment Room Design. *Applied Radiation And Isotopes*, **65**: 1023 – 1028.
- [8] I.B. Topcu. 2003. Properties of heavyweight concrete produced with barite. *Cement and Concrete Research*, **33**: 815 – 822.
- [9] K. Sakr, E. EL-Hakim. 2004. Effect of high temperature or fire on heavy weight concrete properties. *Cement and Concrete Research*, **35**: 590 – 596.