

PENGUKURAN KANDUNGAN AIR BETON KONSTRUKSI MENGGUNAKAN HAMBURAN BALIK NEUTRON

Simon Petrus Gurusinga, Taryono
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi

ABSTRAK

PENGUKURAN KANDUNGAN AIR BETON KONSTRUKSI MENGGUNAKAN HAMBURAN BALIK NEUTRON. Pengukuran kandungan air beton konstruksi telah dilakukan menggunakan hamburan balik neutron. Pengukuran dilakukan pada pembangunan beton konstruksi gedung Mesin Berkas Elektron (MBE), Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Pengamatan kandungan air dilakukan mengikuti rancangan acak blok. Analisis variansi menunjukkan bahwa kandungan air rata-rata beton konstruksi adalah 183,3 kg/m³, nilai F (kritis) 5% lebih besar dari pada nilai F(hitung) dan koefisien variansi adalah 3,0%. Hasil yang diperoleh bahwa kandungan air beton konstruksi tidak berbeda nyata dengan kandungan air beton kontrol dan kandungan air beton rencana. Kandungan air beton konstruksi adalah homogen.

ABSTRACT

MEASUREMENT OF WATER CONTENT OF THE CONSTRUCTION CONCRETE BY USING NEUTRON BACKSCATTERING. Measurement of water content of the construction concrete was carried out by using neutron backscattering. Measurement was carried out at the building Electron Beam Machine (EBM), Center Applications of Isotopes and Radiation. The observation of water content was done with following randomized block design. The analysis of variance showed that mean water content was 183,3 kg/m³, F critical value at the 5% level exceeds the calculated F value and the coefficient of variance was 3,0%. The result of the study obtained that water content of the construction concrete is not difference with the water content of the control concrete and the water content of the plan concrete. Water content of the construction concrete is homogen.

PENDAHULUAN

Kandungan air beton merupakan suatu parameter yang menyatakan banyaknya air dalam satuan volume beton. Kandungan air di dalam suatu beton terbentuk atau dihasilkan dari suatu perencanaan komposisi bahan beton (air, semen, pasir dan batu dengan atau tanpa bahan tambahan), pengolahan (pencampuran, pengadukan, pengecoran, pemadatan) dan pemeliharaan beton. Oleh karena itu setiap beton konstruksi mempunyai kandungan air tertentu. Parameter kandungan air merupakan suatu petunjuk tentang kondisi kerapatan air di dalam susunan agregat pasir dan batu yang sudah terikat semen membatu. Pada susunan agregat pasir dan batu yang terikat semen membatu terdapat rongga (*void*) yang dapat berisi udara dan air. Makin besar *void* berisi air, makin besar kerapatan air di dalam volume beton dan sebaliknya (1, 2, 3).

Pada pembuatan beton, mula-mula air berfungsi sebagai pembentuk adonan campuran (air, semen, pasir dan batu). Kemudian air tersebut berfungsi sebagai bahan pembentuk semen membatu mengikat agregat pasir dan batu sehingga terbentuk beton. Kelebihan air pada saat pencampuran dan pengadukan bahan dapat mengakibatkan adonan terlalu encer dan agak lambat membatu. Kekurangan air pada saat pencampuran dan pengadukan bahan mengakibatkan adonan terlalu kental dan lebih cepat membatu. Karena itu selalu diusahakan agar banyaknya air tidak lebih dan tidak kurang. Perhitungan banyaknya air dilakukan berpedoman pada faktor air-semen (*fas*) dengan mempertimbangkan banyaknya pasir dan batu serta kekuatan beton rencana. Banyaknya air yang akan digunakan dalam perhitungan disebut kandungan air beton rencana. Beton terdiri dari beberapa jenis antara lain: beton biasa, beton kekuatan menengah dan beton kekuatan tinggi. Setiap jenis beton tersebut memiliki faktor air-semen tertentu (3, 4).

Pengukuran kandungan air beton konstruksi dapat dilakukan menggunakan instrumen nuklir. Pada instrumen dimaksud terdapat radioisotop $^{241}\text{AmBe}$ sebagai sumber neutron cepat aktivitas berkisar 40 mCi dan detektor sebagai penangkap neutron lambat hasil interaksi neutron cepat dengan hidrogen dalam senyawa air yang terkandung di dalam beton. Radioisotop sumber neutron cepat berada segaris dengan detektor dan keduanya terpisah dengan jarak lebih kurang 10 cm. Apabila instrumen nuklir tersebut diletakkan pada permukaan beton maka neutron cepat langsung berinteraksi dengan beton. Pada interaksi neutron cepat dengan beton, hidrogen dengan senyawa air di dalam beton tersebut memoderasi neutron cepat segera berubah menjadi neutron lambat. Karena itu makin banyak kandungan air di dalam beton, makin banyak pula terbentuk neutron lambat dan sebaliknya. Neutron lambat tersebut berdifusi disekitar jarak sumber-detektor dan terhambur keluar beton lalu diterima detektor. Interaksi neutron dengan beton seperti ini disebut hamburan balik (*backscattering*) neutron. Makin banyak neutron cepat termoderasi oleh kandungan air beton, makin banyak pula neutron lambat ditangkap detektor sehingga makin besar angka cacah pada display instrumen nuklir. Hubungan antara cacahan neutron dengan kandungan air material bersifat linier (6,7,8).

Konstruksi beton terdiri dari beberapa macam bangunan antara lain : perkantoran , pertokoan, perhotelan, jembatan layang, bendungan dan gedung perindustrian. Studi kandungan air beton konstruksi akan dilakukan pada beton konstruksi gedung Mesin Berkas Elektron (MBE) di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR). Studi dilakukan dengan tujuan untuk memantapkan teknik penerapan instrumen nuklir sumber-detektor neutron khususnya pada beton konstruksi dalam kaitannya dengan pengukuran sifat teknik kandungan air dan homogenitas kandungan air beton konstruksi tersebut.

BAHAN DAN METODE

Komposisi bahan.

Beton dibuat dari bahan semen Tiga Roda, air sumur bor, pasir Galunggung, batu split nsungai Cisadane dan bahan tambahan plastilizer. Komposisi masing-masing bahan dalam volume satu meter kubik terdiri dari : air 175 liter, semen 380 kg, pasir 780 kg, batu split 1090 kg dan plastilizer 1,5 liter. Berat total bahan (air, semen, pasir dan batu split) dalam volume satu meter kubik adalah 2425 kg dan faktor air-semen (fas) adalah 0,46.

Pembuatan beton konstruksi lantai dan dinding.

Adonan beton yaitu campuran adukan (air, semen, pasir dan batu split) dibuat menggunakan fasilitas *Ready Mix*. Dari lokasi *Ready Mix* diangkut menggunakan *Truck Mix* ke lokasi pembangunan gedung Mesin Berkas Elektron di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR). Bahan plastilizer ditambahkan ke dalam adonan beton di dalam Truk Mix, lalu drum Truk Mix diputar sehingga bahan plastilizer bercampur merata dengan adonan beton. Selanjutnya adonan beton dituangkan ke dalam corong cor dan dengan mengendalikan corong cor dilakukan pengecoran ke dalam cetakan konstruksi lantai. Setelah pengecoran , segera dilakukan pemadatan adonan beton menggunakan *Vibrator Compaction*. Kemudian adonan beton dibiarkan mengeras membatu dan cetakan dibuka setelah beton berumur 4 hari. Setelah konstruksi lantai selesai, selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan pengecoran ke dalam cetakan konstruksi dinding sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan hingga mencapai dimensi konstruksi. Pemeliharaan beton dilakukan dengan cara menutupi beton dengan kain goni basah selama 7 hari.

Pembuatan beton kontrol.

Beton kontrol dimensi 40 cm x 40 cm x 40 cm dibuat sebanyak 15 buah pada saat pembuatan beton konstruksi lantai maupun dinding. Adonan beton kontrol diambil sebagian (lebih kurang $0,35 \text{ m}^3$) dari adonan beton di dalam drum *Truck Mix* yang sedang dipersiapkan untuk pengecoran konstruksi lantai maupun dinding. Dengan cara demikian bahan pembuatan beton kontrol sama dengan bahan yang digunakan pada pembuatan beton konstruksi lantai maupun dinding. Pada pembuatan beton kontrol, adonan dimasukkan ke dalam cetakan kayu berlapiskan bahan tidak tembus air, lalu dipadatkan menggunakan *Vibrator Compaction*. Kemudian adonan dibiarkan mengeras dan cetakan kayu dibuka setelah beton berumur 4 hari. Pemeliharaan dilakukan dengan cara menutupi beton dengan kain goni basah.

Pengukuran kandungan air beton.

Pengukuran kandungan air beton dilakukan menggunakan instrumen nuklir merk Troxler tipe 3430 buatan Laboratories Troxler Electronic, Ltd, North California, USA. Terhadap beton konstruksi lantai dan dinding maupun beton kontrol, pengukuran dilakukan ketika beton berumur 5 hari dengan cara menempelkan dan mengoperasikan instrumen nuklir tersebut pada permukaan beton. Titik-titik pengukuran pada beton konstruksi lantai dan dinding ditata sedemikian rupa sehingga mengikuti rancangan blok acak lengkap. Sesuai dengan banyaknya beton kontrol 15 buah maka masing-masing blok konstruksi dilakukan pengukuran dengan 15 ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kandungan air beton kontrol, beton lantai dasar, beton lantai atas, beton dinding tenggara, beton dinding barat laut, beton dinding barat daya dan beton dinding timur laut ditunjukkan pada Tabel 1.

Kandungan air rata-rata beton kontrol $181,6 \text{ kg/m}^3$, kandungan air rata-rata beton lantai dasar $183,6 \text{ kg/m}^3$, kandungan air rata-rata beton lantai atas $182,4 \text{ kg/m}^3$, kandungan air rata-rata beton dinding tenggara $183,3 \text{ kg/m}^3$, kandungan air rata-rata beton dinding barat laut $184,4 \text{ kg/m}^3$, kandungan air rata-rata beton dinding barat daya $184,5 \text{ kg/m}^3$ dan kandungan air rata-rata beton dinding timur laut $184,6 \text{ kg/m}^3$.

Untuk mengetahui adanya perbedaan kandungan air dan blok ulangan dilakukan perhitungan secara statistik uji F. Analisis variansi kandungan air diperoleh $F(\text{uji}) = 0,66$ sedangkan $F(\text{tabel})(0,05;6;84) = 2,20$. Ternyata nilai $F(\text{uji})$ lebih kecil dari pada $F(\text{tabel})$. Terhadap blok ulangan pengukuran diperoleh $F(\text{uji}) = 1,12$ sedangkan $F(\text{tabel})(0,05;14;84) = 1,80$. Ternyata nilai $F(\text{uji})$ lebih kecil dari pada $F(\text{tabel})$. Berpedoman pada kedua nilai F tersebut menunjukkan bahwa kandungan air yang telah diperoleh tidak berbeda nyata. Karena itu dapat disebutkan bahwa kandungan air beton kontrol tidak berbeda dengan beton konstruksi lantai maupun dinding, sedangkan dimensi dan kedudukan beton kontrol berbeda dengan beton konstruksi lantai maupun beton konstruksi dinding. Telah diketahui bahwa dimensi dan kedudukan beton sangat mempengaruhi kemudahan pelaksanaan pengecoran dan pemadatan adonan beton. Pengecoran dan pemadatan adonan beton konstruksi lantai lebih mudah dari pada pengecoran dan pemadatan adonan beton konstruksi dinding. Walau demikian, kandungan air beton tersebut ternyata tidak berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa pengecoran dan pemadatan adonan beton konstruksi lantai maupun dinding telah dilaksanakan secara baik.

Hasil analisis variansi diperoleh nilai koefisien variansi adalah 3,0 % dan berpedoman pada derajat homogenitas kandungan air dapat dikatakan bahwa kandungan air seluruh beton konstruksi sangat homogen. Homogenitas kandungan air yang demikian dapat dicapai diperkirakan karena komposisi dan jenis bahan (air, semen, pasir dan batu split dan plastilizer) tidak mengalami perubahan selama pembuatan atau pembangunan konstruksi. Disamping itu, alat dan cara pengolahan bahan (pencampuran dan pengadukan), alat dan cara pengecoran-pemadatan serta pemeliharaan telah dilakukan tanpa mengalami perubahan. Karena itu dapat dikatakan bahwa pada pembangunan konstruksi tersebut, kontrol bahan, kontrol alat dan cara pengolahan bahan, kontrol alat dan cara pengecoran-pemadatan serta pemeliharaan telah dilaksanakan secara seksama.

Kandungan air rata-rata keseluruhan (*grand mean*) beton adalah $183,3 \text{ kg/m}^3$, sedangkan komposisi air rencana adalah $175,0 \text{ kg/m}^3$. Secara statistik kedua nilai tersebut tidak berbeda nyata. Karena itu dapat dikatakan bahwa kandungan air beton konstruksi sama dengan kandungan air beton rencana.

Pada pembuatan beton konstruksi ada kecenderungan kandungan air lebih besar dari pada kandungan air rencana. Kelebihan kandungan air sebesar 5 % masih dalam batas yang diperbolehkan karena faktor pengaruh kelembaban pasir dan batu yang kurang diperhitungkan secara cermat. Disamping itu kelebihan kandungan air disebabkan pertimbangan faktor pengaruh penguapan. Banyaknya air pada pembuatan adonan beton selalu sedikit dilebihkan untuk mengatasi penurunan kandungan air karena pengaruh penguapan temperatur beton itu sendiri dan cuaca (5). Pada studi ini diperoleh bahwa kandungan air beton konstruksi sama dengan kandungan air beton rencana. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya air yang telah digunakan selama pembuatan beton konstruksi dengan mempertimbangkan faktor kelembaban pasir dan batu serta penguapan telah diperhitungkan secara cermat.

Tabel 1. Kandungan air beton konstruksi dalam satuan kilogram per meter kubik.

BK	BLD	BLA	BLT	BDBL	BDBD	BDTL
178	181	187	191	179	187	180
182	179	181	183	182	183	189
181	176	178	179	193	190	184
179	182	186	180	186	186	176
184	178	182	181	190	178	192
176	184	177	186	178	191	187
188	179	175	178	193	184	179
185	188	184	187	184	180	194
183	182	186	184	176	188	182
175	186	192	193	188	177	178
177	192	182	184	183	187	186
183	183	179	176	175	182	181
177	190	180	188	191	186	185
187	180	176	183	180	176	186
189	194	191	177	181	193	190

Keterangan : BK = Beton Kontrol
 BLD = Beton Lantai Dasar
 BLA = Beton Lantai Atas
 BDT = Beton Dinding Tenggara
 BDBL = Beton Dinding Barat Laut
 BDBD = Beton Dinding Barat Daya
 BDTL = Beton Dinding Timur Laut

KESIMPULAN

1. Instrumen nuklir sangat baik digunakan untuk mengukur kandungan air beton konstruksi karena pengukuran dapat dilakukan tanpa merusak beton . Disamping itu hasil pengukuran dapat diperoleh dengan cepat dan hal ini memungkinkan dapat dilakukan evaluasi kandungan air beton mengikuti tahapan-tahapan pembangunan konstruksi.
2. Kandungan air beton kontrol tidak berbeda nyata dengan beton konstruksi lantai maupun dinding Hal ini menunjukkan bahwa beton kontrol dapat dimanfaatkan sebagai indikator terhadap beton konstruksi.
3. Kandungan air beton konstruksi homogen dan tidak berbeda dengan kandungan air rencana, diperkirakan karena bahan dan komposisi ,alat dan cara pembuatan beton konstruski telah dilaksanakan secara terkontrol.
4. Instrumen nuklir hamburan balik neutron mempunyai peluang besar dimanfaatkan sebagai alat penguji kandungan air berbagai macam konstruksi beton. Dalam hal ini perlu dirintis suatu bentuk kerjasama dengan instansi terkait, konsultan dan kontraktor.

DAFTAR PUSTAKA

1. BUREAU OF RECLAMATION. Concrete Manual, Seventh Edition. Superintendent of Documents,U.S. Government Printing Office, Washington D.C , 1966.
2. PRICE,W.H. Factors Influencing Concrete Stength, American Concrete Institute Proceeding,Vol,47,1951.
3. DEPARTEMEN PERKERJAAN UMUM. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton. Lembaga Penelitian Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum,Bandung,1990.
4. DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. Petunjuk Pelaksanaan Perencanaan dan Pengendalian Adukan Beton. Lembaga Penelitian masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1984.
5. MURDOCK, L.J. BROOK , K.L. Bahan dan Praktek Beton, Penerbit Erlangga,Jakrta,1991.
6. TROXLER ELEXTRONIC LTD. Manual of Operation and Inatruction Model 3430, Moisture Density Gauge. Troxler Electronic Ltd, North California,USA,1991.
7. GARDNER,R.P. Radiogauging With Neutron, Radioisotope Measurement Application in Engineering, Reinhold Publishing Corporation, London,1967.
8. CAMPBELL PACIFIC NUCLEAR. Operation Manual, Moisture Density Gauge, Campbell Pacific Nuclear Corporation, Pacheco california,USA,1981.