

PERBAIKAN MUTU BETON BLOCK DENGAN PERLAKUAN STEAM CURING

Oleh :

Ir. P. Sumardi, SU^{*)}

Intisari

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisis ataupun mekanis dari beton block adalah dengan perlakuan "steam curing", yang bertujuan untuk menyempurnakan hidrasi dari kalsium silikat menjadi kalsium silikat hidrat (C_2SH dan C_3SH).

Curing dikerjakan dalam lingkup jenuh dengan uap air pada tekanan sampai dengan $2,5 \text{ kg/cm}^2$ dan waktu 180 menit. Beton block dibuat dari campuran semen hidrolik (portland cement), pasir berbanding 1 : 7 dan air sebanyak 10% dari adonan padat. Campuran ini dicetak dengan kempa hidrolik dengan kuat tekan 185 kg/cm^2 .

Kuat tekan dari beton block yang didapat mencapai 216 kg/cm^2 pada kondisi steam (jenuh) pada $2,5 \text{ kg/cm}^2$ abs. dan waktu curing 180 menit. Porositas didapat: 10,18%. Beton block ini jauh memenuhi SII 0284-80, yaitu beton yang mampu menahan beban 100 kg/cm^2 .

Tinjauan Pustaka

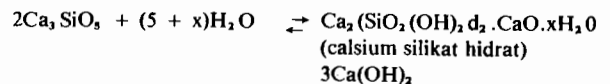
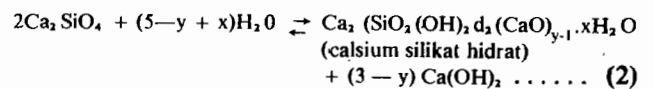
Cone block dibuat dari campuran semen, pasir dan air dengan perbandingan bahan semen dan pasir 1 : 7 dan airnya 10% dari berat campuran semen dan pasir (industri *cone block* abadi).

Pencetakannya dengan *Hidraulic Press* dengan kuat tekan 185 kg/cm^2 dengan perendaman selama 24 jam dengan tujuan supaya terjadi hidrasi, sehingga terbentuk senyawa hidrat dan pasirnya terikat dengan kuat.

Pembuatan *cone block* dengan perlakuan *steam curing* diharapkan lebih baik daripada perendaman, dengan perendaman yang terbaik saat ini harus mempunyai syarat fisik yaitu mampu menahan beban seberat 100 kg/cm^2 dengan porositas 25% (SII 0284-80).

Diharapkan hidrasi dengan cara *steam curing* dapat menghasilkan *cone block* yang lebih baik, persyaratan fisiknya di atas persyaratan dalam SII.

Beton (*cone block*) dari bahan baku semen hidrolik, banyak dipakai untuk pengerasan jalan, trotoar, dan lain-lain. Penyusun utama dari semen hidrolik adalah tricalcium aluminat (C_3A), di ataupun tri - calcium silikat (C_2S dan C_3S), dan calcium aluminaferit (C_4AF). Jika bahan ini ditambah air dan agregat, misalnya pasir, maka akan terjadi *setting* dari semen yang mengakibatkan pengerasan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut. (Van Lack, 1964) :



Banyaknya air hidrat, x, tergantung dari tekanan uap air pada saat proses hidrasi berlangsung. Endapan dari calcium aluminat hidrat berbentuk kristal yang teratur, sedangkan calcium silikat hidrat berbentuk *colloidal gel* yang memberikan kontribusi kekuatan dari beton lebih besar dibanding dengan bentuk

^{*)} Staf Jurusan Teknik Kimia FT—UGM.

kristalin. *Setting* dari calcium aluminat hidrat jauh lebih cepat dibanding dengan calcium silikat hidrat (Bogue, 1947). Berkurangnya kekuatan dari semen block karena tidak semua calcium silikat terhidrasi, karena sebagian diselimuti oleh *colloidal gel* dari calcium silikat hidrat sehingga air sangat sukar menembus lapisan ini (Bogue, 1947). Hal ini dapat diperkecil dengan menghidrasi semen di dalam lingkup yang jenuh dengan uap air pada tekanan tinggi. Ketahanan beton terhadap serangan sulfat semakin besar pada *steam curing* dengan suhu 100 — 177°C (Miller & Manson, 1940). Dengan *steam curing* senyawa tricalcium silikat diaktifkan oleh uap air dan terhidrolisis dan menghasilkan Ca(OH)_2 yang banyak dan memungkinkan terbentuknya lapisan film tetra calcium aluminat hidrat di atas butir-butir tricalcium silikat. Hal ini akan memperlambat *setting* dari tricalcium silikat hidrat, yang menambah kekuatan beton (Roller, 1936).

Wig dan Davis (1915) mengatakan bahwa kekuatan dari beton dengan perlakuan *steam curing* tergantung dari tekanan uap (suhu), lama *aging* dan jenis semen maupun komposisi dari bahan yang dipakai. Pada tekanan yang tinggi Ca(OH)_2 terlarut yang dihasilkan dari hidrasi semen bereaksi dengan *silicious material* yang halus membentuk senyawa calcium silikat yang tidak larut, yang menambah kekuatan beton blok (Menzel, 1936).

Cara Penelitian

A. Bahan

Semen, dipakai semen portland type I, semen Nusantara, diperoleh dari toko besi jalan Kaliurang, Yogyakarta.

Pasir, diperoleh dari kali Bedog, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

Air, diperoleh dari Laboratorium Teknologi Keramik, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

B. Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan sudah tersedia di Laboratorium Teknologi Keramik, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, yaitu :

1. Ayakan 20 mesh
2. Mixer, untuk mencampur bahan
3. Cetakan sampel
4. Alat ukur kuat desak "Hiraulic Press"
5. Timbangan
6. Gelas ukur
7. Stop Watch
8. Alat "Steam Curing"
9. Panci untuk merendam sampel
10. Oven listrik
11. Eksikator, untuk mendinginkan benda uji.

C. Jalannya Penelitian

Penyiapan bahan :

1. Semen, diayak dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menyertainya dan memisahkan semen yang sudah mengeras.
2. Pasir, dikeringkan kemudian diayak dengan ayakan 20 mesh.
3. Air, digunakan di Laboratorium Keramik.

Dibuat campuran semen dan pasir dengan perbandingan satu banding tujuh, kemudian diayak dengan mixer, selama pengadukan ditambah air sedikit demi sedikit sehingga airnya habis 10% dari berat campuran semen dan pasir.

Jika adonan sudah merata, ditimbang setiap sampel 50 gram kemudian dicetak dengan "Hidraulic Press" dan dibiarkan pada tempat terbuka selama satu hari. Hari berikutnya sampel di "curing" dengan tekanan dan waktu tertentu, kompor dimatikan dan sampel diambil.

Sampel yang sudah mengalami perlakuan dengan "curing", dibiarkan lagi di tempat terbuka selama 72 jam. Setengah dari jumlah sampel dikenal uji tekan dengan "Hidraulic Press". Setengahnya lagi dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai berat tetap, kemudian didinginkan dalam eksikator dan sesudah dingin ditimbang untuk diketahui berat keringnya.

Selanjutnya sampel direndam dalam air selama 24 jam dan ditimbang untuk mengetahui berat basahnya.

D. Analisis Hasil

1. *Kuat desak*. Sampel yang telah mengalami perlakuan dengan "curing" diberi nomor 1 sampai 10. Nomor 1 sampai 5 untuk uji kuat desak, dan

nomor 6 sampai 10 untuk perlakuan uji porositas. Sampel nomor 1 sampai 5 diuji dengan "Hidraulic Press" sampai di bagian tepi sampel mengalami keretakan 5% dari keliling sampel.

2. **Porositas.** Sampel nomor 5 sampai 10 setelah mengalami perlakuan dengan "curing" dimasukkan dalam oven listrik sampai berat sampel tetap dengan suhu 110°C, kemudian ditimbang dengan berat W_1 dan dilanjutkan perendaman selama 24 jam. Dari perendaman, di lap di bagian permukaan sampel dan ditimbang dengan berat W_2 , sehingga porositas dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

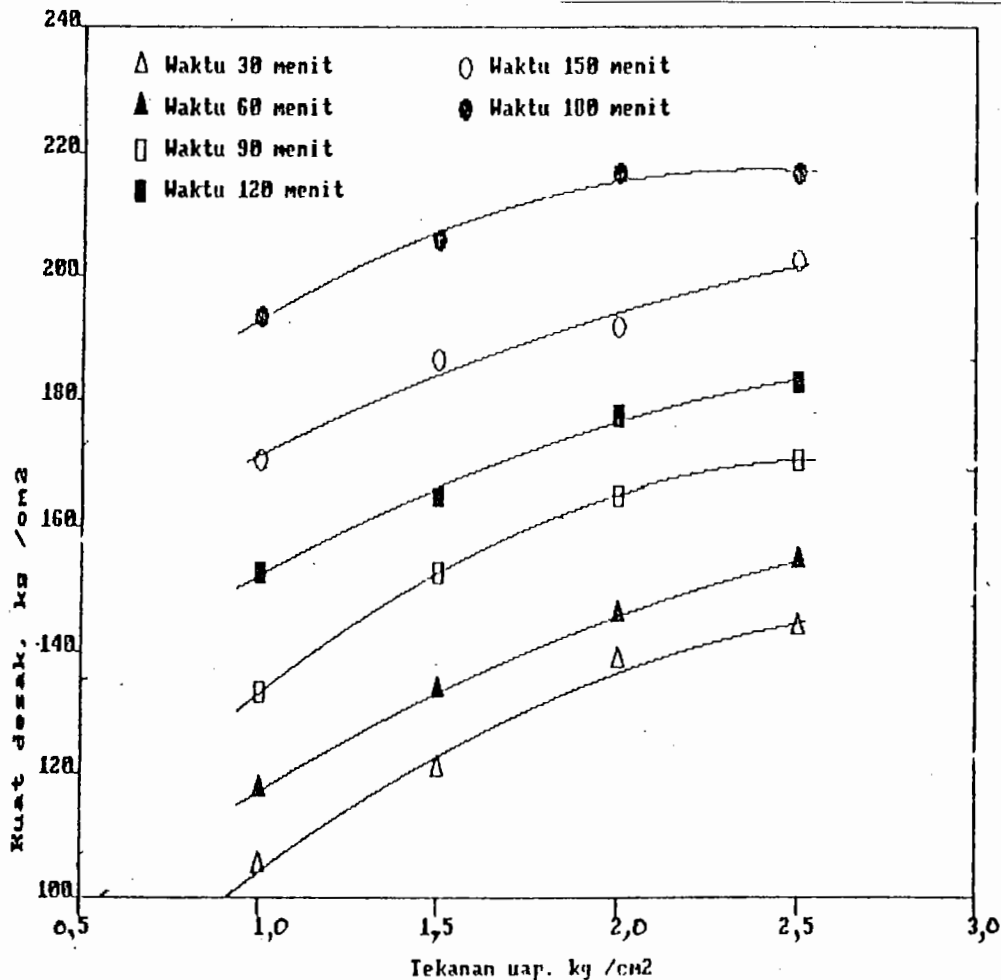
$$\text{Penyerapan air (Porositas)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

Hasil Penelitian dan Pembahasan

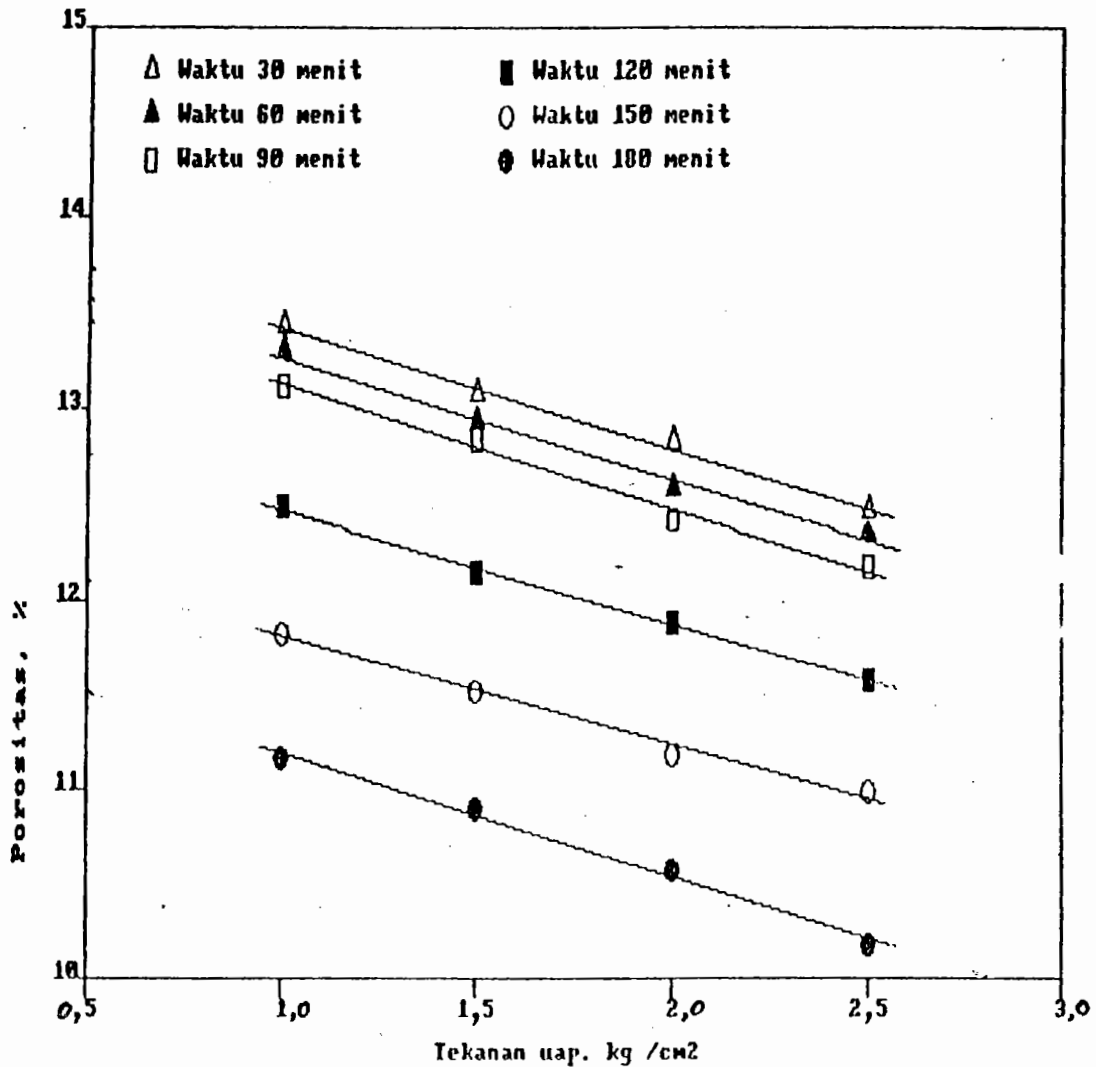
Hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel I.1. Pengaruh waktu "curing" dan tekanan uap terhadap kuat desak dari beton blok (kuat desak dalam kg/cm²)

Waktu, menit	Tekanan uap untuk "curing", kg/cm ² abs			
	1	1,5	2	2,5
30	104,76	120,74	138,49	143,82
60	117,19	133,17	145,60	154,47
90	133,17	152,70	165,13	170,45
120	152,70	165,13	177,56	182,88
150	170,45	186,43	191,76	202,41
180	193,54	205,97	216,62	216,62



Gambar 2. Pengaruh tekanan uap dan waktu curing terhadap kuat desak beton blok



Gambar 3. Pengaruh tekanan uap dan waktu curing terhadap porositas

Tabel I.2. Pengaruh waktu "curing" dan tekanan uap terhadap porositas dari beton blok (porositas dalam %)

Waktu, menit	Tekanan uap untuk "curing", kg/cm ² abs			
	1	1,5	2	2,5
30	13,42	13,08	12,82	12,45
60	13,29	12,92	12,58	12,35
90	13,12	12,84	12,40	12,18
120	12,48	12,14	11,88	11,58
150	11,83	11,52	11,18	10,98
180	11,16	10,90	10,58	10,18

Dari data I.1 dan gambar 2, terlihat bahwa tekanan uap air (jenuh) semakin besar, maka kuat desak dari beton blok yang didapat juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena dengan tekanan uap yang tinggi, maka penetrasi ataupun diffusi dari uap air menembus lapisan gelatin dari kristal kalsium silikat hidrat semakin kuat. Ini menyebabkan senyawa-senyawa kalsium yang terselimuti oleh lapisan gelatin tersebut dapat terhidrasi oleh uap air yang telah menembus lapisan tersebut, dan menghasilkan kristal (colloidal gel) dari kalsium silikat hidrat. Kristal ini yang memberi kontribusi yang paling besar terhadap kuat desak dari beton block.

Waktu curing yang semakin lama, menyebabkan kuat desak beton block yang didapat semakin besar. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: dengan waktu curing yang lebih lama, maka persinggungan/kontak antara uap air yang menembus lapisan gelatin dengan senyawa kalsium silikat semakin lama juga. Ini menyebabkan reaksi hidrasi dari kalsium silikat semakin sempurna, dan dihasilkan kristal kalsium silikat hidrat yang makin banyak, sehingga beton block akan semakin kuat. Jika tekanan uap air jenuh semakin besar (ekstrapolasi) maka hambatan terhadap penetrasi/difusi uap air juga besar sehingga pertambahan kuat desak beton juga semakin mengecil. Persamaan empiris yang berlaku dalam lingkup penelitian ini, dapat didekati dengan :

$$KD = f_0(t) + f_1(t) P + f_2(t)P^2 \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

$$f_0(t) = 32,24342 + 0,57850 t + 4,588 \cdot 10^{-4} t^2$$

$$f_1(t) = 72,26293 - 0,28897 t + 9,880 \cdot 10^{-4} t^2$$

$$f_2(t) = -12,77398 + 0,07703 t - 3,507 \cdot 10^{-4} t^2$$

Ralat rata-rata dari persamaan (1) terhadap hasil pengamatan = 1,44 kg/cm², jika ralat didefinisikan sebagai berikut,

$$\text{Ralat} = \frac{\sum |KD - KD_{(i)}|}{\sum \text{data}}$$

Dari daftar 1.2 dan gambar 3, terlihat bahwa semakin tinggi tekanan uap air (jenuh) yang dipakai dan waktu "curing" yang lebih lama, maka porositas dari beton block yang dihasilkan akan semakin mengecil. Hal ini disebabkan dengan tekanan uap air (jenuh) yang semakin tinggi dan waktu "curing" yang semakin lama maka kristal bentuk "colloidal gel" yang terbentuk (kristal kalsium silikat hidrat) semakin banyak, sehingga pada saat "setting" dari kristal ini akan menghasilkan massa padat yang lebih "massive/compact". Keadaan ini yang menyebabkan porositas dari beton block semakin mengecil. Persamaan empiris yang berlaku dalam lingkup penelitian ini, dapat didekati dengan :

$$PS = f_0(t) + f_1(t) P \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

$$f_0(t) = 14,79393 - 0,0154819 t$$

$$f_1(t) = -0,63653 + 0,0001257 t$$

Penyimpangan hasil pengamatan terhadap persamaan (2) di atas, memberikan ralat rata-rata = 0,18% porositas. Jika ralat didefinisikan sebagai berikut,

$$\text{Ralat} = \frac{\sum |PS - PS_{(i)}|}{\sum \text{data}}$$

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perlakuan "steam curing" pada pembuatan beton block dapat memperbesar kuat desak dan memperkecil porositas dari beton block yang dihasilkan. Pada waktu curing berlangsung selama 180 menit dan dipakai tekanan uap air (jenuh) = 2,50 kg/cm² absolut, maka didapat beton block yang memiliki kuat desak 216 kg/cm² dan porositas 10,16%. Ini sudah jauh melebihi standard industri yang diizinkan yaitu kuat desak minimum = 100 kg/cm² dan porositas 25% (SII 0284-80).

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. R. Soekardjo Ds, yang telah memberi petunjuk dan mengizinkan menggunakan fasilitas Laboratorium Teknologi Keramik, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Dan juga kepada karyawan laboratorium diucapkan terima kasih atas bantuannya.

Daftar Arti Simbul

- KD = kuat desak bahan, kg/cm²
- P = tekanan uap air (jenuh), kg/cm² absolut
- PS = Porositas, %
- W = berat contoh, g
- t = waktu "curing", menit
- f₀, f₁, f₂ = simbul suatu fungsi matematik

Daftar Pustaka

Anonim, 1985, "Bank Data Bahan-bahan Keramik di Indonesia", Balai Besar Industri Keramik, Departemen Perindustrian, Bandung.

Bogue, R.H., 1974, "The Chemistry of Portland Cement", Cetakan kedua, pp. 26 — 519, Reinhold Publishing Corporation, New York.

Grimshaw dan Searle, 1960, "The Chemistry and Physics of Clay", 3th ed., pp. 361 — 367, Ernest Benn Limited, London.

Gumuliauskas, 1964, "Manufacturing Properties of Siliceous Concrete", Ceramic Abstracts, Journal of the American Ceramic Society, October, Volume 47, number 10, page 271 d.

Kingery, W.D., 1960, "Introduction to Ceramics", 1st ed., pp. 448, John Wiley & Son Inc., New York.

Menzel, C., 1963, "Journal of American Concrete Inst.", vol. 32, pp. 621, New York.

Roller, P.S., 1936, "Ind. Eng. Chem", vol. 28, pp. 362, New York.

Sasnauskas, K. dan Jakunskas, A., 1964, "Autoclaved Porous Construction Materials from Local Lithuanian Source", Ceramic Abstracts, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 47, number 10, pp. 27 c.