

ANALISA PERAWATAN BETON CETAK MENGUNAKAN UAP

Septyanto Kurniawan

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
E-mail : s_yan_k@ymail.com

Abstrak

Salah satu cara yang digunakan untuk mempercepat kekuatan beton cetak/ paving block adalah dengan meningkatkan temperatur perawatan diatas temperatur ruang. Adapun variasi temperatur perawatan yang diterapkan adalah 70°C, 80°C, dan 90°C, sedangkan perawatan dilakukan selama 5 jam. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur optimum tercapai pada suhu 70°C yaitu dimana pada usia 1 hari setelah dilakukan perawatan uap, beton cetak/ paving block sudah memiliki nilai kuat tekan yang sama dengan nilai kuat tekan beton cetak/ paving block berumur 3 hari dengan penyiraman yaitu 15,075 Mpa, sehingga paving block dengan umur 1 hari setelah perawatan uap pada suhu 70°C sudah dapat dikirim kelokasi penggunaan. Begitu juga pada saat umur 28 hari kekuatan sebesar 23,059 Mpa yaitu dapat mencapai kekuatan paving block mutu kelas III dimana mempunyai nilai 17 – 20 Mpa. Sedangkan pada suhu perawatan diatas 70°C yaitu suhu perawatan 80°C dan 90°C menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dari nilai kuat tekan paving block dengan penyiraman pada suhu 28 hari yaitu 18,668 Mpa dan 16,983 Mpa dimana masing-masing kekuatannya tidak dapat mencapai kekuatan paving block mutu III yaitu 17 – 20 Mpa. Hal ini disebabkan karena suhu yang terlalu tinggi mengakibatkan proses hidrasi didalam paving block tidak sempurna. Dengan demikian suhu perawatan 70°C merupakan suhu yang optimum untuk diterapkan pada metode perawatan uap (*Steam curing*).

Kata kunci : Analisa Perawatan Beton Cetak

Pendahuluan

Dalam pembangunan konstruksi, bahan bangunan utama yang banyak digunakan adalah berupa campuran semen dan pasir atau biasa disebut dengan mortar. Karena mortar banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi sebagai campuran beton, plaster, dan sebagainya.

Mortar adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran pasir, semen, dan air. Dimana pada saat ini pengembangan dalam penggunaan mortar sudah banyak digunakan sebagai beton cetak. Karena dipandang memiliki sifat-sifat murah, awet, dan murah dalam pengerjaannya. Dalam pengembangan beton cetak, berbagai penelitian banyak dilakukan guna memperoleh sifat-sifat beton cetak dalam hal ini sempel yang diambil paving block.

Untuk mendapatkan paving block yang lebih berkualitas, maka hal seperti diatas

perlu dimanfaatkan, tetapi perlu diadakan penelitian lebih lanjut agar sifat-sifat dari paving block dapat diketahui. Sehingga dapat dibandingkan factor ekonomis paving block yang terlihat semakin dibutuhkan.

Batasan Masalah

Untuk menghindari pemahaman dan pembahasan yang meluas, maka pada penelitian ini pembahasan meliputi :

1. Pengujian hanya pada kuat tekan beton cetak, sampel yang di ambil paving block.
2. Temperatur penguapan 70°C, 80°C, 90°C
3. Pengujian terhadap benda uji dilakukan pada 2 jam setelah selesai perawatan, 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari
4. Perbandingan volume antara semen, pasir, dan abu batu yaitu : 1 semen : 4 pasir : 1 abu batu.

Landasan Teori

Beton Cetak

Beton Cetak dalam hal ini yang diambil sampel Paving block adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen hidraulis atau sejenisnya, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton cetak (Paving block) tersebut. (Andriati Amir Husin 1990)

Kelebihan pemakaian paving block adalah sebagai berikut :

1. Mudah dalam pemasaran dan pemeliharaan.
2. Kualitas beton lebih baik dari tanah liat.
3. Dapat diproduksi baik secara mekanis, semi mekanis, maupun dicetak tangan
4. Ukuran lebih terjamin.
5. Tidak mudah rusak oleh kendaraan.
6. Faktor anti slip (Skidding resistance) pada paving block lebih besar sehingga aman untuk lalu lintas.
7. Tahan terhadap cuaca.

(Andriati Amir Husin. 1990)

Paving block memiliki komposisi yang berbeda dengan mortar lainnya baik pada mortar beton biasa (Conventional) maupun pada mortar beton ringan (Ferrocement) pada umumnya, pada mortar paving block komposisi pasir lebih besar, tetapi sebaiknya untuk kandungan semen dan air (FAS) lebih kecil dari pada mortar beton biasa (Conventional) dan beton ringan (Ferrocement). (Tjokrodinuljo, K 1996).

Mengingat persyaratan mutu paving block (mutu I, II, III) itu tinggi dimana kuat tekan rata-rata secara berurutan mencapai ± 40 Mpa, ± 30 Mpa, ± 20 Mpa maka juga diperlukan mutu bahan dasar yang baik : Syarat fisik dan mekanik, Paving block untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik seperti pada table 1.

Tabel 1. Kekuatan fisik paving block

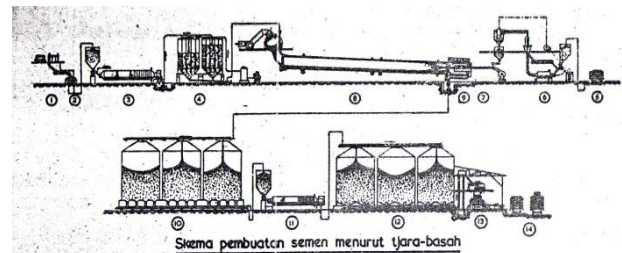
Mutu	Kuat Tekan (Mpa)		Ketahanan Aus (mm/mnt)		Penyerapan Air Rata-rata (%)
	Rata-rata	Minimal	Rata-rata	Maksimal	
I	40	34	0,090	0,103	3
II	30	25	0,130	0,149	5
III	20	17	0,160	0,184	7

(Sumber : SK-SNI-S-4-1989-F.” Bahan Bangunan Bagian A “. Tahun 1989)

Semen

Semen ialah bagian yang terpenting untuk membuat beton, dapat dikatakan semen merupakan tulang punggung beton.

Oleh karenanya semen yang menjadi bahan mempersatukan butir-butir pasir dan abu batu menjadi satu kelompok, yang diberinama semen/ Portlandcement. Didalam ilmu bahan-bahan bangunan termasuk dalam golongan pengikat hidraulis (Hydraulish bindmiddel) ini lah bahan-bahan yang dapat menjadi keras jika diberi air. (Beton Tulangan, 1974).



Gambar 1. Skema pembuatan semen tjara-basah (Beton Tulangan, 1974).

Komposisi kimia kandungan utama dari semen Portland dapat dilihat pada table 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Komposisi utama semen/Portland cement

Oksida	Persentase
Kapur (CaO)	60 – 67
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₂)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,1 – 4
Sulfur (SO ₂)	1 – 3
Soda/Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,2 – 1,3

Agregat

Agregat adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat yang digunakan dalam paving block merupakan agregat halus mempunyai permukaan baik (stabil), bersih, dan memiliki ukuran yang bervariasi serta daya tahan tinggi.

Berdasarkan standar mutunya menurut ASTM C 33 – 93, dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Standar mutu menurut ASTM C 33-93

Ukuran Lubang Ayakan (mm)		Persentase Lolos Kumulatif (mm)
9,5	(3/8)	100
4,75	No. 4	95 – 100
2,36	No. 8	80 – 95
1,18	No. 16	50 – 85
0,60	No. 30	25 – 60
0,30	No. 50	10 – 30
0,15	No. 100	2 – 10

(Sumber: Stepanus H, dkk. “Bahan dan Praktek Beton “. 1999)

Pasir (Agregat Halus)

Pasir (Agregat halus) adalah butiran-butiran yang berdiameter antara 0 – 5 mm, agregat ini dapat ditemukan didasar sungai.

Pada umumnya sifat-sifat agregat halus dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Sifat mekanik agregat, terdiri dari : daya lekat, kekuatan, kekerasan, keuletan (toughness) agregat.
2. Sifat fisik agregat, terdiri dari : berat jenis, berat volume, kadar air, porositas, dan penyerapan (absorbtion) agregat.

Abu Batu (Screen)

Agregat halus yang digunakan pada paving block terdiri dari pasir dan abu batu. Abu batu biasa disebut dengan screen, screen adalah material yang berasal dari pecahan batu pecah yang memiliki ukuran < 5 mm. Abu batu berbentuk pipih, butiran kecil atau berbentuk tak beraturan yang dibuat untuk pekerjaan konstruksi. (Horbostel, 1978 dalam Kurnia Budi 2002)

Air

Air merupakan salah satu bahan yang penting dalam pembuatan mortar, baik mortar untuk campuran beton atau mortar sebagai pekerjaan jalan seperti paving block, aspal beton (laston)

Persyaratan air sebagai bahan bangunan untuk campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Air harus bersih.
- Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda-benda perusak lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.

- Tidak mengandung bahan-bahan yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/l. kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m.
- Bila dibandingkan dengan kuat tekan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan kaut tekan beton yang memakai air yang diperiksa tidak boleh lebih dari 10%
- Air yang mutunya diragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya.
- Khusus untk beton prategang, kecuali syarat-syarat tersebut diatas air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 30 p.p.m.

Perawatan

Perawatan beton ini dapat dilakukan dengan pembahasan atau penguapan (steam) serta dengan menggunakan membrane.

Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi dengankonsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Dapat ditambahkan juga penguapan dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak.

Proses pembentukan dari suatu kondisi lingkungan selama periode yang relatif pendek segera setelah penempatan dan pencetakan beton yang diterapkan dengan baik pada saat peningkatan dan pengerasan beton di istilahkan dengan perawatan/ curing. (Gambhir, M.L, 1995)

Adapun beberapa metode perawatan beton (curing) yang sudah dipakai adalah :

- a) Perawatan dengan air, cara ini merupakan cara yang paling banyak digunakan terutama pada beton yang di cor ditempat. Perawatan ini dapat dilakukan dengan perendaman, penyiraman, atau penutupan dengan karung basah.
- b) Perawatan dengan membran, cara ini mencegah teradinya penguapan air dari beton atau mortar sehingga proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik.

c) Perawatan dengan uap (steam curing), cara ini dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

- Dengan tekanan rendah berlangsung selama 10-12 jam pada suhu 40°C sampai 55°C.
- Dengan tekanan tinggi dilaksanakan selama 10-16 jam pada suhu 65°C sampai 95°C.

Biasanya digunakan pada produksi beton pracetak dengan tujuan untuk mempercepat peningkatan kekuatan tekan beton sehingga pembukaan cetakan dapat dilakukan pada umur yang relatif pendek (Tri Mulyono, 2004).

Rencana Campuran Beton Cetak

Untuk membuat 1 m³ mortar dihitung berdasarkan volume absolut, yaitu berat jenis semen dan agregat halus, Prinsip dari perhitungan ini adalah bahwa volume mortar padat sama dengan jumlah dari volume absolut volume bahan-bahan dasarnya.

Rumus yang digunakan :

$$\left(\frac{S}{\gamma_s}\right) + \left(\frac{S.P}{\gamma_p}\right) + \left(\frac{S.A}{\gamma_a}\right) + Vu = 1 \text{ M}^3$$

Keterangan :

S = Kebutuhan semen (kg)

P = Kebutuhan pasir terhadap semen

A = Perbandingan berat air terhadap semen

γ_s = Berat jenis semen (gr/cm³)

γ_p = Berat jenis agregat halus (gr/cm³)

γ_a = Berat jenis air (gr/cm³)

Vu = Persentase udara dalam mortar, diambil 5%.

Pengaruh Temperatur

Kecepatan dari reaksi kimia yang berlangsung selama proses pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada temperatur perawatannya, pada suatu massa yang kecil dimana panas yang ditimbulkan oleh semen dikeluarkan dengan cepat, maka kecepatan pengerasan tergantung pada temperatur disekitarnya. (L.J. Murdock, K.M. Brook, 1999).

Pada umumnya semakin tinggi temperatur beton pada saat penempatan, semakin besar laju awal dari peningkatan

kekuatan beton, namun lebih rendah kekuatan jangka panjangnya. (A.M. Neville, 1994).

Perawatan Dengan Uap

Semangkin tinggi temperatur beton pada saat penempatan semakin besar laju awal dari peningkatan beton, namun lebih rendah kekuatan jangka panjangnya. Maka perawatan dengan uap (*steam curing*) bertujuan untuk meningkatkan temperatur yang sesuai agar kekuatan beton dapat cepat meningkatkan berkaitan dengan laju reaksi kimia yang mengakibatkan proses peningkatan dan pengerasan beton sedangkan ketersediaan kelembaban yang cukup atau pencegahan kehilangan air dapat terjaga dengan adanya uap air

Adapun beberapa metode perawatan beton (*curing*) yang sudah dipakai adalah :

- a. Perawatan dengan air, cara perawatan ini dapat dilakukan dengan perendaman, penyiraman, atau penutupan dengan karung basah
- b. Perawatan dengan membran, cara ini mencegah terjadinya penguapan air dari beton atau mortar sehingga proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik.
- c. Perawatan dengan uap (*steam curing*), cara ini dapat dibagi menjadi 2 yaitu :
 - Dengan tekanan rendah berlangsung selama 10-12 jam pada suhu 40°C sampai 55°C.
 - Dengan tekanan tinggi dilaksanakan selama 10-16 jam pada suhu 65°C sampai 95°C.

Cara ini biasanya digunakan pada produksi beton pracetak/ cetak dengan tujuan untuk mempercepat peningkatan kekuatan tekan beton sehingga pembukaan cetakan dapat dilakukan pada umur yang relatif pendek (Tri Mulyono, 2004).

Perawatan dengan uap dapat meningkatkan kuat tekan beton karena daya ikat semen dengan agregat dan kekuatannya mengalami peningkatan pada suhu yang tinggi, tetapi dengan suhu awal yang tinggi mengakibatkan pori-pori pada beton yang dapat mengurangi kekuatannya karena penguapan yang cepat. Oleh karena itu dengan perawatan uap dapat mencegah proses hidrasi yang cepat dan yang tidak beraturan dengan temperatur yang

tinggi, sehingga kuat tekan beton dapat cepat tercapai dan pori-pori beton dapat dihindari.

Lama Waktu Perawatan

Pada penelitian ini menggunakan lama waktu perawatan yaitu 5 jam.

Adapun tahapan perawatan dalam metode steam curing dibagi menjadi empat tahapan yaitu : Delay period (Presteamic Period), Heating period (Temperature Rise Period), Period of Maximum Temperature dan Colling Period. Dengan mengadopsi urutan perawatan steam curing dengan baik, maka lebih dari 70 % kekuatan tekan beton umur 28 hari dapat dicapai dalam waktu sekitar 16 jam hingga 24 jam (Gambhir, 1995).

Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan beton cetak dengan urutan diameter tiap sisinya 10 cm dengan tebal 6 cm, Kuat tekan sampel merupakan perbandingan antara beban tekan maksimum terhadap luas permukaan sampel, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

σ = Kuat tekan mortar (Mpa)

P = Beban yang dipikul pada saat runtuh (N)

A = Luas penampang tertekan (mm²)

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, bertempat di Kampus 2 Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.

Alat dan Bahan

Untuk mendukung dan membantu dalam pelaksanaan penelitian ini, maka digunakan peralatan dan bahan-bahan sebagai berikut :

1. Alat, Peralatan yang digunakan untuk pengujian material dasar adalah :
 - Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 - Oven dengan pengaturan suhu
 - Tabung picnometer
 - Cetakan kerucut dan tongkat pemadat
 - Satu set saringan (*sieve analysis*)

- Mesin Press paving block
- Termometer
- Compressive Strength Test (CST)
- Ruang uap

2. Bahan, Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Agregat halus (Pasir)
- Semen (*Portland cement*)
- Air
- Abu Batu Screen (*Screen*)

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro, dengan tahapan pekerjaan sebagai berikut :

- Pengujian bahan-bahan dasar
- Analisa campuran mortar
- Pembuatan dan perawatan benda uji
- Pengujian benda uji
- Analisa hasil pengujian benda uji

Hasil Dan Pembahasan

Pengujian Material

Material yang digunakan dalam pembuatan beton cetak dalam hal ini paving block terdiri atas pasir, abu batu, semen, dan air. Pengujian material dilakukan hanya untuk pasir dan abu batu saja, karena semen sudah terjamin kualitasnya.

Agregat utama paving block adalah berupa agregat halus yaitu berupa pasir dan abu batu. Agregat halus yang digunakan untuk paving block diambil sampelnya lalu diuji di laboratorium Teknik Sipil untuk mengetahui kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur, serta analisis saringan. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat dari table 4. berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Material Dasar Paving Block

Benda uji	Hasil pengujian			
	Berat jenis SSD (kg/cm ³)	Penyerapan (%)	Kadar lumpur (%)	Modulus Kekhalusan
Pasir	2,525	0,604	2,445	2,83
Abu batu	2,645	2,881	1,01	1,33
Standart ASTM	2,5 - 2,9	0 - 3	0 - 5	2,3 - 3,1

Bahwa material dasar yang digunakan cukup memiliki karakteristik yang baik dalam berbagai pengujian, karena hasil yang diperoleh dari pengujian telah memenuhi standart ASTM yang disyaratkan.

Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Perhitungan kebutuhan bahan dasar dilakukan untuk kebutuhan tiap-tiap paving block dan juga keseluruhan paving block untuk keperluan penelitian. Sedangkan kebutuhan keseluruhandari paving block adalah sejumlah 12 untuk paving block dengan penyiraman dan 54 untuk paving block dengan perawatan uap (*steam curing*) jadi jumlah keseluruhan paving block adalah 66 buah.

Kebutuhan bahan dasar untuk 66 paving block secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Kebutuhan Bahan Dasar

Material	Kebutuhan (kg)
Semen	37,117
Pasir	119,203
Abu batu	31,503
Air	12,991

Adapun perbandingan benda uji yang digunakan berdasarkan perbandingan volume yaitu 1 semen : 4 pasir : 1 abu batu, Setelah material dipersiapkan kemudian diaduk secara manual, lalu dilanjutkan dengan pencetakan menggunakan mesin press.

Pelaksanaan Perawatan Uap (Steam Curing)

Setelah dilakukan pencetakan, benda uji didiamkan selama 2 jam untuk mencapai kekuatan angkat dari benda uji, Setelah \pm 2 jam didiamkan dan benda uji sudah mampu diangkat, lalu dimasukkan kedalam ruang uap selama 5 jam, dengan pembagian waktu yaitu : 1 jam pertama untuk peningkatan suhu, kemudian 3 jam selanjutnya suhu rencana konstan, dan selanjutnya 1 jam terakhir penurunan suhu (*cooling*) secara perlahan. kemudian benda uji sudah dapat dikeluarkan dari ruang uap.

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian tersebut akan didapatkan benda maksimum, yang dapat ditahan oleh paving

block tersebut. Kemudian dari besar beban itu, dapat ditentukan kuat tekannya dengan menggunakan persamaan 2.5 hasil dari pengujian kuat tekan paving block tersebut dapat dilihat pada table 6 sampai tabel 7 dibawah ini :

Tabel 6. Kuat Tekan Paving Block Dengan Penyiraman

Umur Benda Uji	Beban (N)	Luas Penampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
3 Hari	400	25980,8	15,396	15,075
	375	25980,8	14,434	
	400	25980,8	15,396	
7 Hari	448	25980,8	17,245	17,874
	487	25980,8	18,747	
	458	25980,8	17,630	
14 Hari	560	25980,8	21,554	20,913
	550	25980,8	21,469	
	520	25980,8	20,015	
28 Hari	605	25980,8	23,286	22,899
	570	25980,8	21,933	
	610	25980,8	23,479	

Tabel 7. Kuat Tekan Paving Block Dengan Perawatan Uap Pada Suhu 70°C

Umur Benda Uji	Beban (N)	Luas Penampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
2 Jam	310	25980,8	11,923	11,932
	300	25980,8	11,547	
	320	25980,8	12,317	
1 Hari	395	25980,8	15,204	15,075
	380	25980,8	14,626	
	400	25980,8	15,396	
3 Hari	436	25980,8	16,781	16,204
	421	25980,8	16,205	
	406	25980,8	15,626	
7 Hari	479	25980,8	18,434	18,178
	461	25980,8	17,743	
	477	25980,8	18,358	
14 Hari	590	25980,8	22,709	21,528
	536	25980,8	20,629	
	552	25980,8	21,245	
28 Hari	550	25980,8	21,169	23,059
	615	25980,8	23,671	
	640	25980,8	24,636	

Tabel 8. Kuat Tekan Paving Block Dengan Perawatan Uap Pada Suhu 80°C

Umur Benda Uji	Beban (N)	Luas Penampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
2 Jam	310	25980,8	11,932	12,136
	318	25980,8	12,238	
	318	25980,8	12,238	
1 Hari	398	25980,8	15,317	15,381
	414	25980,8	15,932	
	387	25980,8	14,983	
3 Hari	441	25980,8	16,983	16,343
	418	25980,8	16,106	
	414	25980,8	15,940	
7 Hari	466	25980,8	17,933	17,519
	458	25980,8	17,647	
	441	25980,8	16,977	
14 Hari	464	25980,8	17,852	18,049
	483	25980,8	18,590	
	443	25980,8	17,051	
28 Hari	485	25980,8	18,668	18,668
	470	25980,8	18,090	
	500	25980,8	19,245	

Tabel 9. Kuat Tekan Paving Block Dengan Perawatan Uap Pada Suhu 90°C

Umur Benda Uji	Beban (N)	Luas Penampang Benda Uji (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
2 Jam	350	25980,8	13,468	13,622
	347	25980,8	13,354	
	365	25980,8	14,044	
1 Hari	411	25980,8	15,819	15,740
	398	25980,8	15,317	
	418	25980,8	16,084	
3 Hari	433	25980,8	16,664	16,434
	430	25980,8	16,532	
	418	25980,8	16,106	
7 Hari	424	25980,8	16,320	16,509
	421	25980,8	16,224	
	441	25980,8	16,983	
14 Hari	428	25980,8	16,471	16,724
	421	25980,8	16,204	
	454	25980,8	17,497	
28 Hari	436	25980,8	16,781	16,983
	440	25980,8	16,923	
	448	25980,8	17,245	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada suhu perawatan 70°C, 80 °C, dan 90 °C pada saat umur 2 jam, 1 hari, 3 hari setelah perawatan kuat tekan paving block berada diatas kuat tekan paving block dengan penyiraman.

Hal ini disebabkan karena dengan suhu yang tinggi akan mempercepat proses hidrasi dan pengeringan sehingga paving block cepat mencapai kuat tekannya dan mutu paving block yang didapat pada usia 28 hari dengan penguapan suhu 70°C dan penyiraman mencapai kekuatan mutu III yaitu 23,095 Mpa dan 22,899 Mpa.

Tetapi dengan perawatan uap pada suhu 80°C dan 90°C kuat tekan paving block pada umur 28 hari tidak dapat mencapai kuat tekan mutu III yaitu 18,66 Mpa dan 16,983 Mpa. Dimana kuat tekan umur 28 hari dengan suhu perawatan 80°C dan 90°C mengalami penurunan masing-masing 18,437 % dan 25,835 % terhadap kuat tekan umur 28 hari penyiraman.

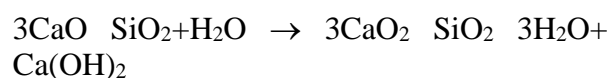
Hubungan Temperatur Perawatan Uap Dengan Kuat Tekan Paving Block

Untuk mengetahui hubungan antara temperatur perawatan uap terhadap kuat tekan paving block, maka hasil dari perhitungan kuat tekan rata-rata paving block dengan variasi temperatur untuk masing-masing umur paving block setelah dilakukan perawatan uap (*steam curing*). Adapun hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada table 10 berikut ini :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Rata-rata Paving Block

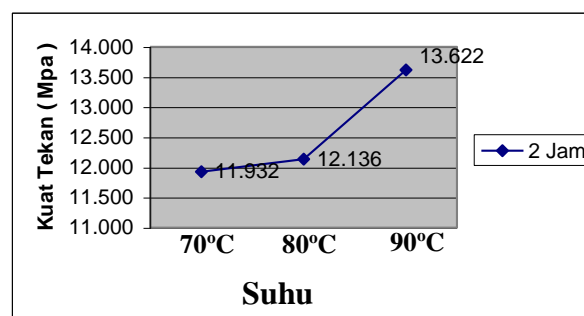
Keterangan		Kuat tekan rata-rata benda uji (Mpa)					
Umur benda uji		2 jam	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
Dengan penyiraman		-	-	15,075	17,874	20,913	22,899
Dengan Steam	70 °C	11,923	15,075	16,204	18,178	21,528	23,059
	80 °C	12,136	15,381	16,343	17,519	18,049	18,668
Curing	90 °C	13,622	15,740	16,434	16,509	16,724	16,983

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada awal umur paving block setelah dilakukan perawatan uap (*steam curing*) memiliki kuat tekan lebih besar dari pada kuat tekan paving block dengan penyiraman. Pada proses hidrasi terjadi reaksi kimia antara senyawa-senyawa kimia semen dengan air. Salah satu reaksi kimia tersebut adalah Trikalsium Silikat dan Dikalsium Silikat yang merupakan senyawa utama semen.

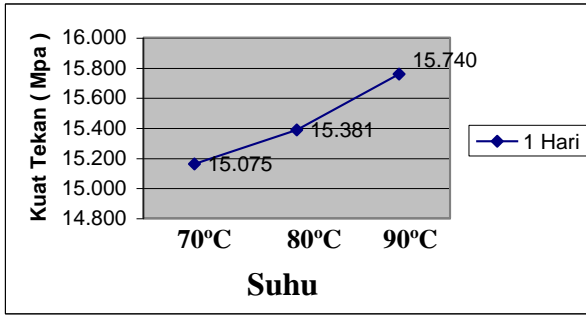


Hasil dari reaksi tersebut berupa 3CaO₂ SiO₂ 3H₂O merupakan massa padat yang berfungsi merekatkan pasta semen dengan agregat-agregat dalam paving block, semakin tinggi temperatur maka semakin cepat reaksi-reaksi kimia yang terjadi, sehingga makin cepat juga massa padat yang dihasilkan yang akan mempercepat rekatan antara partikel-partikel pembentuk beton tersebut.

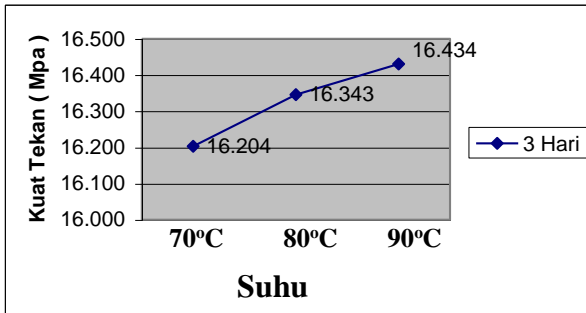
perbandingan kekuatan paving block setelah dilakukan perawatan uap (*steam curing*) dengan variasi suhu maka dapat dilihat pada gambar 2-7.



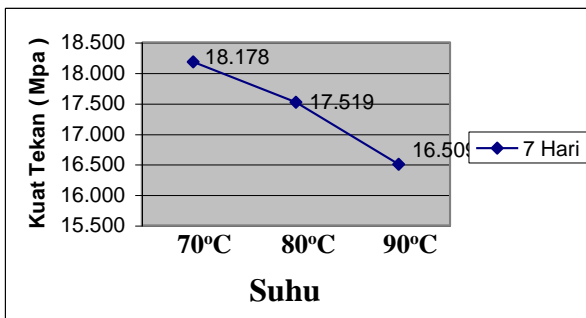
Gambar 2. Grafik hubungan temperatur perawatan (*Steam Curing*) dengan kuat tekan paving block pada umur 2 jam



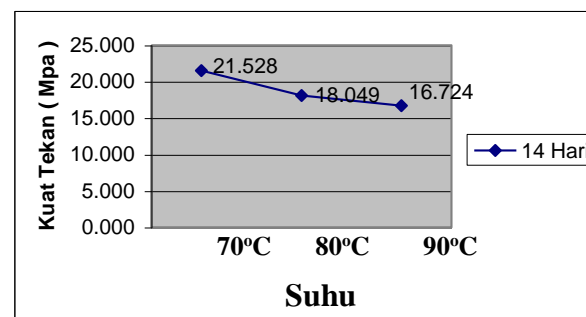
Gambar 3. Grafik hubungan temperatur perawatan (*Steam Curing*) dengan kuat tekan paving block pada umur 1 hari



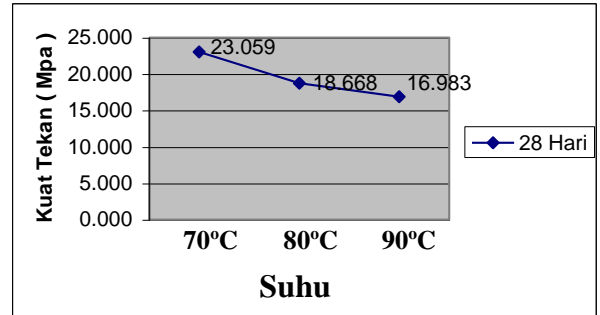
Gambar 4. Grafik hubungan temperatur perawatan (*Steam Curing*) dengan kuat tekan paving block pada umur 3 hari



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur perawatan (*Steam Curing*) dengan kuat tekan paving block pada umur 7 hari



Gambar 6. Grafik hubungan temperatur perawatan (*Steam Curing*) dengan kuat tekan paving block pada umur 14 hari



Gambar 7. Grafik hubungan temperatur perawatan (*Steam Curing*) dengan kuat tekan paving block pada umur 28 hari

Dari gambar 2, gambar 3, gambar 4, gambar 5, gambar 6 dan gambar 7 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan paving block tertinggi tercapai pada temperatur perawatan 70°C untuk benda uji dengan umur diatas 7 hari setelah dilakukan perawatan uap (*steam curing*). Terlihat pada gambar bahwa grafik membentuk garis menurun dimana kekuatan maximum yang terjadi pada temperatur perawatan 70°C.

Persentasi kuat tekan paving block dengan perawatan uap terhadap kuat tekan paving block dengan penyiraman pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 11.

Table 11. Persentasi kuat tekan paving block dengan perawatan uap terhadap kuat tekan paving block dengan penyiraman pada umur 28 hari

Keterangan	Persentase terhadap kuat tekan paving block dengan penyiraman pada umur 28 hari (%)						
	Umur benda uji	2 jam	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
Dengan penyiraman	-	-	65,832	78,056	91,327	100	
Dengan Steam Curing	70 ° C	52,107	65,833	70,763	79,383	94,013	100,699
	80 ° C	52,998	67,169	71,369	76,506	78,820	81,523
	90 ° C	59,487	68,737	71,767	72,095	73,034	73,772

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa paving block sudah dapat diangkat saat telah mencapai kekuatan 65,832 % dari kekuatan 28 hari dengan penyiraman, dan dari perawatan uap setelah berumur 1 hari yaitu pada suhu perawatan 70°C, 80°C, serta 90°C kekuatan paving block telah mencapai kekuatan masing-masing 65,833 %, 67,169 % dan 68,737 % dimana kekuatannya sudah berada diatas 65,832 % dari kuat tekan paving block yang berumur 28 hari dengan penyiraman maka paving block sudah

memenuhi persyaratan untuk dapat diangkut menuju lokasi penggunaan.

Dapat dilihat juga bahwa kuat tekan paving block mengalami penurunan pada temperatur di atas 70°C pada saat benda uji berumur 7 hari setelah perawatan uap. Hal ini terjadi karena pada temperatur 70°C proses yang terjadi didalam paving block tidak sempurna, yang akan membentuk produk fisik yang lemah karena suhu yang terlalu tinggi. Yaitu terjadinya pengembangan volume pori yang bertambah besar di dalam paving block sehingga berdampak langsung pada nilai kuat tekannya. Dengan temperatur yang tinggi mempercepat penguapan air di dalam paving block yang dibutuhkan selama proses hidrasi dimana penguapan tersebut lebih cepat dari pada suplai air dari proses perawatan uap itu sendiri, sehingga akan menyebabkan timbulnya pori-pori di dalam paving block.

Dapat dilihat pula dari hasil pengujian kuat tekan paving block yaitu pada tabel 10 terlihat bahwa besar kuat tekan paving block dengan steam curing pada temperatur 70°C, 80°C, dan 90°C, pada saat umur 1 hari setelah perawatan memiliki nilai sebesar 15,075 Mpa, 15,381 Mpa dan 15,470 Mpa, yaitu memiliki nilai yang rata-rata sama dengan nilai kuat tekan paving block dengan penyiraman pada umur 3 hari yaitu sebesar 15,075 Mpa. Sedangkan diketahui bahwa paving block dapat diangkut kelokasi penggunaan setelah berumur 3 hari dengan penyiraman. Jadi dengan adanya steam curing dengan suhu perawatan 70°C, 80°C, dan 90°C paving block sudah dapat diangkat pada umur 1 hari setelah dilakukan perawatan uap.

Tetapi pada suhu perawatan 80°C, dan 90°C pada saat berumur 7 hari setelah perawatan uap penambahan kuat tekan paving block mengalami penurunan dan akhirnya kuat tekannya berada dibawah nilai kuat tekan rata-rata paving block dengan penyiraman. Hal ini disebabkan karena dengan suhu yang tinggi proses hidrasi yang terjadi tidak sempurna, yaitu terjadi pengembangan volume pori yang bertambah besar di dalam paving block karena suhu yang terlalu tinggi sehingga dapat mengurangi kuat tekannya. Karena untuk proses hidrasi berlanjut paving block mengalami kehilangan air dengan

mengakibatkan penambahan kekuatan yang berlangsung sangat lambat.

Dapat dilihat juga bahwa penambahan kuat tekan paving block dengan suhu perawatan 70°C berumur 1 hari setelah perawatan, peningkatan kekuatan berlangsung normal seperti kuat tekan paving block dengan penyiraman. Karena dengan perawatan uap (*steam curing*) hanya akan meningkatkan kekuatan awalnya saja, tetapi tidak untuk menambah kekuatan akhirnya. Hasil akhir yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilihat bahwa kuat tekan terbesar diperoleh pada suhu 70°C .

Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan perawatan paving block menggunakan uap akan sedikit membantu untuk mempercepat pengeringan dan penambahan kekuatan. Tetapi proses perawatan uap ini hanya membantu sampai pada tahap pengiriman saja yaitu untuk untuk mencapai kekuatan yang sama dengan umur 3 hari dengan penyiraman, karena untuk peningkatan pada umur selanjutnya akan berlangsung sama dengan paving block dengan penyiraman. Dapat juga dilihat bahwa suhu yang terbaik untuk perawatan paving block adalah suhu 70°C, karena pada suhu ini kekuatan awal paving block akan cepat tercapai tanpa harus mengurangi kekuatannya pada umur 28 hari.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis hasil, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Paving block berumur 1 hari setelah perawatan dengan temperatur 70°C, 80°C, dan 90°C kuat tekan yang rata-rata sama dengan paving block berumur 3 hari dengan penyiraman yaitu 15,075 Mpa, 15,381 Mpa, dan 15,740 Mpa. dimana paving block telah mencapai kuat tekan pengiriman, sehingga paving block berumur 1 hari dengan perawatan uap (*steam curing*) suhu 70°C, 80°C, dan 90°C sudah dapat dikirim kelokasi penggunaan.
2. Bahwa kekuatan paving block usia 28 hari untuk penyiraman sebesar 22,889 Mpa, untuk perawatan uap suhu 70°C, 80°C, dan 90°C masing-masing 23,058 Mpa, 18,668 Mpa, dan 16,983 Mpa.

3. Bahwa paving block sudah dapat diangkut menuju lokasi penggunaan jika telah mencapai minimal 65,832 % dari kekuatan paving block berumur 28 hari dengan penyiraman.
4. Temperatur perawatan 70°C merupakan temperatur yang optimum karena memberikan kuat tekan yang tinggi pada paving block setelah mengalami perawatan yaitu sudah mencapai 65,833 % dari kekuatan paving block dengan penyiraman dengan nilai sebesar 15,075 Mpa dan pada saat berumur 28 hari setelah perawatan uap, kekuatannya mencapai 23,59 Mpa dimana rata-rata dengan kekuatan paving block dengan penyiraman pada umur 28 hari yaitu 22,899 Mpa. Sedangkan temperatur diatas 70°C memberikan nilai kuat tekan yang lebih rendah pada saat paving block berumur 28 hari, hal ini disebabkan karena tidak sempurnanya proses hidrasi paving block pada suhu yang terlalu tinggi.
5. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa dengan perawatan uap (*steam curing*) dengan suhu 70°C hanya akan mempengaruhi kekuatan awalnya saja karena dengan temperatur yang tinggi akan mempercepat proses hidrasi dan pengikatan, tetapi untuk kekuatan akhirnya akan sama dengan paving block dengan penyiraman.

Daftar Pustaka

- [1] Brook, K.M. dan Murdock, L.J. Alih Bahasa H. Stepanus. 1981. "Bahan dan Praktik Beton". Edisi ke-4. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [2] Dipohusodo, Istimawan. 1996 "Struktur Beton Bertulang: Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 D.P.U.R.I". Jakarta.
- [3] Gambhir M.L, 1995 "Concrete Tecnology ". Tata Mc. Graw Hill Publishing Company. New Delhi.
- [4] Husin, Andriati Amir. 1990. "Jurnal Penelitian PU ".
- [5] Ir. Tri Mulyono, MT. 2004.

"Teknologi Beton ".Edisi ke-1. penerbit Andi Yogyakarta

- [6] Neville, A.M. dan Brook J.J. 1990. "Concrete Technology ". ELBS With Longman Education Lowpriced books Scheme funded. By The British Government.
- [7] Prof. Ir. R. Roosseno. 1974. "Beton Tulangan ". Edisi ke-4. penerbit PT. Pembangunan Jakarta.