

Tinjauan Pemulihan Kapasitas Kuat Lentur Balok Beton Ringan (Beragregat Kasar Pecahan Genteng) Bertulang Pasca Bakar dengan Variasi Waktu *Water Curing*

Dwi Nur Rahmat¹⁾, Antonius Mediyanto²⁾, Slamet Prayitno³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)}Pengajar Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126

Email : ramatto.livic.10@gmail.com

ABSTRACT

Lightweight concrete is an innovative breakthrough development of concrete, coarse aggregate by replacing components with ALWA (Artificially Lightweight Coarse Aggregate). In this research is used ALWA tile fragments Sokka Kebumen. The research objective is mengatahui lightweight concrete strength recovery rate of post combustion in terms of flexural strength capacity with water curing time variation. The test object used has dimensions of 170 x25 x12 cm by 15 specimen. The combustion process is done in a closed furnace Burn with a maximum temperature of 500 ° C in Bayat, Klaten. The results showed a increased in the power capacity of the average flexural strength after concrete experience replacement process for 28x24 hour, 42x24 hour, and 56x24 hour. Successively; 0.9602 ton.m, 1.0452 ton.m, and 1.1132 ton.m; and increased successively; 5.61 %, 14.95 % and 22.43 %.

Keyword: Lightweight concrete, tile, strong capacity beam bending, post burning, water curing

ABSTRAK

Beton ringan adalah suatu terobosan inovatif pengembangan beton, dengan mengganti komponen agregat kasar dengan ALWA (*Artificially Lightweight Coarse Aggregate*). Dalam penelitian ini ALWA yang digunakan adalah pecahan genteng sokka Kebumen. Tujuan penelitian adalah mengatahui tingkat pemulihan kekuatan beton ringan pasca bakar ditinjau dari kapasitas kuat lentur dengan variasi waktu *water curing*. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi 170 x25 x12 cm sebanyak 15 benda uji. Proses pembakaran dilakukan tungku bakar tertutup dengan temperatur maksimum 500°C di Bayat, Klaten. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kekuatan kapasitas kuat lentur rata-rata setelah beton mengalami proses perawatan ulang selama 28x24 jam, 42x24 jam, dan 56x24 jam. Berturut-turut hasilnya 0.9602 ton.m, 1.0452 ton.m dan 1.1132 ton.m; dan mengalami peningkatan berturut-turut sebesar; 5.61 % 14.95 % dan 22.43%.

Kata-kata kunci: beton ringan, genteng, kapasitas kuat lentur balok, pasca bakar, *water curing*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat kasar, agregat halus, air dan semen. Pada proses terbentuknya beton, semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai perekat / pengikat dalam proses pengerasan.

Syarat utama pada struktur bangunan yang harus dipenuhi yakni keamanan dan kenyamanan. Salah satu parameter dari kedua syarat diatas adalah nilai kapasitas kuat lentur balok. Dimana kapasitas kuat lentur balok ini merupakan gambaran kemampuan beton dalam menahan beban secara vertikal.

Kebakaran pada sebuah konstruksi bangunan, sepertinya sudah menjadi momok yang menakutkan. Apakah konstruksi yang terbakar tersebut dapat tahan terhadap api. Seperti diketahui, bahwa beton memiliki sifat tahan terhadap suhu. Beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai suhu tinggi dan lama. Panas atau suhu sebagai beban (*load*) pada struktur perlu dikaji mengingat daya rusaknya terhadap regangan, modulus elastisitas, dan tegangan pada bahan struktur yang bersangkutan.

DASAR TEORI

Fire Resistance

Daya tahan terhadap api didefinisikan sebagai lamanya bahan bertahan terhadap kebakaran standar sebelum titik kritis akhir pertama dicapai. Sifat – sifat baja dan beton akan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, diantaranya adalah suhu. Pada suhu yang sama pada suhu kebakaran, kekuatan dan modulus elastisitas berkurang. Selain itu sifat beton pada suhu tinggi dipengaruhi juga (dalam batas tertentu) oleh agregat. Pengaruh agregat karbonat, agregat silikat dan agregat silika ringan akan memberikan pengaruh yang berbeda pada sifat – sifat beton (dan tulangan baja) selama kebakaran atau pasca bakar

Water Curing

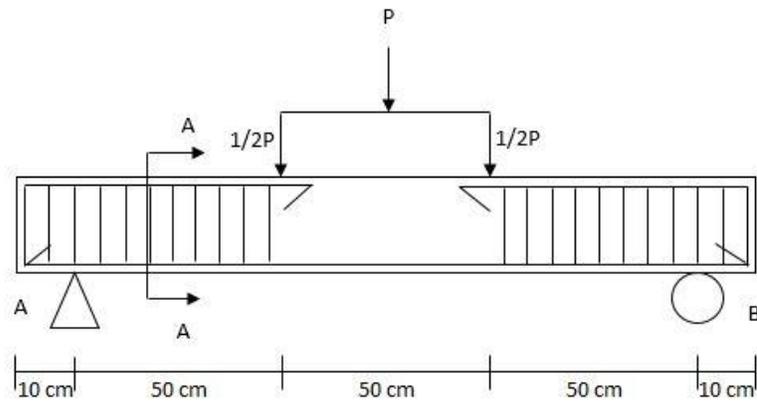
Water curing pada beton berpengaruh kuat pada : *final strength, shrinkage, cracking, abrasion, absorbtion, penetration, and surface apperance*. Hal-hal yang berpengaruh pada keberhasilan *water curing* adalah; *time of curing, humidity of curing, and temperature of curing*. Pembasahan dengan air beton pasca bakar, mengembalikan kekuatan dengan membangun β CSH dalam kristalnya. Perawatan dengan pembasahan air selama 28 hari pada beton ringan metakaolin berserat aluminium, Mediyanto dkk. (2009-2011), dapat meningkatkan kuat tekan rata-rata, modulus elastisitas rata-rata, kuat belah rata-rata, dan modulus runtuh rata-rata sebesar berturut-turut 38,46%, 44,47 %, 85,12%, dan 25,21%. Ini berarti bahwa usaha pembasahan dengan air membantu pemulihan tubermorit (CSH) sebagai unsur yang menentukan kekuatan beton perlu dikaji secara mendalam.

METODE PENELITIAN

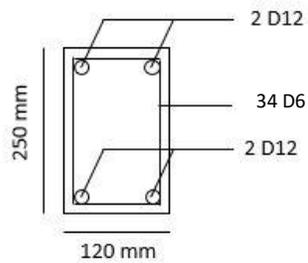
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan suatu hasil yang menghubungkan antara variabel – variabel yang diselidiki. Dalam penelitian ini akan dilaksanakan di dalam Laboratorium Bahan dan Laboratorium Struktur Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian ini dilakukan dengan mengadakan suatu pengujian terhadap beton ringan bertulang terhadap kapasitas kuat lentur balok pada pasca bakar dan setelah mendapat perawatan. Beton menggunakan pecahan genteng sebagai agregat kasar. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kapasitas kuat lentur adalah balok berukuran 170 cm x 25 cm x 12 cm sebanyak 15 buah. Baja tulangan yang digunakan berdiameter berukuran 12mm untuk bagian tulangan lentur dan 6mm pada bagian sengkang. Benda uji akan dibakar pada suhu 500°C dengan tungku pembakaran yang berada di Desa Bayat, Klaten. Beton juga akan mengalami perendaman air dengan variasi waktu 28, 42, dan 56 hari.

Tabel 1. Jumlah dan ukuran penampang benda uji balok untuk uji kuat lentur

Kode	Panjang balok (cm)	Penampang (cm ²) dan jumlah tulangan	Jumlah Sampel	Keterangan
A			3	Tanpa Pembakaran
B		25 x 12	3	Dibakar 500 °C
C	170	As = 2 \emptyset 12	3	Dibakar 500 °C + <i>Water Curing</i> 28 Hari
D		Skg = \emptyset 6	3	Dibakar 500 °C + <i>Water Curing</i> 42 Hari
E			3	Dibakar 500 °C + <i>Water Curing</i> 56 Hari



Gambar 1. Gambar Benda Uji

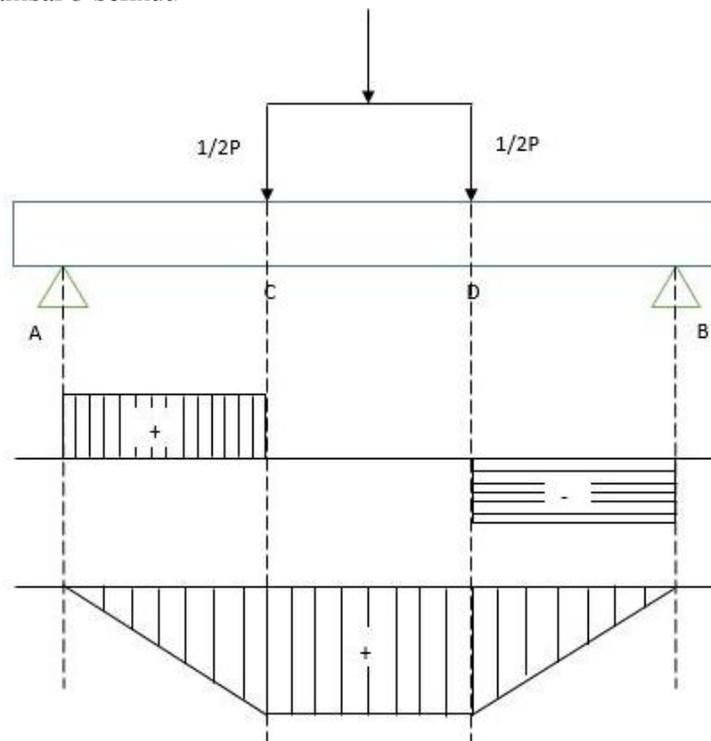


Gambar 2. Gambar Penampang Benda Uji

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis

Perhitungan momen lentur hasil pengujian ini menggunakan konsep statika dimana *simple beam* dibebani beban terpusat sebesar $\frac{1}{2} P$ pada sepertiga bentangnya. Beban merata q (berat balok sendiri diabaikan, dikarenakan terlalu kecil). Seperti Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Grafik SFD dan BMD

Reaksi tumpuan:

$$\Sigma MB = 0$$

$$0 = RAV \cdot L - \frac{1}{2} P \cdot \frac{2}{3} L - \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$RAV = \frac{1}{2} P \left(\frac{2}{3} L + \frac{1}{3} L \right)$$

$$RAV = \frac{1}{2} P$$

$$M_{max} = RAV \times \frac{1}{3} L$$

$$= \frac{1}{2} P \times \frac{1}{3} L$$

Contoh Perhitungan momen lentur pada benda uji A Beton Ringan (BR) Tanpa Pembakaran:

Diketahui : P leleh = 4.3847 Ton

$\frac{1}{2} P$ leleh = 2.1924 Ton

$$q = b \times h \times \gamma$$

$$= 0.12 \times 0.25 \times 2055$$

$$= 61.65 \text{ kg/m} = 0.06165 \text{ ton/m (diabaikan)}$$

$$M_{lentur} = \frac{1}{2} P \text{ leleh} \times \frac{1}{3} L$$

$$= 2.19236 \times 0.5$$

$$= 1.0962 \text{ ton.m}$$

Hasil Perhitungan selengkapnya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Momen Lentur

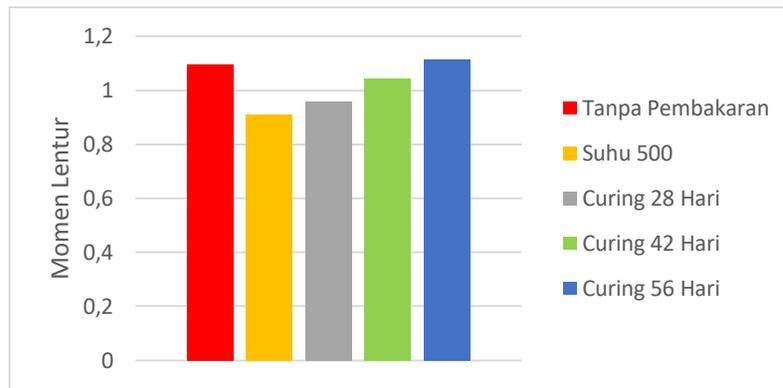
Kode Benda Uji	P leleh (ton)	$\frac{1}{2} P$ leleh (ton)	M lentur (ton.m)	Keterangan
A	4.3847	2.1924	1.0962	BR Tanpa Pembakaran
B	3.6367	1.8184	0.9092	BR Dibakar 500 °C
C	3.8409	1.9205	0.9602	BR Dibakar 500 °C + WC 28 Hari
D	4.1808	2.0904	1.0452	BR Dibakar 500 °C + WC 28 Hari
E	4.4527	2.2264	1.1132	BR Dibakar 500 °C + WC 28 Hari

Ket: BR = Beton Ringan

Pengaruh lama perawatan diselimuti karung goni basah (*Water Curing*) terhadap kapasitas kuat lentur balok disajikan dalam table berikut :

Tabel 3. Perhitungan Perubahan Kuat Tarik Beton Ringan (BR) dengan Variasi Waktu Perawatan

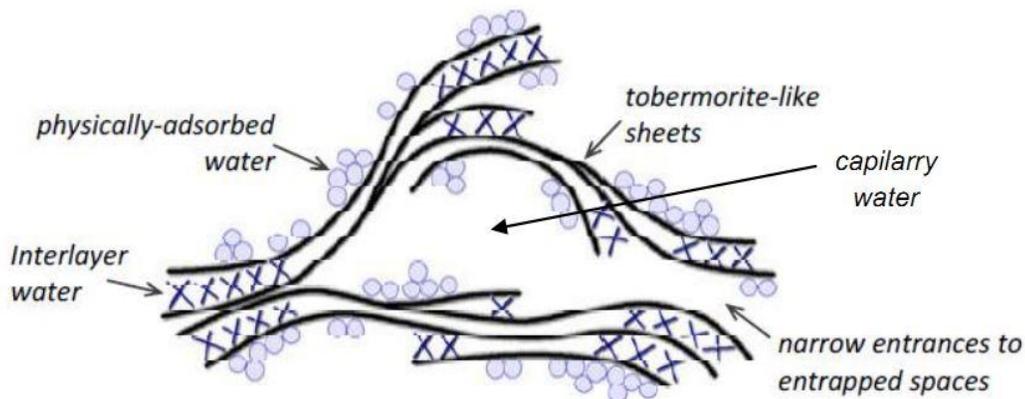
Kode Benda Uji	Suhu (°C)	Curing (Hari)	M lentur (ton.m)	Perubahan (%)
A	-	-	1.0962	-
B	500	-	0.9092	-17.05
C	500	28	0.9602	5.61
D	500	42	1.0452	14.95
E	500	56	1.1132	22.43



Gambar 4. Diagram Hubungan Lama Perawatan Beton Terhadap Nilai Kuat Tarik Beton Ringan (BR)

Pembahasan

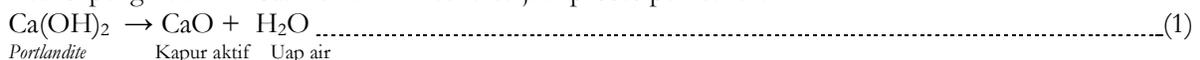
Penurunan nilai kuat lentur serta kapasitas lentur balok pada beton paska bakar disebabkan oleh beberapa factor yang sama. Saat beton dipanaskan, kandungan air didalamnya akan menguap. Penguapan air pada semen terhidrasi secara berurutan dimulai dari *capillary water*, *absorbed water* dan *interlayer water*. *Chemical combined water* pada beton dapat menguap oleh peningkatan suhu yang sangat tinggi. Teori ini didukung oleh penelitian dari Feldmen dan Sereda (1968 serta penelitian Laila Raki (2010) tentang pemodelan bentuk hidrasi semen. Dalam penelitian tersebut, terdapat sebuah model yang menggambarkan pemodelan CSH dalam hidrasi semen.



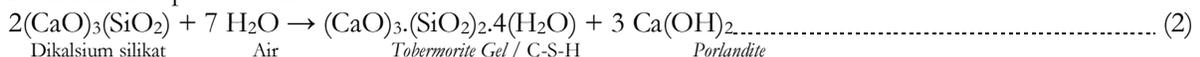
Gambar 5. Pemodelan Bentuk Fisika dari Hidrasi Semen (Laila Raki, 2010)

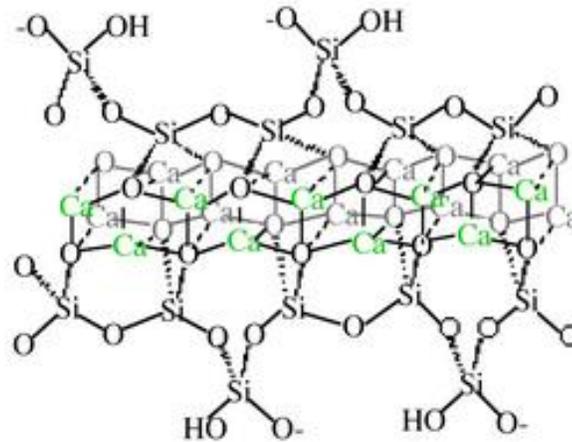
Pada gambar tersebut jelas sekali terlihat berbagai peran air di dalam beton yang telah terhidrasi. Hager (2013) menjelaskan bahwa beton pada suhu 20-200°C *capillary water* (berukuran 2,5-5 mm) akan perlahan menguap, pada suhu 150-170°C *physically adsorbed water* akan menghilang, dan pada suhu 374°C seluruh air di dalam pori akan menguap atau pada tahap ini disebut *critical temperature of water*. Kemudian pada suhu 400-500°C kristal *portlandite* akan terdekomposisi atau terurai. Reaksi karbonisasi dan kalsinasi tidak terjadi, karena reaksi tersebut membutuhkan suhu lebih dari 800°C, sedangkan penelitian ini hanya mencapai suhu ruang 500°C.

Reaksi penguraian Kristal *Portlandite* ketika terjadi proses pembakaran:



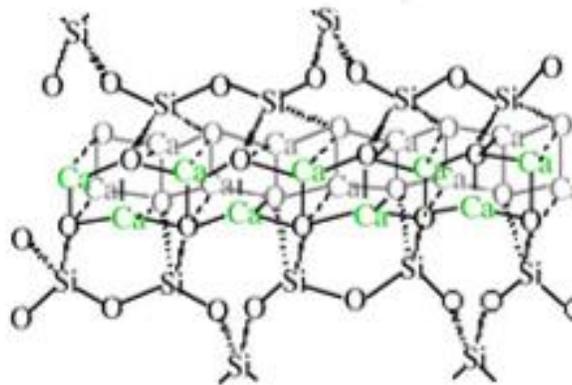
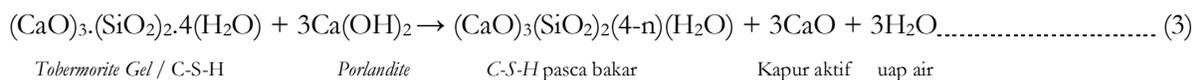
Reaksi hidrasi pada beton :





Gambar 6. Pemodelan CSH

Sesudah pembakaran :



Gambar 7. Pemodelan CSH Setelah Dibakar

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 dijelaskan bahwa H₂O pada kristal CSH yang semula berjumlah 4 kemudian setelah dibakar H₂O akan berkurang sebanyak ‘n’ sehingga kristal CSH tidak stabil dan mengalami penurunan kekuatan. Senyawa *portlandite* juga terdekomposisi menjadi kapur aktif dan uap air, proses ini juga dapat menurunkan kekuatan beton.

Setelah dilakukan perawatan berkala selama 28, 42 dan 56 hari, beton yang dibakar pada suhu 500°C mengalami peningkatan. Pada beton ringan kapasitas kuat lenturnya mengalami peningkatan secara berturut-turut 5.61%, 14.95% dan 22.43%. Hal ini dapat diasumsikan bahwa setelah mendapatkan *water curing* H₂O dalam senyawa CSH terisi kembali, sehingga H₂O yang setelah dibakar berjumlah (4-n) maka setelah mendapatkan perawatan *water curing* jumlah H₂O menjadi (4-n+m) dengan ‘m’ adalah H₂O yang didapat dari setelah proses perawatan dengan *water curing*. Dengan kembalinya H₂O ini dapat menjadikan senyawa CSH lebih stabil.

KESIMPULAN

1. Hasil pengujian kapasitas kuat lentur beton ringan normal 1.0962 ton.m, dibakar 500°C selama ± 10 menit 0.9092 ton.m, water curing selama 28, 42, dan 56 hari berturut-turut 0.9602 ton.m, 1.0452 ton.m, dan 1.1132 ton.m
2. Balok beton mengalami penurunan kekuatan kapasitas kuat lentur balok sebesar -17.0542 % setelah mengalami pembakaran pada suhu 500°C selama ± 10 menit. Pada suhu tersebut, belum terjadi proses kalsinasi dan karbonisasi.
3. Balok beton mengalami proses pemulihan kekuatan kapasitas kuat lentur setelah diperlakukan proses *water curing* selama 28, 42, dan 56 hari. Berturut-turut sebesar 5.6075 %, 14.9533 %, dan 22.4299 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1988. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standard (ASTM). Philadelphia.
- Alsayed, S. H. 1998, Flexural Behaviour of Concrete Beam Reinforced with GFRP Bars, Cement and Concrete Composite, Vol. 20, 1-11.
- Gambir, M. L. 1986, Concrete Technology. Tata Mc Grow Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Gustafero, A. H. 1987, "Fire Resistance" Handbook of Concrete Engineering (Ed. Mark Fintel. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Hager I. 2013. Behaviour of Cement Concrete At High temperature. Institute of Building Materials and Structure,
Cracow University of Technology.Poland
- Mediyanto. A. 2005, Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Berserat Aluminium. Surakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Mediyanto. A dkk. 2010, Kajian Kuat Tekan Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar. Surakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Sambowo, K. A., dan Mediyanto, A. 2008, Model Prediksi Kapasitas Balok Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar. Surakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Setiawan. 2011, Kajian Kuat Tarik Langsung Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.