



## **Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan *Hammer Test* dan *Compression Testing Machine* terhadap Beton Pasca Bakar**

**Weka Indra Dharmawan**

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malahayati Bandar Lampung  
 Jl. Pramuka No.27 Kemiling, Bandar Lampung 35153, Indonesia  
 E-mail: wekadharmawan@gmail.com

**Devi Oktarina**

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malahayati Bandar Lampung  
 Jl. Pramuka No.27 Kemiling, Bandar Lampung 35153, Indonesia  
 E-mail: oktarina\_sipil@yahoo.co.id.

**Mariana Safitri**

Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malahayati Bandar Lampung  
 Jl. Pramuka No.27 Kemiling, Bandar Lampung 35153, Indonesia  
 E-mail: marianasafitri@gmail.com

### **Abstract**

*The change of temperature is quite high, as was the case in the event of a fire, it will have an impact on the concrete structure. Because in the process there will be a cycle of alternately heating and cooling, which would lead to a change in phase of the complex physical and chemical basis. Using hammer test as a comparison of compression testing machine (CTM) in normal conditions the concrete now widely used and has had standardization. The objects to test consist of 60 concrete cubes beam of 15 cm x 15 cm x 15 cm which burned for 3 hours with 3 variants of temperatures. The 20 samples used as a blank test and each 20 samples burnt with temperature 300°C and 600°C. The results showed the increase in the compressive strength at the temperature of 300°C in the amount of 6.68% or 10.91 Kg/cm<sup>2</sup>, and at the temperature of 600°C has decreased by 1.57% or 2.56 Kg/cm<sup>2</sup> on hammer test. While the testing with compression strength of concrete decreased at temperatures of 300°C and 600°C respectively is 15.77% or 51.1 Kg/cm<sup>2</sup> and 21.89% or 70.93 Kg/cm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** *Compression strength, Hammer test, Compression testing machine (CTM).*

### **Abstrak**

*Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan membawa dampak pada struktur beton. Karena pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang akan menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks. Penggunaan hammer test sebagai pembandingan compression testing machine (CTM) pada beton kondisi normal saat ini sudah secara luas digunakan dan sudah memiliki standarisasi. Benda uji yang digunakan terdiri atas 60 beton kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang dibakar selama 3 jam dengan 3 varian temperatur. 20 sampel dijadikan blanko pengujian dan masing-masing 20 sampel dibakar dengan temperatur 300°C dan 600°C. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya kenaikan nilai kuat tekan pada temperatur 300°C yaitu sebesar 6,68% atau sebesar 10,91 Kg/cm<sup>2</sup>, dan pada temperatur 600°C mengalami penurunan 1,57% atau sebesar 2,56 Kg/cm<sup>2</sup> pada pengujian dengan menggunakan alat uji hammer. Sedangkan pengujian dengan alat uji compression terjadi penurunan kuat tekan beton pada temperatur 300°C dan 600°C berturut-turut adalah 15,77% atau sebesar 51,1 Kg/cm<sup>2</sup> dan 21,89% atau sebesar 70,93 Kg/cm<sup>2</sup>.*

**Kata-kata Kunci:** *Kuat tekan, Hammer test, Compression testing machine (CTM)*

## Pendahuluan

Akhir-akhir ini seringkali terjadi bencana kebakaran yang merusak konstruksi bangunan. Efek pemanasan tidak memberikan pengaruh yang berbahaya seperti halnya pada struktur baja dan kayu, tetapi bukan berarti bahwa efek pemanasan tidak memberikan dampak yang buruk pada beton. Saat terbakar beton tidak menghasilkan api namun dapat menyerap panas sehingga akan terjadi peningkatan suhu tinggi secara signifikan yang akan mengakibatkan perubahan mendasar dari sifat-sifat struktur beton. Pada batas suhu tertentu, pemanasan akan menyebabkan stabilitas ikatan jel semen pada beton menjadi hilang, pemuai butiran kerikil (*agregat*), lepasnya ikatan semen dan pemuai pada butiran. Pada kondisi ini struktur konstruksi mengalami penurunan kemampuan untuk mendukung beban yang bekerja dan dikawatirkan konstruksi tersebut tidak dapat lagi digunakan atau dimanfaatkan sebagaimana awal konstruksi tersebut.

Kualitas beton pada bangunan pasca terjadinya kebakaran harus tetap disesuaikan dengan spesifikasi struktur untuk memastikan kekuatan stabilitas struktur dan struktur desain. Oleh karena itu diharuskan memverifikasi hal tersebut dengan cara melakukan pengujian kuat tekan beton.

## Kerangka pemikiran

Penelitian dilakukan dengan beton *undisturbed* atau beton normal dan beton pasca bakar berbentuk kubus (15 cm x 15 cm x 15 cm). Benda uji tersebut akan diuji kuat tekannya masing-masing dengan *hammer test* dengan mengacu pada pengujian kompresi atau dengan mesin *compression test* dimana nilai kuat tekan yang didapat dari *hammer test* belum dapat mewakili nilai kuat tekan beton yang sebenarnya yang diuji menggunakan CTM. Dengan demikian diperlukan nilai korelasi yang tepat antara nilai kuat tekan beton, baik beton normal maupun beton pasca bakar dengan *hammer test* dan *compression test*. Hal tersebut di atas sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan pada ASTM C 805/C 805M – 08, dimana dalam menggunakan metode *hammer test* untuk estimasi nilai kuat tekan suatu beton, adalah penting untuk membangun sebuah korelasi/hubungan antara *rebound number* dari *hammer test* dengan kuat tekan benda uji kubus yang diuji menggunakan CTM.

## Tinjauan pustaka

### Beton

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan pertambahan kekuatan. Menurut Kardiono Tjokrodinuljo (2007), beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*).

### Sifat beton terhadap temperatur tinggi

Tjokrodinuljo (2000) mengatakan bahwa beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Akibat panas, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya. Selain hal tersebut di atas, panas juga menyebabkan beton berubah warna. Bila beton dipanasi sampai suhu sedikit di atas 300°C, beton akan berubah warna menjadi merah muda. Jika di atas 600°C, akan menjadi abu-abu agak hijau dan jika sampai di atas 900°C menjadi abu-abu. Namun jika sampai di atas 1200°C akan berubah menjadi kuning. Dengan demikian, secara kasar dapat diperkirakan berapa suhu tertinggi selama kebakaran berlangsung berdasarkan warna permukaan beton pada pemeriksaan pertama.

### Estimasi kekuatan sisa beton pasca bakar

Dalam SK SNI M - 14 -1989 - E dijelaskan pengertian kuat tekan beton ( $f'c$ ) yakni besarnya beban ( $P$ ) per satuan luas ( $A$ ) yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Gedung-gedung yang mengalami kebakaran akan mengalami kerusakan akibat dari tingkat yang

paling ringan, sedang, sampai berat tergantung dari tinggi temperature dan durasi kebakaran. Untuk melihat seberapa kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran, dilakukan beberapa penelitian:

#### a. Visual inspection

*Visual inspection* dilakukan berdasarkan pada perubahan secara fisik yang terjadi pada permukaan beton misalnya perubahan warna, ada atau tidak adanya retak permukaan, ada atau tidak adanya deformasi plastis elemen struktur, serta ada atau tidak adanya pengelupasan/*spalling* dari selimut beton dari elemen struktur

#### b. Non-destructive test/uji tidak merusak

##### 1. Pengujian kimia (*chemical test*)

Uji tidak merusak dapat dilakukan dengan melakukan pengujian kimia (*chemical test*) yang bertujuan untuk melihat hubungan antara unsur-unsur kimia yang terkandung dalam beton, khususnya kapur bebas ( $C_aO$ ), dan temperatur yang pernah dialami beton. Uji ini dapat menggunakan Phenolphthalein test (PP-Test) dimana Phenolphthalein merupakan salah satu indikator kimia yang lazim digunakan untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu material, melalui respon warna material yang diuji akibat diolesi/ditesti phenolphthalein tersebut. Apabila terjadi perubahan warna pada saat diolesi, berarti material yang diuji bersifat basa, dan sebaliknya apabila tidak terjadi perubahan warna, berarti material yang diuji bersifat asam.

##### 2. Pengujian dengan *hammer test*

Selain pengujian secara kimiawi, pengujian tidak merusak lainnya juga dapat dilakukan dengan alat yaitu dengan *hammer test*. Cara ini paling sederhana, ringan, murah dan mudah dilakukan. Jarak pantulan suatu massa terkalibrasi (yang digerakkan oleh pegas) yang mengenai permukaan beton uji digunakan sebagai kriteria kekerasan beton. Kemudian kekerasan beton ini dihubungkan dengan kuat-tekan beton normal, sehingga apabila kekerasan beton tidak relevan dengan kekuatan tekan beton normal, maka hasil pengujian dengan alat ini perlu dilakukan kalibrasi tersendiri. Alat ini menganggap bahwa beton cukup homogen, sehingga perubahan mutu beton di bagian dalam tidak dapat ditunjukkan oleh alat ini. Semakin banyak titik pengamatan, semakin baik hasil yang diperoleh.

Secara umum alat ini bisa digunakan untuk:

1. Memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur.

2. Mendapatkan perkiraan kuat tekan beton.
3. Mengoreksi hasil pengujian benda uji beton (silinder/kubus)

Kelebihan *hammer test* yaitu :

1. Pengukuran bisa dilakukan dengan cepat.
2. Mudah diaplikasikan.
3. Tidak merusak struktur/bangunan.
4. Murah dari segi biaya.

Kekurangan dalam penggunaan alat uji *Hammer* yaitu:

1. Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan permukaan, kelembaban beton, sifat-sifat dan jenis agregat kasar, derajat karbonisasi, umur beton dan titik pengambilan sampel pengetesan.
2. Sulit mengkalibrasi hasil pengujian.
3. Tingkat keakuratan hasil pengujian rendah.
4. Hanya memberikan informasi kekuatan karakteristik beton pada permukaan struktur.

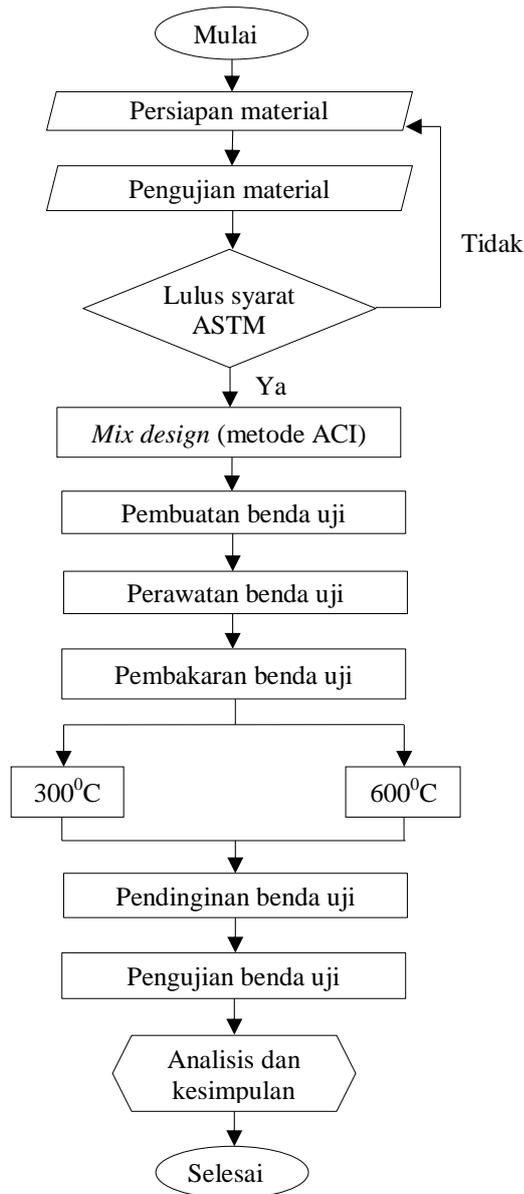
#### c. *Destructive test*/pengujian dengan merusak

*Destructive test* adalah pengujian dengan merusak sebagian atau seluruh benda uji. Alat yang digunakan adalah *compression testing machine* (CTM). Alat ini digunakan untuk menguji kompresi kekuatan bahan bangunan seperti beton, semen dan bata. Hal ini dirancang dan diproduksi sesuai *British Standard Specification* pengujian kompresi mesin untuk BS beton 1881 : Part 115> dan beberapa norma relatif.

## Metodologi Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian *experimen* yaitu dengan melakukan percobaan pada sampel beton dengan mutu yang direncanakan. Benda uji yang digunakan terdiri atas 60 beton kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang dibakar selama 3 jam dengan 3 varian temperatur. 20 sampel dijadikan blanko pengujian dan masing-masing 20 sampel dibakar dengan temperatur 300°C dan 600°C yang kemudian direndam ke dalam air dengan suhu ruangan selama 24 jam. Pembakaran dan pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen PCC, pasir kerikil dan air. Alat yang digunakan adalah bekisting atau cetakan untuk mencetak benda uji; *mixer concrete* untuk mencampur adukan beton; kerucut *abrams* untuk pengujian *slump* atau kekecekan beton segar; *hammer test* dan *compression testing machine* (CTM) untuk pengujian kuat tekan benda uji; serta *furnace* UPT. Balai Pengolahan Mineral-LIPI Lampung Selatan, untuk pembakaran benda uji.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian harus disiapkan terlebih dahulu, ditentukan kualitas masing-masing bahan susunnya, serta dibuatkan cetakan untuk tempat benda uji yang telah direncanakan. Alat yang digunakan pada penelitian ini sebelumnya telah diperiksa kondisi dan kemampuannya serta telah dikalibrasi terlebih dahulu.

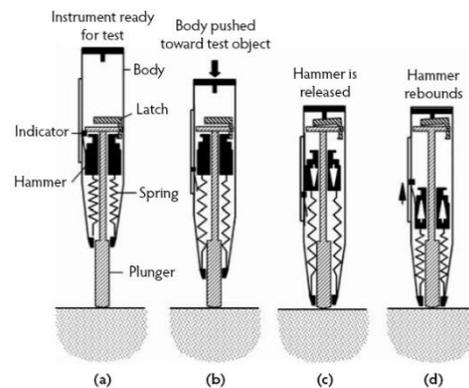
Benda uji kubus dibuat dengan cara memasukkan beton segar dari molen ke dalam cetakan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang telah diolesi minyak pelumas. Sebelum diisi ke dalam cetakan dilakukan pengujian kelecikan terlebih dahulu terhadap beton segar dengan pengujian *slump*. Nilai *slump* yang didapat adalah 8 cm. Dilanjutkan dengan pengisian beton segar ke dalam cetakan

yang dilakukan secara bertahap, yaitu tiap sepertiga bagian dilakukan penumbukan dengan tongkat baja sebanyak  $\pm 25$  kali. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan dengan direndam di dalam bak air selama 28 hari. Selanjutnya benda uji disimpan pada suhu ruang selama 24 jam baru dimasukkan ke dalam *furnace* untuk dibakar selama 3 (tiga) jam pada temperatur 300°C dan 600°C.

### Pelaksanaan pengujian kuat tekan beton

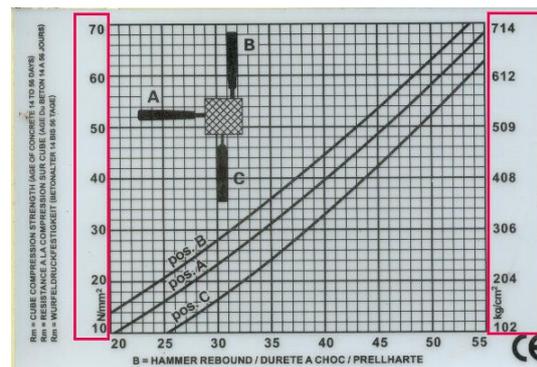
#### Pengujian dengan *hammer test*

Pengujian kuat tekan beton dengan *hammer test* dilaksanakan sebelum dan setelah benda uji dibakar kemudian di rendam dan diangin-anginkan selama 24 jam pasca pembakaran. Persiapan pengujian dengan metode *hammer test* berdasarkan SNI 03-4430-1997.



Gambar 2. Penggunaan *hammer test*

Data diperoleh dari tekanan ke permukaan benda uji yang menghasilkan nilai lenting (*R*) disetiap titik pengujian yang harus dicatat dan dihitung nilai rata-ratanya. Nilai pembacaan yang berselisih lebih dari 5 satuan terhadap nilai rata-rata tidak boleh diperhitungkan, kemudian hitung rata-rata nilai sisanya untuk menentukan perkiraan nilai kuat tekan dengan menggunakan kurva korelasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva hubungan nilai pantul dengan kuat tekan beton

**Pengujian dengan CTM**

Nilai kuat tekan beton didapat melalui tata-cara pengujian standar ASTM C-192, yaitu pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat CTM dengan cara meletakkan sampel kubus beton dan memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan 0,15 MPa/detik sampai 0,34 MPa/detik sampai benda uji hancur. Sebelum melakukan pengujian, maka permukaan tekan benda uji harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji.

Data diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan menggunakan mesin uji tekan untuk semua benda uji. Hasilnya berupa gaya (P) yang terjadi pada saat benda uji hancur. Berdasarkan data gaya tekan dan luas penampang kubus, maka kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

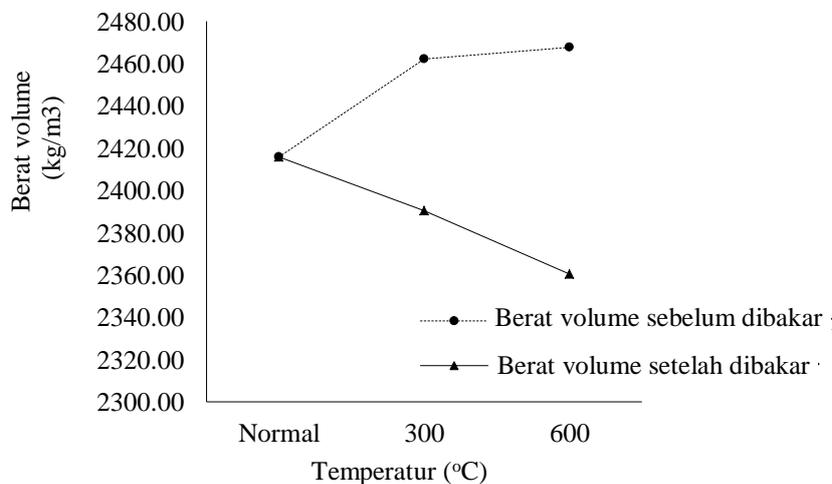
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

- dimana:  
 f = Kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = Gaya tekan (kg)  
 A = Luas penampang kubus (cm<sup>2</sup>)

**Analisa dan Pembahasan**

**Berat volume beton**

Dari hasil penelitian terlihat perbedaan yang signifikan antara berat volume sebelum dan setelah benda uji dibakar. Rata-rata berat volume benda uji yang tidak dibakar sebesar 2.415,778 Kg/m<sup>3</sup>. Sementara pada benda uji yang dibakar pada temperatur 300°C berat volume sebelum dibakar sebesar 2.462,237 Kg/m<sup>3</sup>, Setelah dilakukan pembakaran turun sebesar 2,9% menjadi 2.390,237



**Gambar 5. Kurva perbandingan berat volume beton tanpa pembakaran, pembakaran 300°C dan pembakaran 600°C**

Kg/m<sup>3</sup>, dan pada benda uji yang dibakar pada temperatur 600°C berat volume sebelum dibakar sebesar 2.467,57 Kg/m<sup>3</sup>, Setelah dilakukan pembakaran turun sebesar 4,35% menjadi 2.360,537 Kg/m<sup>3</sup> (lihat Gambar 5). Hal ini disebabkan karena pada saat dibakar beton mengalami hidrasi atau kehilangan air yang menyebabkan penurunan berat beton. Semakin tinggi temperatur pembakaran maka kadar air dalam beton semakin sedikit dan berat beton semakin turun yang menyebabkan berat volume dari beton juga turun.

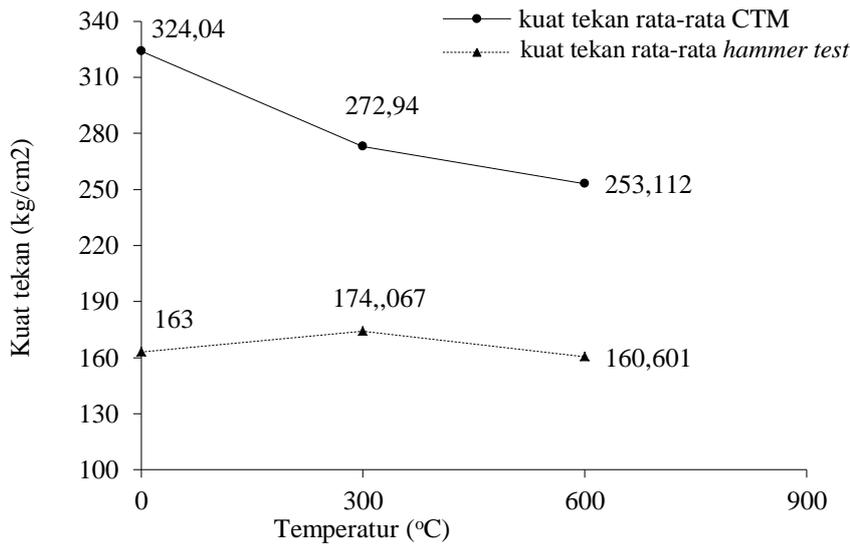
**Perubahan fisik beton**

**Tabel 1. Perubahan yang terjadi pada beton temperatur tinggi**

Suhu	Kerusakan yang terjadi	Warna
Normal	Normal	Abu-abu
300°C	Retak rambut	Abu-abu kecoklatan
600°C	-Retak rambut lebih besar -Terkelupas	Kemerahan



**Gambar 4. Beton yang telah di bakar pada temperatur 300°C**



Gambar 6. Kurva perbandingan nilai kuat tekan beton dengan CTM dan hammer test

**Kuat tekan beton**

Tabel 2. Perbandingan nilai kuat tekan dengan hammer test dan CTM

Temp (°C)	Kuat tekan rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )		Selisih rata-rata kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
	Hammer	CTM	
Normal	163,162	324,038	161
300	174,067	272,94	99
600	160,601	253,112	93

Berdasarkan Gambar 6 di atas terlihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan benda uji pasca pembakaran 300°C rata-rata sebesar 10,9 Kg/cm<sup>2</sup> atau sebesar 6,68% dan penurunan kuat tekan benda uji pasca pembakaran 600°C rata-rata sebesar 2,6 Kg/cm<sup>2</sup> atau sebesar 1,57% dari beton normal pada pengujian dengan alat uji hammer. Menurut asumsi peneliti hal ini dapat disebabkan faktor-faktor berikut:

a. Faktor utama yang mempengaruhi pembacaan rebound adalah kekerasan permukaan benda uji, padahal kekerasan permukaan tidak identik dengan kuat tekan benda uji secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, beton yang telah dibakar 300°C mengalami peningkatan nilai kuat tekan sebesar 6,68%. Berdasarkan penelitian secara visual yang telah dilakukan, permukaan beton yang telah dibakar dengan temperatur 300°C lebih padat dan keras meskipun terdapat retak rambut namun pembacaan nilai rebound menjadi meningkat. Sedangkan saat beton dibakar dengan temperatur 600°C terjadi kerusakan permukaan seperti retak rambut yang lebih panjang dan pengelupasan pada permukaan benda uji yang menyebabkan permukaan menjadi semakin

tidak rata meskipun telah digerinda sehingga pembacaan nilai lenting menjadi turun.

b. Hilangnya kadar air dalam beton sehingga pembacaan rebound bertambah tinggi. Seperti telah diketahui bahwa adanya kelembaban pada permukaan hammer test akan memperlemah pembacaan rebound karena banyaknya energi tumbukan yang terserap sehingga tidak cukup memberikan energi lentingan kepada plunger hammer. Namun semakin tinggi temperatur, kadar air yang hilang semakin tinggi yang menyebabkan ikatan jel pada semen menjadi semakin sedikit. Meskipun permukaan beton semakin kering namun kerusakannya semakin besar yang menyebabkan pembacaan rebound juga semakin turun. Hilangnya kadar air dalam beton dapat dilihat dari berat volume beton yang semakin turun.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa pembakaran benda uji dalam penelitian ini menyebabkan turunnya nilai kuat tekan beton melalui pengujian dengan compression testing machine (CTM). Pada suhu 300°C rata-rata penurunan terjadi sebesar 51,1 Kg/cm<sup>2</sup> atau

Tabel 3. Perbandingan hasil analisa *hammer test* dan CTM

Analisa	<i>Hammer test</i>		CTM	
	300°C	600°C	300°C	600°C
Respon nilai kuat tekan setelah pembakaran	Peningkatan dibanding kuat tekan tanpa pembakaran	Penurunan dibanding kuat tekan tak terbakar		
Selisih nilai kuat tekan CTM dan <i>hammer test</i> pada benda uji terbakar	Lebih besar daripada selisih kuat tekan benda uji tanpa pembakaran (Nilai kuat tekan CTM > nilai kuat tekan <i>hammer test</i> )			
Uji hipotesa bahwa tidak ada perbedaan berarti nilai kuat tekan <i>hammer test</i> dengan CTM	Ditolak, ada perbedaan yang berarti antara nilai kuat tekan <i>hammer test</i> dengan CTM			

sebesar 15,57%, sedangkan pada suhu 600°C sebesar 70,93 Kg/cm<sup>2</sup> atau sebesar 21,89%. Adanya penurunan kuat tekan ini antara lain karena:

- Terjadinya friksi antar material penyusun beton akibat perbedaan koefisien muai *thermal* material penyusun yang cukup besar. Jika perbedaan koefisien muai agregat dan pasta semen terlalu besar maka apabila terjadi perubahan suhu dapat mengakibatkan perbedaan gerakan sehingga dapat melepaskan lekatan antara agregat dan pasta, akibatnya beton akan mudah retak. (Tjokrodinuljo, 1996)
- Terhambatnya laju aliran panas di dalam beton akibat menurunnya konduktifitas *thermal* beton pada temperatur tinggi. Di atas 100°C konduktifitas *thermal* beton secara linear mengalami penurunan yang berarti karena pada titik ini kadar air dalam beton sudah hilang. Tersekatnya panas di dalam beton mempercepat reaksi fisik maupun kimia yang akan memperlemah beton. (Mindess et al., 2002).
- Terjebaknya uap air dalam pori beton sehingga menyebabkan adanya tekanan dari dalam beton. Semakin lama dibakar, seiring dengan bertambahnya temperatur, maka semakin tinggi pula tekanan dari dalam. Tekanan inilah yang menyebabkan terjadinya *explosive spalling* (rompal disertai ledakan). (Taylor, 2002)
- Susutnya pasta semen karena hilangnya kadar air pada temperatur tinggi. Penyusutan ini akan menimbulkan retak-retak sehingga memperlemah beton. (Mindess et al., 2002)

Hipotesis nol mengatakan bahwa tidak ada perbedaan dalam rata-rata nilai kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dan *compression test*. Hipotesis alternatif mengidentifikasi bahwa terdapat perbedaan. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat selisih rata-rata antara nilai kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dan *compression test*,

maka Ho ditolak artinya terdapat perbedaan nilai kuat tekan karakteristik antara pengujian menggunakan *hammer test* dan *compression test*.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

- Besarnya penurunan kuat tekan beton yang dibakar selama 3 jam pada temperatur 300°C dan 600°C berturut turut menggunakan pengujian *compression testing machine* (CTM) adalah 15,77% atau sebesar 51,1 Kg/cm<sup>2</sup> dan 21,89% atau sebesar 70,93 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Pada pengujian *hammer* terjadi kenaikan nilai kuat tekan pada temperatur 300°C yaitu sebesar 6,68% atau sebesar 10,91 Kg/cm<sup>2</sup>, dan pada temperatur 600°C mengalami penurunan 1,57% atau sebesar 2,56 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pernyataan bahwa *hammer test* bukan merupakan alternatif metode pengujian kuat tekan beton, tapi sebagai indikator untuk menilai mutu beton (SNI 03-4430-1997) adalah benar. Pada kenyataan dilapangan, *hammer test* digunakan untuk menentukan apakah benda uji memiliki mutu yang seragam atau presisi. Apabila ditemukan ketidakseragaman nilai pembacaan *rebound number* pada *hammer test* maka diambil sampel *core* dari benda uji untuk diuji laboratorium mengenai kelayakannya serta diuji mutu atau kuat tekannya.
- Berdasarkan hasil uji statistik dengan menggunakan uji-*t* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai kuat tekan beton menggunakan CTM dan *hammer test*, diketahui bahwa nilai *t* yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah lebih besar daripada *t*<sub>tabel</sub> ( $p < 0,05$ ). Oleh sebab itu diputuskan bahwa analisa menolak Ho dan menerima Ha, dengan kata lain terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai kuat

tekan yang didapat menggunakan CTM dengan hammer test.

## Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan maka peneliti menyarankan:

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian kuat tekan dengan metode *non destructive test* (NDT) lainnya dengan varian komposisi beton, jumlah sampel dan temperatur yang berbeda.
2. Jika terjadi kerusakan bangunan yang disebabkan oleh kebakaran sebaiknya tetap dilakukan pengujian laboratorium dengan pengambilan sampel dari bangunan tersebut meski sebelumnya telah dilakukan pengujian dengan hammer test.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Fakultas Teknik Universitas Malahayati dan UPT. Balai Pengolahan Mineral-LIPI, Tanjung Bintang, Lampung Selatan, yang telah memfasilitasi penelitian ini.

## Daftar Pustaka

Ahmad., et al., 2009. Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil Vol. 18 No. 2, Universitas Negeri Makassar*, Makassar.

Arwanto, R., 2006. Respon Kuat Tekan Hammer Test dengan Compression Test pada Beton Normal dan Beton Pasca Bakar, *Media Komunikasi Teknik Sipil (MKTS) volume 14, No. 1, Edisi XXXIV Februari 2006*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Lianasari, A.E. 2013. *Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Bakar dengan Substitusi Sebagian Semen Oleh Fly Ash dan Penambahan Superplasticizer*, Teknik Sipil Universitas Atmajaya, Yogyakarta.

Lind., et al., 2007. *Statistical Techniques in Business and Economics with Global Data Sets (Edisi 13 Buku 1)*, Salemba Empat, Jakarta.

Lubis, Mawardi, 2003. Pengujian Struktur Beton dengan Metode Hammer Test dan Metode Uji Pembebanan (Load Test), *Jurnal Teknik Sipil USU*, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Marsad, Hardoyo, et al., 2012. *Pedoman Penulisan Proposal, Tugas Akhir (Skripsi) dan Laporan Kerja Praktek*, Fakultas Teknik Universitas Malahayati Bandar Lampung, Bandar Lampung.

Silaban, R., S., *Analisis Pengaruh Peningkatan Temperatur (Pasca Bakar) terhadap Kuat Tekan Beton Normal*.

Simbolon, D., P., et al., 2010. Pengaruh Lamanya Pembakaran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton K-250 (Umur 28 Hari), *Jurnal Teknik Sipil USU*, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Sirait, Koresj B., 2003. *Kajian Perilaku Beton Bertulang Pasca Bakar*, Sumatera Utara: Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Sipil.

Sulendra, I Ketut, et al., 2010. Analisis Material Beton Bertulang Pasca Kebakaran dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya, *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil (MKTS) Tahun 16, Nomor 1, PEBRUARI 2008*, Universitas Diponegoro, Semarang.