

# Analisis Degradasi Sifat Mekanik Beton yang Ditambah *Superplasticizer* dan Dibakar Di Atas Suhu 300 Derajat Celcius

Oleh :

**Agus Santoso**

Staf Pengajar di Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY

## *Abstract*

*The aim of this research is to observe the transformation of K225 concrete cube strength after combusted on temperatures of 300, 600 and 900 degree of Celcius. The test was conducted on the concrete age of 35 days and the mix design was added by superplasticizer to slow down the concrete formation. The additional superplasticizer will slow down the transformation of Calciumhydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>) into Calciumoxyde (CaO), so it will lessen the reduction of concrete cube strength due to combustion.*

*This is an experimental research which is conducted at The Material Construction Laboratory, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY and The Structural Laboratory of Fakultas Teknik Gadjah Mada University. The specimen was cylinder with 150 mm of diameter and 300 mm of height. The overall specimens are 12, with itemixation as follows: 3 specimens are not combusted, 3 specimens are combusted on 300 degree of Celcius of temperature, 3 specimens are combusted on 600 degree of Celcius of temperature and 3 specimens are combusted on 900 degree of Celcius of temperature. The combustion of each specimen was conducted within 1 hour. The data was collected through direct recording from laboratory test, then analyzed with descriptive quantitative method, i.e. find the rms value.*

*The result of the research as follows: (1) the K225 concrete cube strength on room temperature before combusted was 36,97 Mpa, (2) the concrete cube strength after combusted on 300 degree of celcius of temperature was 43,00 Mpa, (3) the concrete cube strength after combusted on 600 degree of celcius of temperature was 39,23 Mpa, and (4) the concrete cube strength after combusted on 900 degree of celcius of temperature was 20,24 Mpa. It can be summarized that the concrete mixing after added with superplasticizer and combusted on 900 degree of celcius of temperature will reduce it strength until 45,25%.*

*Keyword : post-combustion concrete, concrete cube strength, superplasticizer*

## **LATAR BELAKANG**

Kebakaran gedung pada akhir-akhir ini sering terjadi baik di kota besar maupun kota kecil. Hal ini dikarenakan adanya hubungan pendek arus listrik, kompor gas yang meledak maupun adanya gedung yang sengaja dibakar oleh masa. Gedung yang terbakar biasanya suhunya di atas 600 derajat celcius.

Beton pada dasarnya tidak mampu menahan panas sampai di atas 250 derajat

celcius. Akibat panas tersebut beton akan berubah komposisi kimianya, etak, lepas dan kehilangan kekuatan (Kardiyono, 2000). Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya. Adapun retak akibat ketidak-seimbangan perubahan volume antar pasta semen dan butir-butir agregat, sedangkan lepasnya bagian luar beton akibat ketidak-seimbangan/perbedaan perubahan volume antara bagian luar

beton yang panas dan bagian dalam beton yang dingin. Bila pasta semen dipanasi dari suhu kamar sampai sekitar 300 derajat C, kekuatannya akan sedikit meningkat, karena ketika di atas 100 derajat celcius air bebas serta yang terserap dalam pasta menguap, selanjutnya jika beton dipanasi sampai suhu 400-600 derajat celcius, maka beton akan berkurang kekuatannya. Selanjutnya jika beton terus dipanasi di atas 600 derajat celcius, maka unsur hasil hidrasi yang lain berubah komposisi, sehingga kekuatan beton kehilangan kekuatan sama sekali. Untuk mengurangi penurunan kekuatan beton salah satu diantaranya adalah beton ditambah dengan *superplasticizer* dengan jenis yang memperlambat pengikatan. Dengan penambahan *superplasticizer* tersebut secara teoritis, akan memperlambat berubahnya kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) menjadi kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ).

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, maka penelitian ini ingin mengetahui berapa besar penurunan sifat mekanik beton (kuat tekan beton) mutu K.225 setelah ditambah *superplasticizer* yang dibakar sampai pada suhu 900 derajat celcius. Pembakaran dilakukan selama 1 jam dan pengujian dilakukan setelah berumur 35 hari.

## KAJIAN PUSTAKA

Beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen, agregat dan air serta jika perlu ditambah dengan bahan

additive atau admixture (Kardiyono, 1996), selain agregat alam seperti kerikil dan pasir, dapat digunakan alternatif lain yaitu agregat buatan seperti, bahan limbah beton dan bata pecah. Dalam SKSNI T-15-1991-03 beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat.

Beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/cm<sup>3</sup> biasanya disebut dengan beton normal. Komposisi campuran beton normal terdiri dari 74 % agregat, 15 % semen, 8% air dan 3 % rongga. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda, tergantung dari cara pembuatannya. Untuk mendapatkan kuat tekan beton yang diinginkan sesuai dengan rencana, maka tata cara pembuatan harus mengacu pada standar perencanaan yang benar. Pedoman yang sering digunakan untuk merencanakan adukan beton adalah cara British Standart atau sering disebut cara DOE (Development of Environment), cara ini digunakan pada SK SNI-T-15-1990-03, yaitu Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB Bandung.

Secara umum beton mempunyai sifat-sifat, (1) workability atau kelecakan, yaitu kemampuan/kemudahan untuk dikerjakan. Mudah dikerjakan maksudnya beton mudah diangkut, dituang, dicetak dan mudah dipadatkan sesuai dengan tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan

yang menimbulkan kesukaran/penurunan mutu. (2) Tahan lama, beton harus tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Pengaruh luar tersebut antara lain : tahan terhadap cuaca, tahan terhadap zat kimia dan erosi (3) kedap air, beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat kedap air pada beton, antara lain mutu dan porositas agregat, umur beton, gradasi dan perawatan beton (4) kuat tekan beton, kuat tekan beton merupakan sifat utama yang umumnya harus dimiliki oleh beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah faktor air semen (FAS), kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen dan kualitas agregat (Kardiyono, 1996). Sifat mekanik beton biasanya didasarkan pada kuat tekannya, bilamana kuat tekan beton baik maka sifat yang lain juga akan baik.

Beton yang dipanasi sampai dengan suhu 200 derajat celcius pada umur di atas 28 hari akan menyebabkan penguapan air (dehidrasi) dan penetrasi ke dalam rongga beton, sehingga akan memperbaiki sifat tekanan antar partikel C-S-H. Hasil penelitian dari Andang Wijaya (1999) yang dikutip oleh Sumardi, bahwa beton yang dipanaskan dalam tungku pada temperatur 200 derajat celcius akan meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton sekitar 10-15 % dibandingkan dengan beton normal.

Beton yang dipanasi sampai 500 derajat celcius, akan menyebabkan penurunan kuat tekan beton dan kuat lentur hingga 50 % dari beton normal (Priyosulistyo, 2000).

Berdasarkan hasil penelitian Bambang Suhendro (2000), beton yang dibakar sampai pada suhu 600 derajat celcius, beton mengalami penurunan kapasitas lentur sebesar 23 %. Pengurangan ini disebabkan oleh proses dekomposisi unsur C-S-H menjadi kapur bebas  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) Karena C-S-H merupakan unsur utama kekuatan beton, maka pengurangan jumlah C-S-H akan mempengaruhi kekuatan beton. Oleh karena itu temperatur lebih tinggi antara 500 derajat celcius sampai dengan 1000 derajat celcius terjadilah proses karbonisasi yaitu terbentuknya kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang berwarna keputih-putihan, sehingga merubah warna beton menjadi lebih terang. Disamping itu pada temperatur ini terjadi penurunan lekatan antar batuan dan pasta semen yang ditandai dengan retak-retak dan kerapuhan beton (beton mudah dipecah dengan tangan).

Menurut Hansen TC (1976), bila beton dipanasi sampai 300 derajat celcius warna beton akan berubah, yaitu menjadi merah muda. Jika dipanasi sampai 600 derajat celcius, maka warna beton menjadi abu-abu agak hijau, sedangkan jika dipanasi sampai 1200 derajat celcius, warna beton menjadi kuning. Dengan demikian secara kasar, dapat diperkirakan

berapa suhu tertinggi selama kebakaran berlangsung berdasarkan warna beton pada pemeriksaan pertama.

Beton yang dibakar pada suhu di atas 300 derajat celcius disamping mengalami penurunan sifat mekaniknya, beton akan mengalami porous.

Hal ini disebabkan karena beton yang dipanasi akan kehilangan air bebas maupun air yang sangat terikat erat dalam gel betonnya.

Tingkat kelecakan beton yang baik pada beton segar sangat berpengaruh pada kepadatan yang dihasilkan. Pekerjaan konstruksi beton pada bagian-bagian struktur yang sulit dijangkau dengan alat pemadat membutuhkan beton segar yang mampu mengalir, mengisi cetakan dan memadat dengan baik. Penambahan air pada campuran adukan beton dapat meningkatkan kelecakan tetapi cara ini akan mengakibatkan berkurangnya kualitas beton dan meningkatkan resiko segregasi pada beton segar.

Penambahan *superplasticizer* merupakan cara alternative yang dapat ditempuh untuk meningkatkan workability beton tanpa mengurangi kualitas beton yang dihasilkan atau mengurangi faktor air semen yang digunakan untuk mempengaruhi workability beton segar yang dihasilkan. Disamping itu dengan penambahan *superplasticizer* dengan jenis yang memperlambat pengikatan, secara teoritis, akan memperlambat berubahnya kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) menjadi

kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) yang akan berdampak mengurangi penurunan kekuatan beton akibat adanya pembakaran beton.

Menurut ASTM C 494-82 *superplasticizer* digunakan untuk tujuan meningkatkan workability sekaligus memperlambat reaksi beton segar (tipe G) *high range water reducing and retarding*. Peranan *superplasticizer* pada beton adalah mendispersikan (menyebarkan) partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel halus sehingga reaksi pembentukan C-S-H akan lebih merata dan lebih aktif dan menghasilkan beton yang lebih padat dan kedap air.

Kuat tekan beton merupakan sifat utama yang umumnya harus dimiliki oleh beton. Secara umum kekuatan beton dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor air semen dan kepadatan. Beton dengan faktor air semen kecil sampai jumlah air cukup untuk hidrasi secara sempurna dan dapat dipadatkan secara sempurna, akan memiliki kekuatan yang optimal. Beton yang kekurangan air, maka pengerasan semen akan kurang sempurna, sehingga akan meninggalkan pori-pori. Dengan adanya pori-pori tersebut, maka kekuatan beton akan berkurang. Untuk mencapai kepadatan dan hidrasi sempurna, ada beberapa hal yang mempengaruhinya, antara lain :

- a. Keadaan selama terjadi pengerasan, selama semen mengeras harus selalu cukup air supaya beton tidak mengering sebelum proses pengerasan selesai.

- b. Pengerasan semen akan memakan waktu, maka perlu waktu yang cukup untuk proses pengerasan semen/beton. Biasanya waktu yang diperlukan untuk pengerasan sekitar 4 minggu.
- c. Kuat tekan beton dapat diketahui dari sifat bahannya, jika sifat bahan penyusunnya baik, maka mutu beton akan menjadi tinggi. Beton keras dapat dikategorikan berkualitas baik jika mempunyai sifat-sifat kuat, awet, kedap air dan memiliki kemungkinan perubahan dimensi yang kecil.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum  $f_c'$  dengan satuan  $N/mm^2$  atau MPa dan  $kg/cm^2$ . Nilai kuat tekan beton didapat melalui pengujian standar, yaitu menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji sampai hancur. Rumus kuat tekan beton sebagai berikut (SKSNI M-14-1989-F).

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A}$$

Dimana

P : beban maksimum (Newton)

A : luas penampang benda uji ( $mm^2$ )

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY dan Laboratorium Struktur Fakultas Teknik UGM. Waktu penelitian selama 3 bulan (12 minggu).

Jumlah sampel untuk uji kuat tekan sebanyak 12 buah, dengan perincian 3 buah beton tidak dibakar, 3 buah beton yang dibakar sampai suhu 300 derajat celcius, 3 buah beton yang dibakar pada suhu 600 derajat dan 3 buah beton yang dibakar pada suhu 900 derajat celcius masing-masing selama 1 jam. Bentuk benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tingginya 300 mm.

Beton yang akan dibuat direncanakan mutu K.225, dengan Mix design beton mengacu pada *British Standard* (dari Inggris). Pasir dan kerikil yang digunakan dari Klaten, semen yang digunakan dengan merk Holcim, sedangkan untuk airnya berasal dari sumur di FT UNY. Bahan *superplasticizer* yang digunakan merk Sikament -520, yaitu jenis *superplasticizer* menambah kelecakan dan memperlambat pengikatan beton.

Pengujian beton dilakukan setelah umur 35 hari, kemudian dibakar pada suhu 300, 600 dan 900 derajat celcius. Setelah beton dibakar pada suhu tersebut, kemudian dilakukan uji kuat tekan. Prosedur pengujian kuat tekan beton mengacu pada SKSNI M-14-1989-F (1989) tentang metode pengujian kuat tekan beton. Pada

penelitian ini dilakukan pengontrolan ubahan-ubahan antara lain : jenis bahan, karakteristik bahan, metode pencampuran, pencetakan dan perawatan dibuat sama, sehingga diharapkan perubahan sifat mekanik beton in hanya dipengaruhi oleh suhu pemanasan saja.

Pengumpulan data dilakukan dengan pencatatan langsung dari pengujian di laboratorium Bahan Bangunan FT UNY, setelah data terkumpul, kemudian dihitung kuat tekannya, kemudian dianalisis dengan statistik Deskriptif Kuantitatif.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan menganalisis kuat tekan beton mutu K.225 setelah diberikan bahan tambah *superplasticizer* dan dibakar pada suhu 300, 600, 900 derajat pada umur 35 hari. Beton yang dibakar adalah mutu K225. Sebelum dilakukan pembuatan beton, dilakukan uji material sebagai penyusun beton seperti pasir dan kerikil. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Klaten adapun hasil pengujian sebagai berikut : Kadar air pasir SSD : 3,12 %, kadar air pasir alam : 11,11 %, BJ pasir alam : 2,58 gr/ml, BJ pasir SSD : 2,55 gr/ml, kadar lumpur : 3,32 %, dan MKB : 2,48.

Hasil pengujian kerikil sebagai berikut : Kadar air kerikil SSD : 2,05 %,

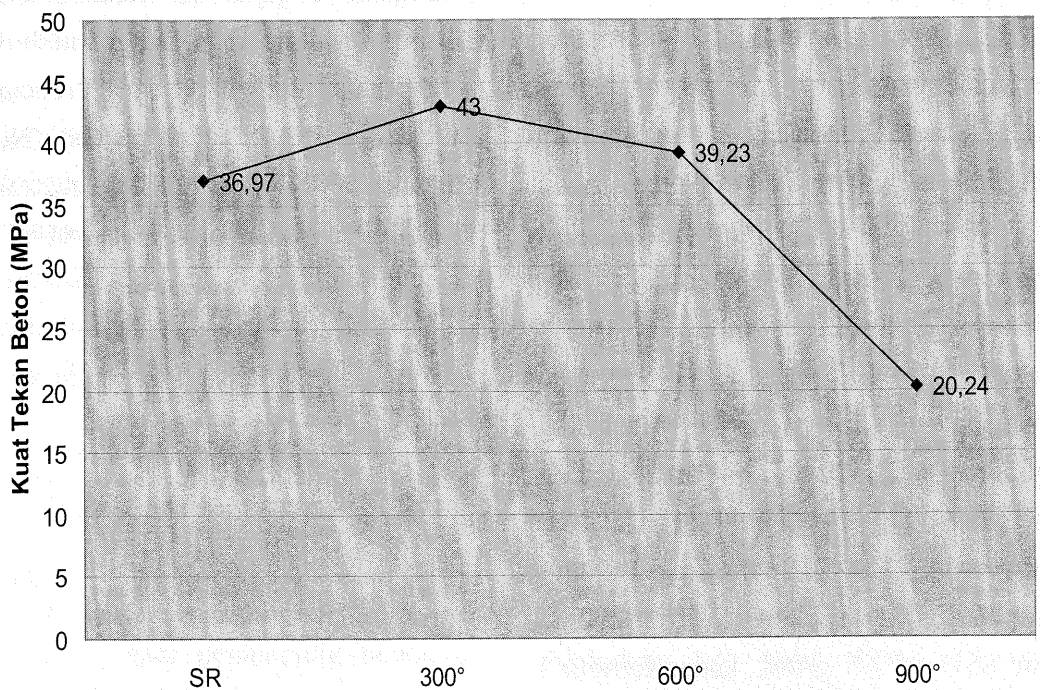
kadar air kerikil alam : 0,79 %, BJ kerikil alam : 2,58 gr/ml, BJ kerikil SSD : 2,66 gr/ml, kadar lumpur : 3,32 % dan MKB : 4,97.

Bahan Superplasticizer yang digunakan merk Sikament -520, yaitu jenis superplasticizer menambah kelecakan dan memperlambat pengikatan beton. Jumlah bahan tambah yang digunakan sebesar 2 % dari berat semen. Rancangan beton menggunakan cara DOE dari Inggris, dengan Fktor Air Semen (FAS) sebesar 0,6 dan nilai slump sebesar 30 – 50 mm.

Pembakaran beton dilakukan selama 1 jam dengan suhu tungku bakar sebesar 300, 600 dan 900 derajat celcius dan pelaksanaan pembakaran di Laboratorium Struktur PAU Universitas Gajahmada, sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Hasil peneltian selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat tekan Beton

| No. | Suhu beton yang dibakar | Lama pembakaran | Umur beton (hari) | Beban maksimal (kg) (P) | Luas bidang tekan (cm) (A) | Kuat tekan beton $f'c = P/A \times 1/10$ (MPa) |
|-----|-------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| 1.  | SR                      |                 | 35                | 48000                   | 176,625                    | 27,16  |
| 2.  | SR                      |                 | 35                | 64000                   | 176,625                    | 36,21  |
| 3.  | SR                      |                 | 35                | 84000                   | 176,625                    | 47,53  |
|     |                         |                 |                   |                         | Rata-rata                  | 36,97  |
| 4.  | 300°                    | 1 jam           | 35                | 70000                   | 176,625                    | 39,61  |
| 5.  | 300°                    | 1 jam           | 35                | 85000                   | 176,625                    | 48,10  |
| 6.  | 300°                    | 1 jam           | 35                | 73000                   | 176,625                    | 41,31  |
|     |                         |                 |                   |                         | Rata-rata                  | 43,00  |
| 7.  | 600°                    | 1 jam           | 35                | 72000                   | 176,625                    | 40,74  |
| 8.  | 600°                    | 1 jam           | 35                | 61000                   | 176,625                    | 34,52  |
| 9.  | 600°                    | 1 jam           | 35                | 75000                   | 176,625                    | 42,44  |
|     |                         |                 |                   |                         | Rata-rata                  | 39,23  |
| 10. | 900°                    | 1 jam           | 35                | 53000                   | 176,625                    | 30,00  |
| 11. | 900°                    | 1 jam           | 35                | 48000                   | 176,625                    | 27,16  |
| 12. | 900°                    | 1 jam           | 35                | 54000                   | 176,625                    | 30,55  |
|     |                         |                 |                   |                         | Rata-rata                  | 20,24  |



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berbagai Suhu pembakaran

## 2. Pembahasan

Pada grafik tersebut di atas nampak bahwa, pembakaran sampai suhu 300°C dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini disebabkan pada suhu 100°C sampai dengan 300°C terjadi penguapan air (dehidrasi) dan penetrasi ke dalam rongga-rongga beton lebih dalam sehingga memperbaiki sifat lekatan antar partikel-partikel C-S-H. Hal ini juga telah sesuai dengan hasil penelitian dari Andang Wijaya (1999) yang dikutip oleh Sumardi, bahwa beton yang dipanaskan dalam tungku pada temperatur 200 derajat celcius akan meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton sekitar 10-15 % dibandingkan dengan beton normal.

Beton yang dibakar terus menerus maka akan mengalami penurunan kuat tekannya, seperti pada grafik tersebut, beton yang dibakar pada suhu 600 derajat celcius, maka kuat tekannya menjadi 39,23 MPa dan setelah dibakar sampai pada suhu 900 derajat celcius kuat tekannya menjadi 20,24 MPa (turunnya mencapai 45,25 % dari kuat tekan semula/sebelum dibakar). Hal ini dikarenakan adanya penurunan kekuatan yang disebabkan oleh proses dekomposisi unsur C-S-H menjadi kapur bebas. Dan jika beton dibakar pada temperatur yang lebih tinggi lagi sampai dengan 1000°C akan terjadi proses karbonasi, yaitu terbentuknya Kalsium karbonat yang berwarna keputih-putihan sehingga merubah warna permukaan beton menjadi lebih terang. Disamping

itu pada temperatur ini terjadi penurunan lekatan antara batuan dan pasta semen, yang ditandai oleh retak-retak dan oleh kerapuhan beton /beton mudah pecah (Priyosulistyo,2000). Berkaitan dengan hal tersebut di atas, maka jika suatu gedung yang terbakar sampai mencapai suhu di atas 1000 derajat celcius, maka hendaknya harus diuji terlebih dahulu kuat tekan betonnya, sehingga dapat diperhitungkan kemampuan daya dukung beton terhadap beban yang dipikulnya.

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Setelah dilakukan uji coba penambahan bahan tambah *superplasticizer* dan beton dibakar pada suhu sampai 900 derajat celcius, maka besarnya kuat tekan beton mutu K.225 pada umur 35 hari adalah sebagai berikut :

- a. Besarnya kuat tekan rata-rata beton mutu K.225 pada suhu ruangan (beton belum dibakar) adalah 36,97 MPa.
- b. Besarnya kuat tekan rata-rata beton mutu K.225 dan dibakar pada suhu 300 derajat celcius adalah 43,00 MPa.
- c. Besarnya kuat tekan rata-rata beton mutu K.225 dan dibakar pada suhu 600 derajat celcius adalah 39,23 MPa.
- d. Besarnya kuat tekan rata-rata beton mutu K.225 dan dibakar pada suhu 900 derajat celcius adalah 20,24 MPa.
- e. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa adukan beton setelah ditambah



dengan *superplasticizer* dan dibakar sampai pada suhu 900 derajat celcius kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 45,25 %.

## 2. Saran-saran

Setelah dilakukan pengujian dan analisis data, maka dapat diajukan saran-saran sebagai berikut :

- a. Agar dapat dilihat pengaruh penambahan bahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian uji beda kuat tekan beton setelah dibakar antara beton alami (tidak ditambah dengan *superplasticizer*) dengan beton yang ditambah *superplasticizer*.
- b. Agar tidak merusak sifat-sifat beton, maka dalam memberikan bahan tambah *superplasticizer* harus mematuhi ketentuan yang tertulis dalam label bahan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

Bambang Suhendro. 2000. *Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran (Makalah dalam Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton Pasca Kebakaran dan Gempa, 24-25 Maret 2000)*. Yogyakarta : UGM.

Hansen, TC. 1976. *Text Book on Concrete Technology, Technical Report No.10 of UNDP/UNIDO, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.

Kardiyono Tjokrodimulyo. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Nafiri.

Kardiyono Tjokrodimulyo. 2000. *Pengujian Laboratorium Beton Pasca Bakar (Makalah dalam Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton Pasca Kebakaran dan Gempa, 24-25 Maret 2000)*. Yogyakarta : UGM.

Priyosulistyo. HRC. 2000. *Sifat-sifat Mekanik Bahan Struktur terhadap Beban Gempa dan Temperatur Tinggi (Makalah dalam Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton Pasca Kebakaran dan Gempa, 24-25 Maret 2000)*. Yogyakarta : UGM

SK SNI M-14-1989-F . 1989. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta : Yayasan LPMB.