

## Kajian Pengaruh Suhu dan Waktu Pembakaran terhadap Kekuatan Beton di Laboratorium Tambang, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung

<sup>1</sup>Bayu Nursyamsu, <sup>2</sup>Zaenal dan <sup>3</sup>Elfida Moralista

<sup>1,2</sup>Program Studi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
e-mail: <sup>1</sup>big\_bayu@yahoo.co.id

**Abstract.** Concrete is the main material to construct a building or infrastructure. The need of a construction made concrete chosen as main choice because it's easy to be formed. Concrete has a heat resistance to a certain temperature until it's damaged or experienced a structural failures. In this study, concrete sample burned in the blast furnace at temperature of 200°C, 400°C and 500°C for 30, 60, 90 and 120 minutes to determine the scope of these variables affect the concrete. The samples of concrete which are not burned were also tested to be compared with the compressive strength of the burned samples. The samples used were the concrete with medium quality specifications with compressive strength of 21 MPa to 40 MPa. The not burned concrete samples compressive strength median is 23.31 MPa. While the concrete samples burned at a temperature of 200°C has the compressive strenght value of 18.60 MPa (30 minutes), 16.98 MPa (60 minutes), 15.36 MPa (90 minutes), 13.74 MPa (120 minutes). At temperature 400°C, the compressive strength are 13.87 MPa (30 minutes), 13.06 MPa (60 minutes), then 12.25 MPa (90 minutes), 11.44 MPa (120 minutes). The compressive strength of concrete samples at combustion temperatures of 500°C are 11.09 MPa (30 minutes), 9.77 MPa (60 minutes), 8.45 MPa (90 minutes), 7.13 MPa (120 minutes). Coefficient correlation temperature effect is 0.976, time effect 0.927, and time and temperature effect is 0.977, this indicated that time and temperature has a very high effect. Based on the results of the test, the compressive strength of concrete samples does not meet the standards of moderate concrete quality.

**Keywords :** Concrete, Blast Furnace, Compressive Strength.

**Abstrak.** Beton merupakan bahan dasar untuk membuat suatu bangunan atau infrastruktur. Kebutuhan akan konstruksi membuat beton menjadi pilihan utama karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk. Beton memiliki ketahanan terhadap panas sampai suhu tertentu hingga beton tersebut rusak atau mengalami gagal struktur. Pada penelitian ini, sampel beton dibakar dalam *blast furnace* pada suhu 200°C, 400°C dan 500°C selama 30, 60, 90 dan 120 menit untuk mengetahui sejauh mana variabel-variabel tersebut berpengaruh. Sampel beton yang tidak dibakar juga diuji kuat tekannya untuk dibandingkan dengan kondisi sampel beton yang dibakar. Sampel beton yang digunakan merupakan beton dengan spesifikasi mutu sedang dengan kuat tekan sebesar 21 MPa hingga 40 MPa. Nilai kuat tekan beton rata-rata yang tidak dibakar sebesar 23,31 MPa. Sedangkan sampel beton yang dibakar pada suhu 200°C nilai kuat sampel beton tekan adalah 18,60 MPa (30 menit), 16,98 MPa (60 menit), 15,36 MPa (90 menit), 13,74 MPa (120 menit). Pada suhu 400°C kuat tekannya 13,87 MPa (30 menit), 13,06 MPa (60 menit), 12,25 MPa (90 menit), 11,44 MPa (120 menit). Nilai kuat tekan sampel beton pada suhu pembakaran 500°C adalah 11,09 MPa (30 menit), 9,77 MPa (60 menit), 8,45 MPa (90 menit), 7,13 MPa (120 menit). Koefisien korelasi pengaruh suhu adalah 0,976, pengaruh waktu 0,927, dan pengaruh suhu dan waktu adalah 0,977 yang menandakan pengaruh suhu dan waktu sangat tinggi. Berdasarkan hasil pengujian maka kuat tekan sampel beton sudah tidak memenuhi standar beton mutu sedang.

**Kata Kunci :** Beton, Blast Furnace, Kuat Tekan.

### A. Pendahuluan

#### Latar Belakang

Beton merupakan suatu bahan yang digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Kebutuhan akan konstruksi membuat beton menjadi pilihan utama, karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dan murah, maka dari itu

material-material penyusun dari beton tersebut memiliki pengaruh penting terhadap kekuatan dari beton tersebut.

Kekuatan dari beton merupakan suatu hal yang penting untuk diteliti. Karena pada dasarnya beton digunakan untuk keperluan konstruksi yang berbeda-beda seperti jalan, jembatan, dermaga, rumah, gedung bertingkat, hingga pembangkit listrik yang membutuhkan beton dengan spesifikasi tertentu.

Dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan, Laboratorium Tambang Unisba mengadakan alat baru yaitu *Blast Furnace* yang digunakan untuk membakar sampel beton hingga suhu 500°C. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan alat *Blast Furnace* tersebut pada proses pembakaran sampel beton mutu sedang untuk gedung yang sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Hasil pengujian ini diharapkan dapat menggambarkan kondisi bangunan yang telah terbakar.

### Tujuan Penelitian

1. Membuat beton dengan spesifikasi beton mutu sedang (kuat tekan 21 MPa – 40 MPa) berdasarkan SNI.
2. Mengetahui kuat tekan sampel beton setelah dibakar pada suhu dan waktu tertentu.
3. Mengetahui kuat tekan sampel beton setelah dibakar, apakah masih memenuhi standar beton mutu sedang atau tidak.

### B. Landasan Teori

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Beton merupakan komposit, secara kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Tjokrodimulyo,1992). Syarat-syarat yang penting pada pembuatan beton adalah:

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

**Tabel 1.** Klasifikasi Beton

Jenis Beton	c (MPa)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 35	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, beton bertulang, bangunan.
Mutu Rendah	15 20	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan.
	10 15	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

Karakteristik Beton Ditinjau dari segi kuat tekan, beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut (SNI 03-6468-2000, ACI 318, ACI 363R-92):

1. Beton mutu rendah (*low strength concrete*) dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) kurang dari 20 MPa.
2. Beton mutu sedang (*medium strength concrete*) dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) antara

21 MPa sampai 40 MPa.

3. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) lebih dari 41 MPa.

Bahan-bahan penyusun beton adalah:

1. Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembuatan beton..
2. Komponen penyusun beton yang terbesar dan yang terpenting adalah agregat, karena agregat mengisi hampir 75% dari volume total beton. Kualitas dari agregat sangat penting karena akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan keawetan struktur.
3. Air adalah bahan campuran beton yang berfungsi untuk menghidrasi semen. Air dapat mempengaruhi waktu pengikatan (*setting time*), penyusutan (*drying shrinkage*), keawetan (*durability*). Jumlah air yang diberikan dalam adukan beton harus tepat.

Kuat Tekan Beton yang disyaratkan  $f_c'$  adalah kuat tekan beton karakteristik yang ditetapkan oleh perencana struktur digunakan dalam *Mega Pascal* atau MPa (SK SNI-T-14-1991-03). Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan *Compression Test Machine* dengan cara memberikan beban tekan bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu kepada benda uji silinder beton sampai mengalami keruntuhan/hancur. Tata cara pengujian yang dipakai adalah standar SNI (Standar Nasional Indonesia), SNI 03-1974-1990. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain faktor perbandingan air – semen ( $w/c$ ), umur beton, jenis dan jumlah semen, dan sifat agregat. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh kuat tekan tertinggi yang dicapai oleh benda uji pada umur 28 hari.

### **Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Beton**

Peningkatan temperatur akibat kebakaran menyebabkan material beton mengalami perubahan sifat. Suhu yang dapat dicapai pada suatu ruangan gedung yang terbakar adalah  $\pm 1000^\circ\text{C}$  dengan lama kebakaran umumnya lebih dari 1 jam. Kebanyakan beton struktural dapat digolongkan ke dalam tiga jenis agregat : karbonat, silikat, dan agregat berbobot ringan. Agregat karbonat meliputi batu kapur dan dolomit dan dimasukkan dalam satu golongan karena kedua zat ini mengalami perubahan susunan kimia pada suhu antara  $700^\circ\text{C}$  sampai  $980^\circ\text{C}$ . Agregat silikat yang meliputi granit, kuarsit, batu pasir, tidak mengalami perubahan kimia pada suhu yang biasa dijumpai dalam kebakaran (Norman Ray, 2009). Beton yang dibakar hingga suhu di atas  $800^\circ\text{C}$ , mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi (*recovery*) setelah proses pendinginan. Agregat silikat yang meliputi granit, kuarsit, batu pasir, tidak mengalami perubahan kimia pada suhu yang biasa dijumpai dalam kebakaran (Norman Ray, 2009). Beton yang dibakar hingga suhu di atas  $800^\circ\text{C}$ , mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi (*recovery*) setelah proses pendinginan. Besarnya kehilangan kekuatan dan dapat atau tidaknya kekuatan material kembali seperti semula ditentukan oleh jenis material yang digunakan, tingkat keparahan (suhu) pada kebakaran dan lama kebakaran.

### **C. Hasil Penelitian**

Sampel beton diletakkan secara tegak lurus pada mesin UCS lalu kemudian diberi tekanan secara *axial* dengan beban secara bertahap per 500 kg sampai sampel beton tersebut hancur.

Data kuat tekan puncak pada saat sampel beton hancur dicatat dan dibagi dengan luas permukaan sampel beton tersebut sehingga didapatkan nilai kuat tekan dari sampel beton tersebut (MPa). Kemudian dilakukan analisis pengaruh pembakaran terhadap kuat tekan sampel beton tersebut.

**Tabel 2.** Kuat Beton

No	Kode Sampel	Suhu (°c)	Waktu (menit)	c (MPa)
1	BS / 1	27	0	24,33
2	BS / 2			23,57
3	BS / 3			22,04
4	BS / 200° / 30' / 1	200	30	18,09
5	BS / 200° / 30' / 2			18,73
6	BS / 200° / 30' / 3			20,06
7	BS / 200° / 60' / 1	200	60	17,20
8	BS / 200° / 60' / 2			16,24
9	BS / 200° / 60' / 3			16,18
10	BS / 200° / 90' / 1	200	90	15,67
11	BS / 200° / 90' / 2			15,29
12	BS / 200° / 90' / 3			14,33
13	BS / 200° / 120' / 1	200	120	14,01
14	BS / 200° / 120' / 2			14,15
15	BS / 200° / 120' / 3			13,89
16	BS / 400° / 30' / 1	400	30	13,82
17	BS / 400° / 30' / 2			13,76
18	BS / 400° / 30' / 3			13,69
19	BS / 400° / 60' / 1	400	60	13,50
20	BS / 400° / 60' / 2			13,38
21	BS / 400° / 60' / 3			12,74
22	BS / 400° / 90' / 1	400	90	12,61
23	BS / 400° / 90' / 2			12,48

24	BS / 400° / 90' / 3			11,72
25	BS / 400° / 120' / 1			11,46
26	BS / 400° / 120' / 2	400	120	11,46
27	BS / 400° / 120' / 3			11,15
28	BS / 500° / 30' / 1			11,08
29	BS / 500° / 30' / 2	500	30	10,32
30	BS / 500° / 30' / 3			10,25
31	BS / 500° / 60' / 1			10,25
32	BS / 500° / 60' / 2	500	60	10,19
33	BS / 500° / 60' / 3			9,87
34	BS / 500° / 90' / 1			9,55
35	BS / 500° / 90' / 2	500	90	9,43
36	BS / 500° / 90' / 3			8,92
37	BS / 500° / 120' / 1			6,24
38	BS / 500° / 120' / 2	500	120	7,26
39	BS / 500° / 120' / 3			5,61

Sampel beton dengan spesifikasi kuat tekan 21 MPa – 40 MPa merupakan beton mutu sedang yang umumnya digunakan untuk gedung bertingkat. Pembahasan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap suatu peristiwa yang serupa seperti kebakaran gedung.

Pada saat pencampuran beton dan pengujian *slump test* apabila dilihat dari *mix design*, *slump* yang distandarkan adalah 6 cm – 18 cm. Adukan beton segar setelah diuji *slump*-nya adalah 8 cm, 10 cm dan 12 cm yang apabila dirata-ratakan adalah 10 cm. Hal tersebut menunjukkan adonan beton ini masih masuk dalam rencana *slump* yang distandarkan.

Pada saat beton tersebut dibakar, beton akan kehilangan kadar air di dalamnya, yang mengakibatkan sistem perekat antar partikelnya menjadi rusak atau biasa disebut gagal struktur. Hal tersebut menyebabkan beton kehilangan kekuatannya. Namun seberapa signifikan beton tersebut kehilangan kekuatannya belum dapat ditentukan, hal tersebut dapat diketahui apabila telah dilakukan pengujian.

Kuat tekan sampel beton rata-rata tanpa pembakaran didapat sebesar 23,31 MPa. Sedangkan pada seluruh sampel beton yang dibakar diperoleh kuat tekannya lebih kecil dari 23,31 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu dan suhu pembakaran memberikan pengaruh terhadap penurunan kuat tekan sampel beton.

### **Analisis Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton**

Pada pembakaran dengan lama waktu 30 menit pada setiap suhunya mengalami penurunan kekuatan sampel beton. Kekuatan normal sampel beton di angka 23,31 MPa perlahan menurun hingga kekuatan terendahnya 10,25 MPa saat dibakar pada

suhu 500°C.

Pembakaran sampel beton dengan lama pembakaran 30 menit menghasilkan persamaan garis linear  $Y = 24,595 - 0,028 X_1$ . Sehingga apabila sampel beton dipanaskan pada waktu 30 menit akan mengalami gagal struktur pada suhu sekitar 880° C dengan koefisien korelasi 0,987.

Pada pembakaran dengan waktu 60 menit kekuatan sampel beton dengan sangat signifikan menurun. Kekuatan terendah sampel beton pada 9,87 MPa saat dibakar dengan suhu 500°C yang menandakan sampel beton sudah berada jauh dibawah mutu beton sedang dan koefisien korelasinya adalah 0,977 yang berarti sangat signifikan.

Sampel beton dibakar pada lama waktu 90 menit kekuatannya jauh berkurang dari kekuatan normal. Ikatan hidrasi antar penyusun beton rusak sehingga kuat tekannya menurun drastis yaitu sebesar 8,92 Mpa pada suhu pembakaran 500°C. Koefisien korelasi yang didapat dari hasil pengolahan data dengan *software* SPSS adalah 0,964.

Pada pembakaran dengan waktu 60 menit kekuatan sampel beton dengan sangat signifikan menurun. Kekuatan terendah sampel beton pada 9,87 MPa saat dibakar dengan suhu 500°C yang menandakan sampel beton sudah berada jauh dibawah mutu beton sedang dan koefisien korelasinya adalah 0,977 yang berarti sangat signifikan.

Sampel beton dibakar pada lama waktu 90 menit kekuatannya jauh berkurang dari kekuatan normal. Ikatan hidrasi antar penyusun beton rusak sehingga kuat tekannya menurun drastis yaitu sebesar 8,92 Mpa pada suhu pembakaran 500°C. Koefisien korelasi yang didapat dari hasil pengolahan data dengan *software* SPSS adalah 0,964.

Pengujian kuat tekan dengan waktu pembakaran 120 menit merupakan pengujian dengan waktu paling lama. Pengaruh suhu pada lama pembakaran 120 menit dengan suhu 500°C menghasilkan kuat tekan sampel beton yang paling rendah 5,61 Mpa.

Dari hasil pengolahan data didapatkan persamaan garis  $Y = 19,289 - 0,024 X_1$  untuk lama pembakaran 120 menit. Sehingga sampel beton akan mengalami gagal struktur pada suhu 804°C. Koefisien korelasi yang didapat adalah 0,927.

Rata - rata koefisien korelasi yang didapat dari pengaruh suhu pembakaran adalah 0,976. Pengaruh suhu pembakaran dibandingkan dengan waktu pembakaran lebih signifikan.

### **Analisis Pengaruh Waktu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton**

Pada pembakaran sampel beton hubungan ikatan antar partikel beton perlahan rusak, sehingga agregat beton tersebut semakin melemah kekuatannya dan perlahan mengalami gagal struktur. Pengaruh waktu pembakaran terhadap kekuatan sampel beton tidak lebih signifikan daripada pengaruh suhu terhadap pembakaran.

Pada suhu pembakaran 200°C kekuatan beton paling rendah yaitu pada waktu pembakaran selama 120 menit dengan kekuatan 13,89 MPa. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah  $Y = 20,222 - 0,054 X_2$ , sehingga pada suhu pembakaran 200°C sampel beton akan mengalami gagal struktur pada waktu 374,5 menit.

Pembakaran sampel beton dengan suhu 400°C menghasilkan penurunan yang lebih signifikan daripada pembakaran pada suhu 200°C. Koefisien korelasi yang dihasilkan dari pengolahan data dengan menggunakan *software* SPSS adalah 0,953.

Pada suhu 400°C sampel beton mulai berubah warna menjadi kecoklatan dan terjadi keretakan pada permukaan sampel beton. Hal tersebut tentu saja berpengaruh pada kuat tekan sampel beton.

Pada suhu pembakaran 500°C kekuatan sampel beton paling rendah. Dari analisa *software* SPSS didapatkan persamaan regresi  $Y = 12,417 - 0,044 X_2$ . Sampel beton kekuatannya 0 MPa pada waktu pemanasan 282,2 menit. Koefisien korelasi yang dihasilkan adalah 0,887 pengaruh waktu pada suhu pembakaran 500°C sangat signifikan.

Rata - rata koefisien korelasi yang didapat dari pengaruh waktu pembakaran adalah 0,927. Pengaruh waktu pembakaran apabila dibandingkan dengan suhu pembakaran lebih rendah.

### **Analisis Pengaruh Suhu dan Waktu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton**

Variabel suhu dan waktu apabila digabungkan dan dianalisa mempunyai pengaruh yang paling tinggi. Persamaan regresi yang dihasilkan dari pengolahan data adalah  $Y = 24,005 - 0,023 X_1 - 0,041 X_2$ . Dimana  $X_1$  adalah suhu pembakaran dan  $X_2$  adalah waktu pembakaran.

Sampel beton pada suhu 500°C akan mengalami gagal struktur pada waktu pembakaran 305°C. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan sampel beton yang dibakar hingga suhu pembakaran yang lebih tinggi dari pengujian yang dilakukan.

Pada bangunan terbakar suhu pembakaran beton dapat mencapai hingga 1000°C pada waktu pembakaran yang tidak ditentukan karena tergantung bahan bakar kebakaran tersebut seperti jenis material yang terdapat pada bangunan yang terbakar tersebut.

Pengaruh antara suhu dan waktu pembakaran sangat signifikan terhadap kekuatan sampel beton saat didapat koefisien korelasinya 0,977 dari pengolahan data dengan menggunakan *software* SPSS. Hal tersebut menandakan bahwa pengaruh suhu dan waktu lebih besar dari pengaruh suhu atau waktu.

### **D. Kesimpulan**

1. Hasil penelitian bahwa sampel beton mutu sedang dengan kuat tekan rata-rata sebesar 23,31 MPa yang sesuai dengan hasil perhitungan *mix design*.
2. Hasil pengujian sampel beton pada berbagai suhu dan waktu pembakaran adalah :
  - a. Kuat tekan rata-rata sampel beton pada suhu pembakaran 200°C adalah 18,60 MPa (30 menit), 16,98 MPa (60 menit), 15,36 MPa (90 menit) dan 13,74 MPa (120 menit).
  - b. Kuat tekan rata-rata sampel beton pada suhu pembakaran 400°C adalah 13,87 MPa (30 menit), 13,06 MPa (60 menit), 12,25 MPa (90 menit) dan 11,44 MPa (120 menit).
  - c. Kuat tekan rata-rata sampel beton pada suhu pembakaran 500°C adalah 11,09 MPa (30 menit), 9,77 MPa (60 menit), 8,45 MPa (90 menit) dan 7,13 MPa (120 menit).
3. Pengaruh suhu dengan koefisien korelasi 0,976 apabila dibandingkan dengan waktu dengan koefisien korelasi 0,927 lebih signifikan. Namun pengaruh suhu dan waktu pembakaran merupakan faktor yang paling signifikan dengan koefisien korelasi 0,977.

4. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan di atas, maka sampel beton yang dibakar sudah tidak memenuhi standar beton mutu sedang.

### Daftar Pustaka

- Anonim. 1979. *Peraturan Beton Bertulang 1971*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum & Tenaga Listrik.
- Anonim. 2004. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Farmington Hills, USA: American Society for Testing and Materials.
- Anonim. 2005. *Klasifikasi Mutu Beton*. Jakarta, Indonesia: Puslitbang Prasarana Transportasi Divisi 7.
- Anonim. 2008. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. Farmington Hills, USA: ACI Committee 318.
- Hansen, T.C. 1992. *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*. 1st ed. Taylor & Francis Group.
- Nawy, Edward G. 2005. *Reinforced Concrete*. 5th ed.
- Simbolon, Daslan P. 2012. *Pengaruh Lamanya Pembakaran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton K-250*.
- Soshiroda, T. 1983. *Recycled concrete*. Proceedings 9th Congress of CIB Stockholm.
- Standar Nasional Indonesia No. 03-1974. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional.