



---

## PENGARUH PEMBAKARAN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh  
**Surya Hadi**  
Universitas Islam Al-Azhar

### Abstrak

Kekuatan struktur bangunan setelah kebakaran ditentukan oleh lama waktu yang diterima bangunan terhadap api pada saat terbakar. Semakin lama beton terbakar maka akan mengakibatkan kualitas kuat tekan beton berkurang. Selain itu, tekanan uap air juga berpengaruh terhadap kekuatan beton karena beton tahan terhadap api, sehingga beton akan menyimpan dan menyerap panas akibatnya air yang terjebak dalam pori akan mengalami penguapan. Umumnya kekuatan struktur dari beton mengalami penurunan dan hal tersebut menyebabkan daya layan sruktur tersebut tidak maksimal.

Pada penelitian dilakukan dengan menggunakan kubus berukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm dengan penambahan *silika fume* dari 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%, dikontrol dengan beton tanpa penambahan *silika fume*. Pada setiap persentase terdiri dari masing-masing dua buah benda uji (total benda uji sebesar 20 benda uji). Persentase penurunan kuat tekan terbesar terjadi setelah diadakan pembakaran pada penambahan *silika fume* dengan pemabahan 10% yaitu dari kuat tekan 27,8 Mpa menjadi 11,4 Mpa atau terjadi penurunan kuat tekan sebesar 59,0%. Sedangkan paling rendah terjadi pada penambahan *silika fume* 5% yaitu dari 28,0 Mpa menjadi 13,3 Mpa sebesar 53%. Secara umum dari penelitian ini dengan pembakaran suhu sebesar 800<sup>0</sup> rata rata penurunan diatas 50%

**Kata Kunci : Beton, Silika Fume, Kuat Tekan**

### PENDAHUALUAN

Beton merupakan material yang telah lama dikenal dan merupakan material yang paling banyak digunakan di indonesia misalnya gedung, bendungan, perkerasan jalan dan sebagainya. Hal ini disebabkan karena beton mempunyai beberapa sifat yang memberikan nilai lebih dibandingkan material lain yaitu: kuat tekan tinggi, mudah dibentuk sesuai keinginan, dapat memanfaatkan bahan lokal sehingga harga relatif murah, mudah dalam pelaksanaan dan perawatan. Umumnya kekuatan struktur dari beton mengalami penurunan setelah pembakaran dan hal tersebut menyebabkan kemampuan sruktur tersebut tidak maksimal.

Salah satu sifat beton yaitu memiliki daya tahan terhadap api yang relatif lebih baik dibandingkan dengan material seperti bahan yang lain yaitu kayu, baja dan bahan material lainnya. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material dengan daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi rembetan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut. Oleh karena itu, selimut beton biasanya dirancang dengan

ketebalan yang cukup yang dimaksudkan untuk melindungi tulangan dari suhu yang tinggi di luar jika terjadi kebakaran. Hal ini disebabkan bahwa tulangan baja akan mengalami penurunan kekuatan/tegangan leleh yang cukup drastis pada suhu yang tinggi.

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.

Kekuatan struktur bangunan pasca kebakaran ditentukan oleh lama waktu yang diterima bangunan terhadap api pada saat terbakar. Semakin lama beton terbakar maka akan mengakibatkan kualitas beton berkurang. Selain itu, tekanan uap air juga berpengaruh terhadap kekuatan beton karena beton tahan terhadap api, sehingga beton akan menyimpan, dan menyerap panas akibatnya air yang terjebak dalam pori akan mengalami penguapan.

Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi seperti yang terjadi pada bencana



kebakaran ternyata menimbulkan gejala yang umum pada gedung yaitu permukaan struktur berwarna hitam atau hangus dan membawa dampak yang sangat signifikan terhadap kualitas/kekuatan struktur beton pada gedung tersebut. Umumnya kekuatan struktur dari beton mengalami penurunan dan hal tersebut menyebabkan kemampuan struktur tersebut tidak maksimal. Dari latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka masalah yang dapat diajukan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana hubungan antara penambahan variasi *silica fume* terhadap kuat tekan beton?
2. Sejauh mana pengaruh pembakaran terhadap kuat tekannya?
3. Apakah ada pengaruh penambahan *silica fume* dan pembakaran terhadap kuat tekannya?

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hubungan antara penambahan variasi *silica fume* terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh *silica fume* dan pembakaran terhadap kuat tekannya.
3. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton setelah pembakaran.

## LANDASAN TEORI

### 2.1. Bahan-Bahan Penyusun Beton

#### 2.1.1 Semen

Semen adalah suatu hasil produksi yang dibuat oleh pabrik semen. Pabrik semen memproduksi berbagai jenis semen dengan sifat serta karakteristik semen yang berbeda. Salah satu yang biasa digunakan adalah semen *portland*. Fungsi semen adalah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara, antara butir-butir agregat (Tjokrodimuljo, 1996).

Semen *portland* dibedakan menjadi lima jenis (Tjokrodimuljo, 1996) yaitu sebagai berikut:

- Jenis I : semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan perawatan khusus.

- Jenis II : semen untuk bahan tahan terhadap sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang
- Jenis III : semen untuk beton dengan kekuatan ringan.
- Jenis IV : semen yang memerlukan hidrasi rendah.
- Jenis V : semen untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

#### 2.1.2 Air

Air merupakan bahan bangunan, bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan beton bertulang. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dipadatkan. Dalam penggunaannya, air tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton bertulang (Tjokrodimuljo, 1996).

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1996) :

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

#### 2.1.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996). Jenis Agregat dibagi menjadi dua yaitu :

##### Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alami sebagai disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran terbesar 5 mm (SNI 03-2847-2002).

##### Agregat Kasar



Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm (SNI 03-2847-2002).

#### 2.1.4 Silica Fume (bahan tambahan)

Dalam *Guide for the Use of Silica fume in Concrete (ACI, 1997)*, *Fume Silica* atau *Silica Fume* merupakan hasil reduksi dari quartz murni dengan batu bara. Sebagian *silica fume* memiliki warna yang bervariasi dari warna terang sampai abu gelap, warna ini disebabkan oleh kandungan karbon yang tinggi sedangkan warna gelap disebabkan oleh kandungan mikrosilika itu sendiri, dan bila tercampur dengan air akan berwarna hitam. *Silica fume* terdiri dari partikel-partikel yang sangat halus dengan diameter sekitar 0,1 milimikron dan memiliki *specific surface area* sekitar 20000 m<sup>2</sup>/kg.

Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Penggunaan *silica fume* berkisar antara 3%-10% untuk memperbaiki karakteristik kekuatan dan keawetan beton ditambahkan *superplasticizer* ke dalam adukan beton. *Silica fume* merupakan material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon dan *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*). *Silica fume* merupakan bahan pengisi (*filler*) dalam beton yang mengandung kadar *silica* yang tinggi. Kandungan SiO<sub>2</sub> mencapai lebih dari 90%. Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi.

#### 2.1.5 Kurva Pemanasan

Temperatur rata-rata tungku pembakaran, harus dimonitor dan dikontrol sehingga mengikuti hubungan temperatur – waktu diberikan pada persamaan (2-1) berikut: (SNI 1741-2008).

$$T = 345 \log (8t + 1) + 20 \dots (2-1)$$

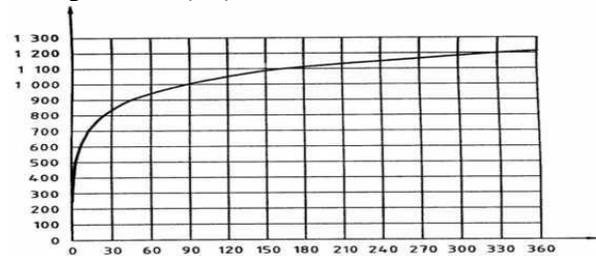
Dengan :

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>  
Open Journal Systems

T = temperatur tungku perapian rata-rata (°C)

t = waktu (menit)

Temperatur (°C)



Waktu (menit)

Gambar 2.1. Kurva waktu-temperatur standar(SNI 1741-2008)

#### Kuat tekan beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton.

Kuat tekan dinotasikan dengan *f'c*, yaitu tegangan tekan maksimum yang didapatkan melalui pengujian dalam tata cara standar, menggunakan mesin uji tekan (*compression testing machine*) yang memberikan beban bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu pada benda uji silinder sampai hancur (Dipohusodo,1994).

Tegangan tekan maksimum *f'c* diberikan persamaan (2-2) berikut:

$$f'c = P/A \dots (2-2)$$

dengan:

- f'c* = Kuat tekan (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

#### 2.3. Sifat Beton Pasca Bakar

Beton pada dasarnya tidak dirancang 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 itu, panas juga menyebabkan beton berubah warna. Bila beton dipanasi sampai suhunya 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 warna menjadi kuning. Dengan demikian, secara kasar dapat diperkirakan berapa suhu tertinggi selama kebakaran berlangsung berdasarkan warna permukaan beton pada pemeriksaan pertama (Tjokrodinuljo, 2000).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Al-Azhar Mataram dan Universitas Mataram.

### Persiapan Penelitian

#### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Agregat kasar, yaitu kerikil,
2. Agregat halus, yaitu pasir,
3. Semen, semen portland tipe I dengan merk Tiga Roda,
4. Air bersih dari jaringan air Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Mataram, dan
5. *Silica fume*.

### Peralatan Penelitian

- a. Timbangan untuk mengukur berat bahan dan benda uji.
- b. Oven untuk mengeringkan material uji.
- c. Ayakan/saringan untuk analisa gradasi agregat halus dan kasar.
- d. Piknometer untuk menguji berat jenis pasir.
- e. Kerucut terpancung untuk memeriksa keadaan kering muka jenuh pada pasir.
- f. Nampan pencuci untuk memeriksa kandungan lumpur.
- g. Bak air untuk merendam benda uji.

- h. Keranjang kawat untuk memeriksa berat jenis kerikil.

Kerucut abrams untuk mengukur *slump* beton.

Cetakan kubus berukuran 10 x 10 x 10 cm.

Alat pembakaran benda uji/*furnace*.

*Compression testing machine* untuk pengujian kuat tekan.

### Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan *mix design* berdasarkan metode perhitungan SNI 03-6468-2000 untuk beton mutu tinggi dengan bahan tambahan *silica fume*. Sedangkan untuk beton normal berdasarkan metode perhitungan SNI T-15-1990-03.

### Rancangan Benda Uji

Dalam penelitian ini dibuat benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm dengan dan tanpa penambahan *silica fume*. Untuk pengujian kuat tekan beton akibat pengaruh dari pemanasan/pembakaran dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variasi Campuran dan Jumlah Benda Uji Kubus

Benda Uji + variasi Campuran	Jumlah Benda Uji Sebelum dioven	Jumlah Benda Uji Setelah dioven	Total
BN 0%	2	2	4
BSF 2,5%	2	2	4
BSF 5%	2	2	4
BSF 7,5%	2	2	4
BSF 10%	2	2	4
TOTAL			20

Keterangan :

BN : Beton Normal

BSF : Beton + *silica fume* (persentase dari berat semen)

Keterangan : pembakaran benda uji pada suhu 800°C

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pemeriksaan Bahan

Dari hasil pemeriksaan bahan-bahan penyusun beton yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas



Teknik Universitas Islam Al-Azhar Mataram dan Universitas Mataram, diperoleh hasil pengujian bahan sebagai berikut:

### 1. Berat satuan agregat

Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus menunjukkan berat isi agregat lepas rata-rata 1,341 gr/cm<sup>3</sup> dan berat isi agregat padat dengan tusukan 1,520 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk berat isi agregat kasar, berat isi agregat lepas 1,363 gr/cm<sup>3</sup> dan berat isi agregat padat dengan tusukan 1,564 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua material ini termasuk dalam jenis agregat normal yang memiliki berat satuan antara 1,2 – 1,6 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pemeriksaan berat isi agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 1. Berat Satuan Agregat

No	Agregat	Berat isi agregat lepas gr/cm <sup>3</sup>	Berat isi agregat padat dengan tusukan gr/ m <sup>3</sup>
1	Halus	1,341	1,520
2	Kasar	1,363	1,564

### 2. Gradasi agregat halus dan kasar

Berdasarkan data yang diperoleh, klarifikasi gradasi agregat halus pada penelitian ini termasuk pada zone II yaitu pasir agak kasar dan didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) yaitu suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat sebesar 3,139. Hal ini menunjukkan pasir telah memenuhi persyaratan modulus kehalusan butiran sebesar 1,5 – 3,8 (SK-SNI S-04-1989-F).

Hasil pemeriksaan kerikil menunjukkan modulus kehalusan butiran sebesar 6,667 dengan diameter ukuran butiran maksimum yang digunakan 20 mm. Dengan nilai modulus halus butir sebesar 6,667 kerikil memenuhi persyaratan modulus kehalusan butiran 6-7,1 (SK SNI S-04-1989-F).

### 3. Pemeriksaan kadar lumpur

Dari hasil penelitian menunjukkan kadar lumpur pasir sebesar 2,860%. Dengan demikian pasir tersebut dapat dipakai sebagai bahan penyusun beton dan tidak perlu dilakukan pencucian karena kandungan lumpurnya masih

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>

Open Journal Systems

memenuhi standar yang disyaratkan yaitu kurang dari 5% (SK SNI S-04-1989-F).

### 4. Berat jenis agregat

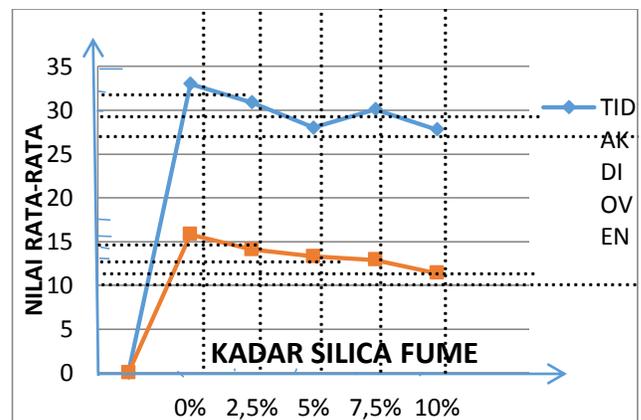
Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus (pasir) pada kondisi SSD (*saturated surface dry*) sebesar 2,534 dan berat jenis kering rata-rata 2,432. Sedangkan pada pemeriksaan berat jenis agregat kasar (kerikil) pada kondisi SSD (*saturated surface dry*) diperoleh sebesar 2,661 dan berat jenis dalam kondisi kering rata-rata sebesar 2,648. Hal ini menunjukkan bahwa pasir dan kerikil yang digunakan termasuk jenis agregat normal yang memiliki berat jenis antara 1,6-3,2 (SK SNI S-04-1989-F).

### Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan benda uji kubus 10 x 10 cm x 10 cm dilakukan setelah perawatan dan mencapai umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 2. Kuat Tekan Beton Kubus.

No	Kadar Silica Fume	Jumlah sampel	Kuat Tekan Beton sebelum dioven umur 28 hari (Mpa)	Kuat Tekan Beton setelah dioven umur 28 hari (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata Beton sebelum Dioven dan sesudah Dioven umur 28 hari (Mpa)		Persentase (%)
					Sebelum Dioven	Sesudah Dioven	
1	0%	1	30,3	18,3	33,0	15,8	52%
		2	35,7	13,3			
2	2,5%	1	30,3	14,9	30,9	14,1	54%
		2	31,5	13,3			
3	5%	1	29,5	14,9	28,0	13,3	53%
		2	26,6	11,6			
4	7,5%	1	28,6	14,5	30,1	13,9	57%
		2	31,5	11,2			
5	10%	1	27,4	9,5	27,8	11,4	59%
		2	28,2	13,3			



Grafik 1. Kuat Tekan Beton Kubus Dioven dan Tidak Dioven 10 x 10 x 10 cm



Kuat tekan beton normal dan beton+silica pada umur 28 hari sebelum dibakar berturut-turut adalah 33,0 MPa untuk kadar silica 0%, 30,9 MPa pada kadar silica 2,5% , 28,0 MPa pada kadar silica 5%, 7,5% adalah 30,1 Mpa dan pada silica fume 10% adalah 27,8 Mpa. Mutu beton setelah pembakaran pada temperatur 800°C kuat tekan beton+silica fume umur 28 hari berturut-turut sebesar 15,8 Mpa beton normal, pada kadar 2,5% yaitu 14,1 Mpa, pada kadar 5% yaitu 13,3 Mpa, dan 13,9 Mpa pada kadar silica fume 7,5% dan 11,4 Mpa pada kadar 10%.

Persentase penambahan silika fume menunjukkan bahwa pada penambahan silika fume 5% paling kecil dari 28,0 Mpa menjadi 13,3 Mpa yaitu penurunan kuat tekan sebesar 53%. Setelah ditambah silika fume terjadi penurunan masing-masing 7,5% adalah penurunan kuat tekan dari 30,1 Mpa menjadi 13,9 Mpa atau penurunan kuat tekan sebesar 57% dan penurunan kuat tekan dari kuat tekan 27,8 Mpa menjadi 11,4 Mpa atau terjadi penuruna sebesar 59% dengan silika fume 10%. Terjadi kenaikan pada penambahan silika fume dibawahnya yaitu pada penambahan silika fume 2,5% yaitu dari kuat tekan 30,9 Mpa menjadi 14,1 sebesar 54%.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penambahan silika fume 2,5% menunjukkan mutu beton tertinggi dan yang terendah pada penambahan silika fume 10% yaitu 27,8 Mpa, sama halnya setelah pembakaran tertinggi pada silika fume 2,5% yaitu 14,1 Mpa dan terendah 10% dengan mutu 11,4 Mpa.
2. Persentase penurunan kuat tekan setelah diadakan pembakaran terbesar terjadi pada penambahan silika fume dengan penambahan 10% yaitu dari kuat tekan 27,8 Mpa menjadi 11,4 Mpa atau terjadi penurunan kuat tekan sebesar 59,0%. Sedangkan paling rendah terjadi pada penambahan silika fume 5 % yaitu dari

28,0 Mpa menjadi 13,3 Mpa sebesar 53%.

3. Secara umum dari penelitian ini dengan pembakaran suhu sebesar 80<sup>0</sup> rata rata penurunan diatas 50%.

### Saran

Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa penambahan silika fume 2,5% terjadi penurunan kuat tekan dengan penambahan silika fume 5% dan naik lagi kuat tekannya pada penambahan silika fume 7,5%. Artinya penelitian selanjutnya disarankan mengambil penambahan silika fume berkisar 2,5 % sampai dengan 7,5% dan memperkecil range penambahan persentasenya. Jumlah benda uji diperbanyak lagi agar dapat menghasikan kuat tekan lebih signifikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACI., 1997., Guide for the Use of Silica Fume in Concrete.,
- [2] Dipohusodo, I., 1994, Struktur Beton Bertulang., PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [3] Mulyono, T., 2004, Teknologi Beton., Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [4] SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan. Dinas Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Jakarta.
- [5] SNI T-15-1990-03, Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal, Departemen Pekerjaan Umum, LPMB.
- [6] SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Standar Nasional Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Balitbang.
- [7] SNI 03-6468-2000, Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang. Standar Nasional Indonesia.
- [8] SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- [9] SNI 1741-2008, Cara Uji Ketahanan Api Komponen Struktur Bangunan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung, Standar



- 
- Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- [10] Tjokrodimuljo, 1996, Teknologi Beton., Penerbit Nafiri, Yogyakarta.
- [11] Tjokrodimuljo, 2000, Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar.



**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**