

## PEMULIHAN KEKUATAN TARIK BELAH BETON DENGAN VARIASI DURASI PERAWATAN PASCA BAKAR

**A.A. Gede Sutapa, I G.N. Oka Suputra, dan Karnata Mataram**

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar

**Abstrak:** Penelitian perendaman beton pasca bakar dalam air memberi harapan bahwa kekuatan beton pasca bakar dapat dipulihkan dengan cara sederhana dan murah. Berapapun usia beton yang mengalami kebakaran dapat dipulihkan kekuatannya dengan cara mengaktifkan kembali proses hidrasi semen dalam beton. Waktu yang diperlukan untuk dapat meningkatkan kembali kekuatan beton pasca bakar akan sangat tergantung pada durasi perendaman. Oleh karena itu menjadi hal yang sangat penting untuk mengetahui keterkaitan antara durasi perawatan dengan peningkatan kembali kekuatan beton pasca bakar. Kuat tarik belah beton pasca dibakar pada temperatur  $\pm 800^{\circ}\text{C}$  rata-rata sebesar 31,707 % atau mengalami penurunan sebesar 68,393%. Sedangkan kuat tarik belah beton pasca bakar setelah perendaman selama 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 64,808%, 67,908% dan 56,494% terhadap beton standar atau hanya terjadi penurunan sebesar 35,192%, 32,092% dan 43,506%. Perendaman selama 14 hari mampu memberikan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar secara optimum. Perendaman yang semakin lama cenderung mengakibatkan penurunan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar.

**Kata kunci :** durasi perendaman, pemulihan kuat tarik belah beton, beton pasca bakar.

## RECOVERY OF CONCRETE'S SPLITTING TENSILE STRENGTH WITH POST-FIRE TREATMENT DURATION VARIATION

**Abstract:** Research on the post-fire concrete immersed in the water expects that its strength can be recovered with a simple and inexpensive ways. By reactivating hydration process, the concrete's strength can be recovered regardless of the age of the post-fire concrete. The time needed to improve the post-fire concrete strength depends on the immersed time duration in the water. This research is carried out to determine the relationship between the immersed time duration in the water and the level of concrete strength recovery. The average of split tensile strength of concrete post-fire at a temperature of  $+800^{\circ}\text{C}$  is of 31.707% or it is decreased by 68,393%. The splitting tensile strength of post-fire concrete after being immerse in the water during 7, 14 and 28 days are of 64,808%, 67,908% and 56,494% of standard concrete respectively, or decreased by 35,192%, 32.092% and 43.506% respectively. Soaking for 14 days provides the level of recovery of splitting tensile strength of concrete post-fire at its optimum. Soaking longer tends to reduce the recovery rate of tensile strength of concrete post-fire.

**Keywords :** duration of immersion, the recovery of splitting tensile strength of concrete, concrete post-fire

### PENDAHULUAN

Beton walaupun termasuk material tahan api namun kebakaran pada temperatur

$800^{\circ}\text{C}$  mampu menurunkan kekuatan beton hingga 68,119% (Saba, 2007). Oleh karena itu upaya memperbaiki kualitas beton menjadi sebuah keharusan sebelum di-

fungsi kembali. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Oka, 2009), perendaman beton pasca bakar selama 28 hari, mampu memulihkan kuat tekan beton sebesar 60,735% dan kuat tarik belah sebesar 72,214% sehingga secara keseluruhan hanya terjadi penurunan kuat tekan beton sebesar 15,532% dan kuat tarik belah beton sebesar 25,119%, dari kondisi semula. Peningkatan kembali kekuatan beton secara drastis setelah perendaman diperkirakan disebabkan oleh adanya reaksi kembali butiran-butiran semen yang sebelumnya belum berjalan secara sempurna pada saat beton dibuat. Levi (2004) membuktikan bahwa berapapun umur beton selalu ada butir-butir semen yang belum bereaksi. Sisa semen yang belum bereaksi inilah yang bereaksi dengan air akibat perendaman. Kondisi ini memberi harapan bahwa berapapun usia beton yang mengalami kebakaran dapat dipulihkan kekuatannya dengan cara mengaktifkan kembali proses hidrasi semen dalam beton.

Pada proses perendaman terjadi reaksi antara air dan semen yang mengaktifkan kembali lekatan antara semen dan agregat. Reaksi tersebut memerlukan waktu sebagaimana halnya pada proses perawatan beton dimana peningkatan kekuatan naik begitu pesat selama awal dari masa pengerasan dan makin lama makin berkurang (Murdock, 1999). Dengan demikian maka waktu yang diperlukan untuk dapat meningkatkan kembali kekuatan beton pasca bakar akan sangat tergantung pada durasi perendaman. Oleh karena itu menjadi hal yang sangat penting untuk mengetahui keterkaitan antara durasi perendaman dengan peningkatan kembali kekuatan beton pasca bakar.

Kuat tarik belah merupakan salah satu sifat penting beton selain kuat tekan terutama untuk gedung pasca kebakaran. Menurunnya kekuatan tarik belah beton pasca bakar berpeluang munculnya retak-retak baru ketika dibebani kembali. Adanya retak baru berpotensi menyebabkan udara dan zat-zat agresif masuk sehingga berpengaruh pada umur pakai beton tersebut.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diteliti hubungan antara durasi perendaman dengan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar.

## MATERI DAN METODE

### Sifat-Sifat Beton Akibat Pengaruh Temperatur Tinggi

Pengaruh pemanasan sampai pada temperatur 200°C sebenarnya menguntungkan terhadap beton, karena akan menyebabkan penguapan dan penetrasi air ke dalam rongga-rongga beton lebih dalam, sehingga memperbaiki sifat lekatan antar partikel-partikel C-S-H. Penelitian oleh Rochman (2006) menunjukkan bahwa kuat tekan beton benda uji silinder maupun kuat lentur benda uji yang dipanaskan dalam tungku pada temperatur 200°C meningkat sekitar 10-15% dibandingkan dengan beton normal tanpa dipanaskan. Pada temperatur antara 400°C-600°C, penurunan kuat tekan dan kuat lentur dapat mencapai 50% dari kuat tekan sebelumnya. Penurunan ini disebabkan karena adanya proses dekomposisi unsur C-S-H yang terurai menjadi kapur bebas CaO serta SiO<sub>2</sub> yang tidak memiliki kekuatan sama sekali. Karena unsur C-S-H merupakan unsur utama yang menopang kekuatan beton, maka pengurangan C-S-H yang jumlahnya cukup banyak akan sangat mengurangi kekuatan beton. Jika suhu dinaikkan sampai mencapai 1000°C terjadi proses karbonisasi yaitu terbentuknya Calcium Carbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang berwarna keputih-putihan sehingga merubah warna permukaan beton menjadi lebih terang. Disamping itu pada temperatur ini terjadi penurunan drastis lekatan antara batuan dan pasta semen, yang ditandai oleh retak-retak dan kerapuhan beton (mudah dipecah dengan tangan).

### Waktu Pengikatan Reaksi Semen

Pencampuran air dengan semen Portland menimbulkan reaksi kimia yang dinamakan hidrasi yang menghasilkan pasta yang plastis dan terbentuk dalam kurun

waktu tertentu, dimana karakteristiknya tidak berubah. Kurun waktu dimana tidak terjadi perubahan karakteristik ini dikenal dengan *periode dorman*. Selang beberapa saat terjadi perubahan pada pasta plastis menjadi lebih kaku, walaupun masih lunak namun sudah mulai sukar dibentuk. Fase ketika terjadi perubahan ini disebut *initial set*, dimana waktu air mulai dicampurkan dengan initial set disebut waktu pengikatan awal (*initial setting time*). Fase ini berlanjut hingga kekakuannya menciptakan padatan yang utuh, dan bila ini tercapai disebut fase *final set*, dimana waktu yang diperlukan untuk terbentuknya padatan yang utuh disebut waktu pengikatan akhir (*final setting time*).

Menurut standar, waktu pengikatan awal yang diperlukan adalah 45 menit (*Vicat test*) dan 60 menit (*Gillmore*), sedangkan waktu pengikatan akhir adalah 8 jam (*Vicat test*) dan 10 jam (*Gillmore*).

Dalam kenyataan di lapangan, waktu setting ini sangat banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yaitu temperatur lapangan dan angin dapat mempercepat waktu pengikatan. Selain itu, kondisi agregat juga memegang peranan penting terhadap waktu pengikatan ini, dimana agregat yang kering dan panas dapat juga mempercepat waktu pengikatan. (Sjafei Amri, 2005).

### **Hubungan Kenaikan Kekuatan dengan Umur Beton**

Kecepatan penambahan kekuatan dari semen dan beton, telah dibuat dan tampaknya hal ini tergantung dari senyawa-senyawa yang ada. Kekuatan naik dengan pesat selama awal dari masa pengerasan dan makin lama makin berkurang. Pada awal dari hidrasi hanya berlangsung reaksi kimia pada sebelah luar partikel semen. Dan bilamana sepotong beton diperiksa dibawah mikroskop, tampak masih adanya partikel yang belum mengalami hidrasi dalam pasta yang mengeras. Partikel yang belum mengalami hidrasi ini terus menyerap air dari udara meskipun air pencampur telah kering. Proses kimia yang berkelan-

jutan ini secara berangsur-angsur meningkatkan kekuatan dan kepadatan beton, sebuah proses yang berkelanjutan sampai beberapa tahun. Adanya partikel semen yang belum mengalami hidrasi inilah menjadi sebab timbulnya gejala penutupan retak oleh beton sendiri.

### **Perawatan Beton**

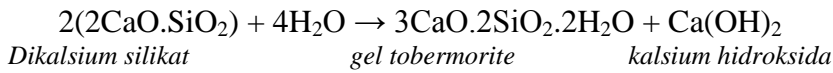
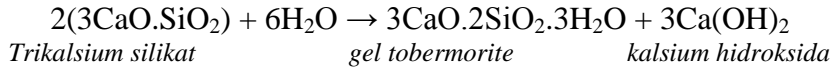
Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air yang tersedia pada jumlah yang memadai untuk hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia tersebut. Penguapan dapat menyebabkan terhentinya proses hidrasi dan penyusutan kering yang terlalalu cepat, sehingga berakibat berkurangnya pengikatan kekuatan dan timbulnya tegangan tarik yang mungkin menyebabkan retak. Selain penguapan perbedaan suhu yang besar baik dalam betonya sendiri maupun dalam hubungannya dengan keadaan sekelilingnya juga sangat berpengaruh terhadap proses pengikatan kekuatan beton.

Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton juga lebih tahan aus karena lalulintas dan lebih kedap air. Oleh karena itu perlu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus dalam keadaan basah selama perioda beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan beberapa pelindung selimut yang sesuai maupun membasahinya secara berulang-ulang.

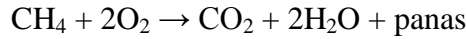
### **Perubahan Sifat Beton Pasca Dibakar**

Mekanisme perubahan sifat beton pasca dibakar akan dijelaskan sebagai berikut:

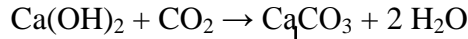
Reaksi hidrasi beton



Reaksi pembakaran



Reaksi karbonisasi pada saat pembakaran beton



↓  
Kalsium karbonat

Dengan terjadinya reaksi karbonisasi atau *neutralization*, pH beton yang sebelumnya berkisar 12,5 akan turun menjadi lebih kecil dari 9. beton menjadi seperti dinetralkan. Berdasarkan uraian reaksi karbonisasi di atas, dapat dikatakan bahwa pengaruh pembakaran terhadap perubahan karakteristik beton hanya sedalam lapisan beton yang mampu ditembus oleh gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sehingga hanya sedalam itulah terjadi reaksi karbonisasi yang mengubah pH beton menjadi lebih kecil dari 9.

**Gambaran Umum Recovery**

Pembakaran beton dengan suhu 500°C – 700°C selain akan mengalami kerusakan dan penurunan kekuatan, beton tersebut juga akan berubah menjadi semen kembali. Ketika beton terbakar dengan suhu 300°C air dari pori-pori beton akan menguap. Pada temperature 450°C hingga 550°C senyawa Ca (OH)<sub>2</sub> terurai menjadi CaO dan H<sub>2</sub>O. Saat temperatur mencapai 600°C – 700°C senyawa CSH akan terurai menjadi butiran semen dengan kata lain beton kembali ke bentuk awal sebagai semen. Levi (2004) secara mikroskopis membuktikan adanya butiran semen dan retakan-retakan didalam beton. Berapa pun umur beton didalamnya tetap terdapat butiran semen yang belum bereaksi. Hal inilah yang memungkinkan dilakukan pemulihan beton dengan menyiramnya dengan air. *Treatment* penyiraman air pada proses pemulihan kekuatan beton terbakar bertujuan agar air meresap ke

dalam beton dan bereaksi dengan senyawa C<sub>2</sub>S pada semen akibat beton terbakar. Hasil dari reaksi ini adalah CSH dan Ca(OH)<sub>2</sub>.

Secara umum tingkat pemulihan kekuatan beton pasca bakar dengan perendaman berhubungan dengan mutu beton yaitu dengan melihat perbandingan air dan semennya. Semakin kecil kadar air berarti jumlah semen yang belum bereaksi semakin banyak sehingga tingkat pemulihan beton akan semakin tinggi dan cepat. Selain itu semakin lama beton terbakar berarti panas yang diterima beton akan semakin tinggi. Akibatnya proses pemulihan yang harus dilakukan semakin lama dan tingkat pemulihan beton justru tidak terlalu tinggi (Partowiyatmo, 2005).

Fenomena kembalinya *strength* setelah *post-fire-recurring* dilaporkan pertama kali oleh Crook (1970), yang melakukan pembakaran blok-blok beton pada suhu 620°C. Kekuatan beton mengalami penurunan oleh karena suhu yang tinggi, tetapi ketika blok-blok beton dibasahi dalam air untuk waktu yang singkat maka kekuatan yang sebenarnya dapat kembali. Disimpulkan bahwa blok *capillaries* awal oleh gel C-S-H dibuka dalam proses pembakaran / pemanasan dan diisi oleh hasil rehidrasi yang lebih kecil yang dihasilkan oleh proses karbonasi dalam keadaan basah. Proses *rehydration* ini mengurangi tingkat porositas atau daya serap dari beton dan berakibatkan pada kembalinya kekuatan beton.

## Rancangan kegiatan

### Benda Uji

Dalam penelitian ini dipergunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji dikelompokkan dalam 4 (empat) perlakuan antara lain beton standar, beton pasca bakar, beton pasca bakar direndam 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dan setiap ulangan dibuat tiga benda uji, sehingga jumlah keseluruhan benda uji adalah 45 buah.

**Tabel 1.** Rancangan jumlah benda uji untuk pengujian kuat tarik belah

Ulangan	Perlakuan					Jumlah
	I	II	III	IV	V	
1	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
3	3	3	3	3	3	15
Total	9	9	9	9	9	45

Keterangan :

Perlakuan I : Beton Standar.

Perlakuan II : Beton pasca bakar (tanpa perendaman).

Perlakuan III : Beton pasca bakar dengan perendaman selama 7 hari.

Perlakuan IV : Beton pasca bakar dengan perendaman selama 14 hari.

Perlakuan V : Beton pasca bakar dengan perendaman selama 28 hari.

### Pembakaran Beton.

Pembakaran benda uji dilakukan dengan menggunakan tungku pembakaran keramik BPPT. Pembakaran dilakukan pada suhu ruangan (27°C), suhu yang ditargetkan adalah 800°C yang direncanakan tercapai pada menit ke-180 (3 jam) kemudian dipertahankan selama 20 menit sehingga proses pembakaran berlangsung selama 200 menit. Setelah itu proses pembakaran dihentikan dan didiamkan agar mencapai suhu ruangan. Pencatatan suhu menggunakan Pyrometer digital dan

pengaturan temperatur menggunakan regulator tekanan gas.

### Pengujian Benda Uji

Uji tarik belah terhadap beton standar, beton pasca bakar tanpa perendaman dan beton pasca bakar dengan perendaman selama 7, 14 dan 28 hari dilakukan bersamaan pada umur 56 hari. Penurunan dan pemulihan kuat tarik belah beton dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Penurunan} = \frac{BS - BPB}{BS} \times 100\%$$

$$\text{Pemulihan} = \frac{BDP - BPB}{BS - BPB} \times 100\%$$

Dimana :

BDP = Beton Pasca Bakar Dengan Perendaman

BPB = Beton Pasca Bakar

BS = Beton Standar

## HASIL DAN PEMBAHASAN

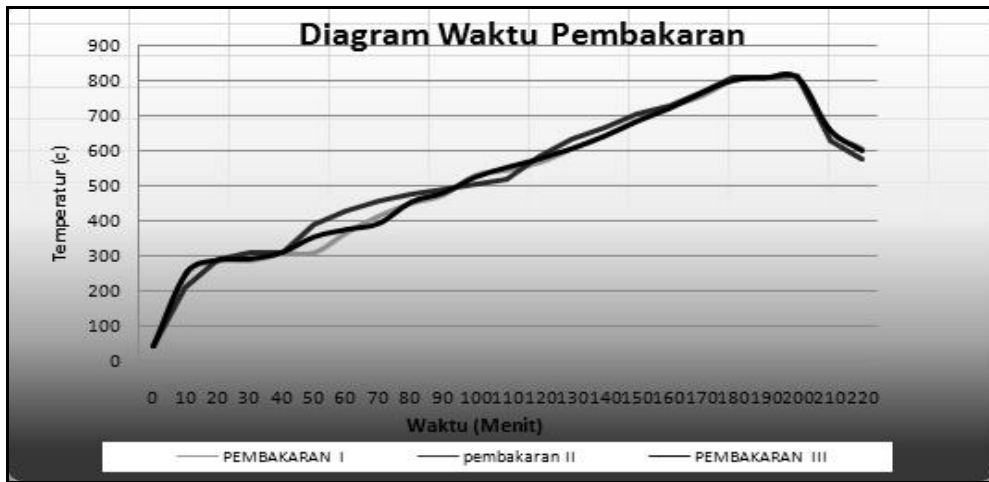
### Pembakaran Beton

Hasil pengamatan terhadap temperatur pembakaran diplot dalam suatu sistem diagram garis seperti terlihat pada Gambar 1.

### Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2, yang menunjukkan bahwa kuat tarik belah rata-rata beton standar sebesar 3.357 MPa dan beton pasca bakar (tanpa perendaman) sebesar 1.061 MPa. Sedangkan kuat tarik belah beton pasca bakar yang direndam selama 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 2.170 MPa, 2.277 MPa, 1.895 MPa.

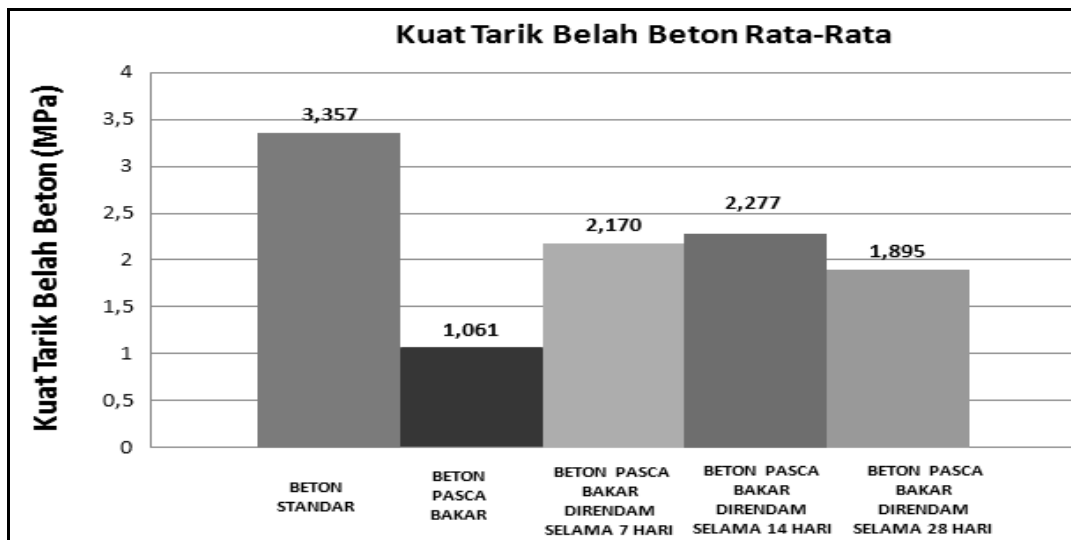
Selanjutnya, Tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa beton yang terbakar pada temperatur 800°C yang dicapai dalam waktu 180 menit mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 2.296 MPa atau 68.393 % terhadap kondisi semula.



Gambar 1. Hubungan antara waktu dan temperatur tungku pembakaran

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tarik belah beton

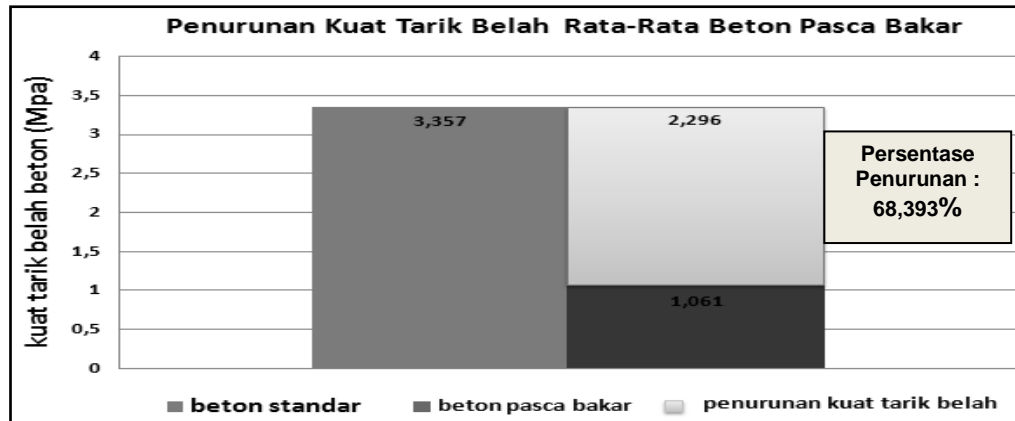
Ulangan	Kuat Tarik Belah Beton (MPa)				
	Beton Standar	Tanpa Perendaman	Beton Pasca Bakar Dengan Perendaman		
			7 hari	14 hari	28 hari
1	3.114	1.132	2.264	2.193	1.981
	3.680	1.273	2.122	2.236	2.051
	3.255	1.203	2.194	2.264	1.981
	3.537	0.919	2.264	2.335	1.945
2	3.680	0.991	2.193	2.476	2.122
	3.607	0.962	2.122	2.406	1.768
	3.114	1.026	2.264	2.193	1.698
3	3.114	0.919	2.122	2.264	1.768
	3.114	1.132	1.981	2.122	1.741
	3.114	1.132	1.981	2.122	1.741
<b>Rata-rata</b>	<b>3.357</b>	<b>1.061</b>	<b>2.170</b>	<b>2.277</b>	<b>1.895</b>



Gambar 2. Kuat tarik belah beton rata-rata

**Tabel 3.** Persentase penurunan kuat tarik belah rata-rata beton pasca bakar

Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata (MPa)			Penurunan Kuat Tarik Belah (%)
Beton Standar	Beton Pasca Bakar (Tanpa Perendaman)	Penurunan	
a	b	c = a-b	c/a * 100%
3.357	1.061	2.296	68.393



**Gambar 3.** Penurunan kuat tarik belah rata-rata beton pasca bakar

**Pemulihan Kuat Tarik Belah Beton Pasca Bakar setelah Perendaman**

Selama perendaman air meresap ke dalam beton, dan mengaktifkan kembali lekatan antara semen dengan agregat kasar sehingga mampu memulihkan kuat tarik belah beton pasca bakar. Gambar 4 menunjukkan perbedaan pola pecah beton standar, beton pasca bakar dan beton pasca bakar dengan perendaman. Pada beton standar pola pecah sebagian besar terjadi pada agregat. Temperatur tinggi menyebabkan turunnya kekuatan lekat antara spesi dengan agregat. Penurunan lekatan agre-

gat disebabkan adanya penguapan air dan terurainya semen menjadi butiran sehingga pola pecah pada beton pasca bakar cenderung terjadi pada bagian pasta. Namun untuk beton pasca bakar dengan perendaman menunjukkan pola pecah sebagian besar kembali terjadi pada agregat. Hal tersebut membuktikan bahwa terjadinya reaksi kembali antara air dengan semen pada saat perendaman yang mengaktifkan kembali lekatan antara pasta dan agregat sehingga lekatan pada agregat semakin kuat.



**Gambar 4.** Pola pecah beton

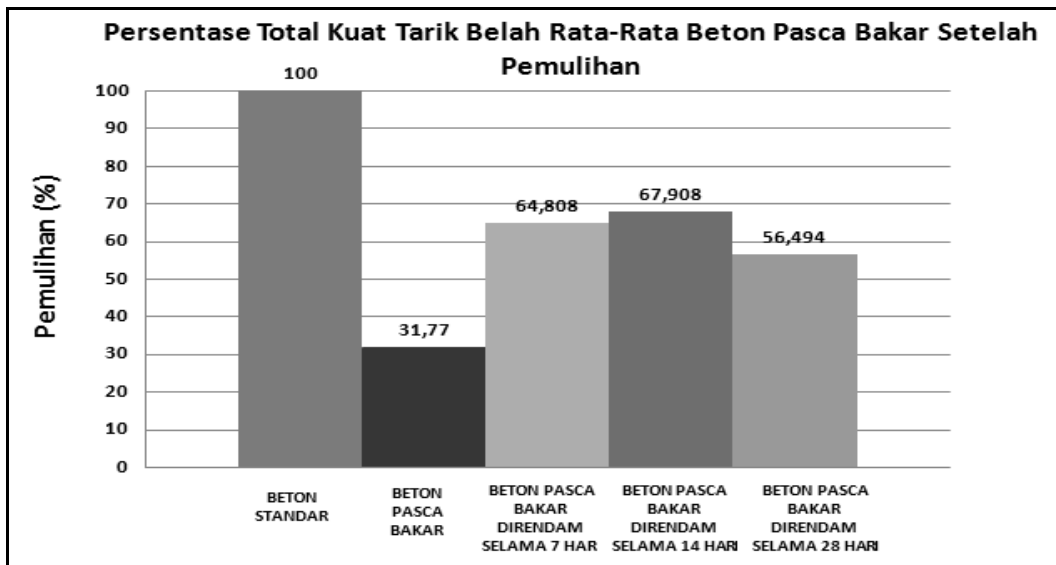
**Tabel 4.** Kuat tarik belah rata-rata beton pasca bakar setelah perendaman

Standar	MPa			%		
	Direndam 7 Hari	Direndam 14 Hari	Direndam 28 Hari	Direndam 7 Hari	Direndam 14 Hari	Direndam 28 Hari
A	b	c	d	$\frac{b}{a} \times 100\%$	$\frac{c}{a} \times 100\%$	$\frac{d}{a} \times 100\%$
3,357	2,17	2,277	1,895	64,808	67,908	56,494

Tabel 4 dan Gambar 5 menunjukkan kuat tarik belah beton pasca bakar setelah dilakukan perendaman selama 7, 14 dan 28 hari masing-masing sebesar 64.808%, 67.908% dan 56.494% atau secara keseluruhan terjadi penurunan masing-masing sebesar 35.192%, 32,092% dan 43,506% terhadap beton standar. Pemulihan beton pasca ba-kar dengan perendaman tidak mampu memberikan tingkat pemulihan yang mencapai kekuatan awal dari beton standar.

**Korelasi Antara Durasi Perendaman Dengan Tingkat Pemulihan Kuat Tarik Belah Beton Pasaca Bakar**

Korelasi antara durasi perendaman dengan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar dapat dilihat dari nilai rata-rata tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar seperti ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 6.

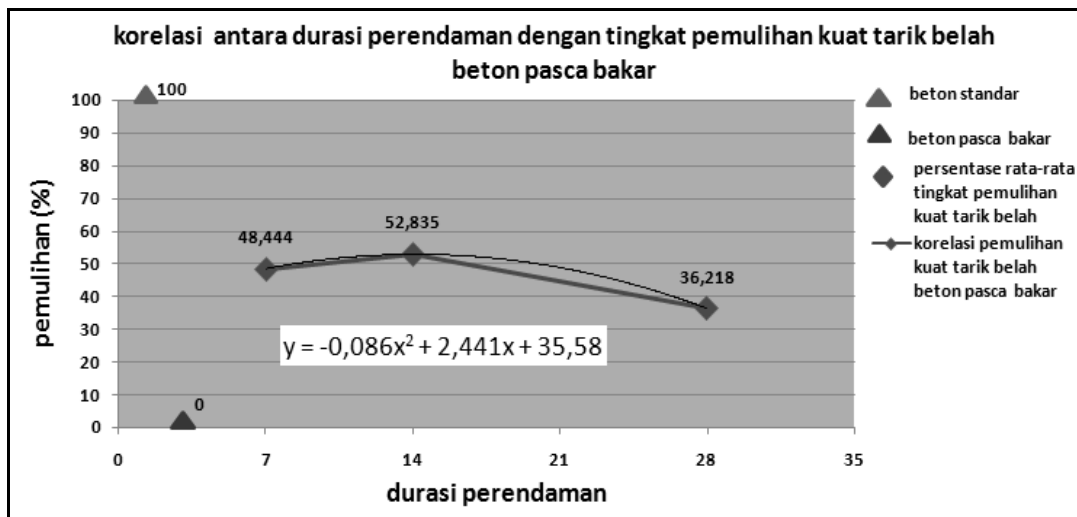


**Gambar 5.** Persentase kuat tarik belah rata-rata beton pasca bakar setelah perendaman

**Tabel 5.** Pemulihan rata-rata kuat tarik belah beton pasca bakar

Pemulihan rata-rata kuat tarik belah beton pasca bakar					
Perendaman 7 hari		Perendaman 14 hari		Perendaman 28 hari	
MPa	%	MPa	%	MPa	%
1,109	48,444	1,216	52,835	0,834	36,218





**Gambar 6.** Korelasi antara durasi perendaman dengan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa tingkat pemulihan optimum beton pasca bakar terjadi pada perendaman selama 14 hari kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur perendaman. Korelasi antara durasi perendaman dengan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar dinyatakan dalam persamaan :

$$Y = -0,086 X^2 + 2,441X + 35,58$$

dengan:

Y = Korelasi antara durasi perendaman

X = Durasi perendaman

### Pembahasan

Kuat tarik belah maupun kuat tekan merupakan suatu komponen struktur yang saling berhubungan. Jika terjadi penurunan maupun peningkatan pada kuat tekan tentunya diikuti oleh penurunan maupun peningkatan kuat tarik belah beton. Penurunan kekuatan beton pasca bakar disebabkan ketika temperatur mencapai diatas 250° terjadi perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semen dimana dekomposisi unsur C-S-H terurai menjadi kapur bebas CaO serta SiO<sub>2</sub> yang tidak memiliki kekuatan sama sekali. Karena unsur C-S-H merupakan unsur utama yang menopang kekuatan beton, maka pengurangan C-S-H yang jumlahnya cukup

banyak akan sangat mengurangi kekuatan beton. Penurunan dapat juga disebabkan perbedaan perubahan volume antara bagian luar beton yang panas dan bagian dalam beton yang masih dingin. Terhambatnya uap air yang mengalir melalui pori ke dalam daerah yang lebih dingin pada saat terjadinya peningkatan temperatur secara cepat, diikuti hambatan air disebelah dalam pori rapat dan uap air jenuh akan berpotensi menimbulkan ledakan (Irzal, 2005). Menurut Jayadi (2009) penurunan kuat tarik belah beton pasca bakar diakibatkan oleh adanya perbedaan angka muai dan perbedaan sifat pemuai antara agregat dan spesi. Seiring peningkatan temperatur agregat akan mengembang sedangkan spesi menyusut. Kondisi ini menyebabkan kerusakan lekatan antara agregat yang akhirnya menurunkan kekuatan beton.

*Treatment* penyiraman air pada proses pemulihan kekuatan beton terbakar bertujuan agar air meresap ke dalam beton dan bereaksi dengan senyawa C<sub>2</sub>S pada semen akibat beton terbakar. Hasil dari reaksi ini adalah CSH dan Ca(OH)<sub>2</sub>. Fenomena kembalinya *strength* setelah *post-fire-re-curing* dilaporkan oleh Crook (1970), yang melakukan pembakaran blok-blok beton pada suhu 620°C. Kekuatan beton mengalami penurunan oleh karena suhu yang tinggi, tetapi ketika blok-blok beton

dibasahi dalam air untuk waktu yang singkat maka kekuatan yang sebenarnya dapat kembali. Disimpulkan bahwa blok *capillaries* awal oleh gel *C-S-H* dibuka dalam proses pembakaran / pemanasan dan diisi oleh hasil rehidrasi yang lebih kecil yang dihasilkan oleh proses karbonasi dalam keadaan basah. Proses *rehydration* ini mengurangi tingkat porositas atau daya serap dari beton dan berakibat pada kembalinya kekuatan beton.

Menurut penelitian Poon, et al. (2001) yang meneliti tentang pengaruh lamanya waktu perawatan untuk mendapatkan kuat tekan dan *durability* beton akibat kerusakan karena terbakar pada temperatur berkisar hingga 600°C dan 800°C menyatakan bahwa semakin lama perendaman, tingkat pemulihan kuat tekan dan kuat tarik belah beton pasca bakar cenderung mengalami penurunan. Pengisian oleh kapilari selama periode pemulihan beton pasca bakar sangat mempengaruhi peningkatan kekuatan.

Perbedaan hasil tingkat pemulihan beton pasca bakar dengan metode perendaman maupun perawatan dengan udara sangat tergantung pada durasi dari proses perawatan, temperatur pembakaran dan mutu beton yaitu dengan melihat perbandingan air dan semennya. Semakin kecil kadar air berarti jumlah semen yang belum bereaksi semakin banyak sehingga tingkat pemulihan beton akan semakin tinggi dan cepat. Selain itu semakin lama beton terbakar berarti panas yang diterima beton akan semakin tinggi. Akibatnya proses pemulihan yang harus dilakukan semakin lama dan tingkat pemulihan beton justru tidak terlalu tinggi (Partowiyatmo, 2005).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari penelitian perendaman beton pasca bakar dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Beton pasca dibakar dengan temperatur 800°C yang dicapai dalam waktu

180 menit dapat mengalami penurunan tarik belah rata-rata sebesar 68.393%.

- Kuat tarik belah beton pasca bakar setelah direndaman selama 7, 14 dan 28 hari 64.808%, 67.908% dan 56.494% atau hanya terjadi penurunan masing-masing sebesar 35.192%, 32,092% dan 43,506% terhadap beton standar.
- Perendaman selama 14 hari mampu memberikan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar secara optimum. Perendaman yang semakin lama cenderung mengakibatkan penurunan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar.

### Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

- Perlu dilakukan penelitian pengaruh mutu beton dengan tingkat pemulihan kekuatan beton pasca bakar .
- Perlu adanya penelitian secara kimia terhadap pengaruh tingkat pemulihan beton pasca bakar

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03-1740-1989, *Cara Uji Bakar Bahan Bangunan Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung*, Website: <http://www.Google.com>.
- Crook. 1970. *Fenomena Kembalinya Kekuatan Setelah Pembakaran Beton*. Website : <http://www.google.com>
- Irzal, A. 2005. *Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Dan Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton*. Website : <http://www.google.com>
- Levi, 2008. *Alternatif perbaikan beton pasca pembakaran*. Website : <http://www.Untarconstruction.com>
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi Yogyakarta, Jakarta.

- Murdock, L.J. 1999. *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat*,. Penerbit Erlangga, Ciracas, Jakarta.
- Oka, H. 2009. *Pengaruh Perendaman terhadap Pemulihan Kekuatan Tekan Beton Pasca Pembakaran*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Poon, Chi-Shun. 2001. *Strength and Durability Recovery of Fire Damaged Concrete After Post Fire Curing*. Website : <http://www.sciencedirect.com>
- Rochman, A. 2006. Gedung Pasca Bakar Estimasi Kekuatan Sisa dan Teknologi Perbaikannya. *Dinamika Teknik Sipil*.
- Saba, A. 2007. *Pengaruh Variasi Temperatur Tinggi Terhadap Kuat Tekan Beton*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Samekto, W dan Rahmadiyanto, C. 2005. *Teknologi Beton Edisi Kelima*, Kanesus, Deresan Yogyakarta.
- Sjafei, A. 2005. Perbandingan Waktu Pengikatan dan Permeabilitas Beton dengan Semen-Portland Tipe-I dari Tiga Pabrik Semen di Indonesia. *Beton*. Website: <http://www.google.com>
- Sukarmi, Y. A. 2008. *Pengaruh Temperatur Tinggi terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Agregat Kasar Batu Kapur Kristalin*. Tugas Akhir, Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar.