

KAJIAN KUAT TEKAN BETON PASCA BAKAR DENGAN DAN TANPA PERENDAMAN BERDASARKAN VARIASI MUTU BETON

Remigildus Cornelis¹(remy_cor@yahoo.com)
Dosen pada Jurusan Teknik Sipil FST Undana

Elia Hunggurami² (eliahunggurami@yahoo.com)
Dosen pada Jurusan Teknik Sipil FST Undana

Nini Yunita Tokang³ (niniyunitatokang@gmail.com)
Penamat dari Jurusan Teknik Sipil FST Undana

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan terhadap mutu beton 15 MPa, 20 MPa, 22 MPa dan 25 MPa dengan sampel berupa kubus 15 cm × 15 cm × 15 cm. Jumlah sampel penelitian pada masing-masing mutu beton sebanyak 9 buah sehingga total keseluruhan sampel penelitian sebanyak 36 buah. Pembakaran dilakukan pada suhu 400°C dan lamanya pembakaran selama 3 jam. Perendaman beton pasca bakar dilakukan selama 14 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan variasi mutu beton (15 MPa, 20 MPa, 22 MPa, dan 25 MPa) didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada perlakuan standar menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,00 MPa, 26,67 MPa, 28,44 MPa dan 29,48 MPa. Pada perlakuan beton pasca bakar dengan perendaman menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,41 MPa, 22,37 MPa, 24,15 MPa dan 25,85 MPa. Sedangkan pada perlakuan beton pasca bakar tanpa perendaman menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 24,89 MPa, 25,78 MPa, 28,67 MPa dan 30,52 MPa. Penurunan kekuatan beton pasca bakar tanpa perendaman pada mutu beton 15 MPa dan 20 MPa sebesar 4,274% dan 3,333% dan peningkatan pada mutu beton 22 MPa dan 25 MPa sebesar 0,781% dan 3,518%. Penurunan kekuatan beton pasca bakar dengan perendaman sebesar 25,356%, 16,111%, 15,104% dan 12,312%.

Kata Kunci : Kuat tekan, mutu beton, pasca bakar, perendaman

ABSTRACT

The research was conducted on the quality of concrete 15 MPa, 20 MPa, 22 MPa and 25 MPa with a sample cube of 15 cm × 15 cm × 15 cm. The number of research samples on each of the quality of concrete as much as 9 pieces so that the total sample as many as 36 pieces. Combustion performed at a temperature of 400°C and duration of burning for 3 hours. Soaking concrete post-burn conducted for 14 days. The results of this study showed that based on variations of quality concrete (15 MPa, 20 MPa, 22 MPa and 25 MPa) compressive strength values obtained on the average standard treatment has resulted in an average compressive strength of 26,00 MPa, 26,67 MPa, 28,44 MPa and 29,48 MPa. In treatment of post-burn concrete with soaking produces an average compressive strength of 19,41 MPa, 22,37 MPa, 24,15 MPa and 25,85 MPa. While the treatment of post-burn concrete without soaking produce an average compressive strength of 24,89 MPa, 25,78 MPa, 28,67 MPa and 30,52 MPa. decreased strength of concrete post-burn without soaking at the quality of concrete 15 MPa and 20 MPa at 4,274% and 3,333% and an increased at the quality of concrete 22 MPa and 25 MPa at 0,781% and 3,518%. Decreased strength of concrete post-burn with soaking at 25,356%, 16,111%, 15,104% and 12,312%.

Keywords : Compressive strength, quality of concrete, post-burn, soaking

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan berpengaruh terhadap elemen-elemen struktur beton. Pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang akan menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks. Hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat beberapa penelitian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan beton yang didapat setelah terjadi kebakaran. Pada penelitian yang dilakukan oleh Daga, 2002 tentang studi eksperimen kekuatan beton yang mengalami kebakaran didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 2 jam pada suhu 300°C sebesar 1,082 MPa (4,74%) dan terjadi penurunan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 5 jam pada suhu 500°C sebesar 3,563 MPa (15,60%). Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Sutapa, et.al, 2011 tentang pemulihan kuat tarik belah beton dengan variasi durasi perawatan pasca bakar didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada suhu pembakaran 800°C selama 200 menit, beton mengalami penurunan kekuatan tarik belah beton sebesar 2,296 MPa (68,393%) terhadap kondisi semula. Akan tetapi pada saat beton pasca bakar direndam dengan variasi durasi perendaman 7, 14 dan 28 hari terlihat bahwa selama perendaman 14 hari, mampu memberikan tingkat pemulihan kuat tarik belah beton pasca bakar secara optimum sebesar 67,908% terhadap beton standar atau hanya terjadi penurunan sebesar 32,092%. Perendaman yang semakin lama cenderung mengakibatkan penurunan tingkat pemulihan kuat tekan dan kuat tarik belah beton pasca bakar. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Daga, 2002 ini, terlihat bahwa apabila beton dibakar pada suhu $\leq 300^{\circ}\text{C}$, kekuatan beton dapat mengalami peningkatan tanpa dilakukannya perendaman untuk memulihkan kekuatan beton tersebut. Akan tetapi, beton yang dibakar pada suhu $\geq 300^{\circ}\text{C}$ mengalami penurunan kekuatan beton. Sedangkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sutapa, et.al, 2011 menunjukkan bahwa apabila beton dibakar pada suhu $\geq 300^{\circ}\text{C}$ dengan rendaman juga dapat mengalami penurunan kekuatan. Namun pada saat beton direndam, setidaknya kekuatan beton mengalami penurunan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton pasca bakar yang tidak direndam. Selain itu juga, pada ke-2 penelitian tersebut, hanya dilakukan pada satu jenis mutu beton saja. Menurut Nugraha, 2007, pada suhu 400°C pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu. Hal ini menjadi menarik untuk melakukan penelitian kuat tekan beton pasca bakar pada suhu 400°C untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang didapat setelah melakukan perlakuan standar, perlakuan beton pasca bakar dengan dan tanpa perendaman terhadap beberapa variasi mutu beton.

MATERI

Penelitian Terdahulu

Berbagai informasi dari penelitian sebelumnya akan dipakai sebagai dasar pada penelitian ini agar penelitian ini tidak keluar dan lebih terarah pada inti permasalahan. Berbagai penelitian tersebut antara lain :

Studi Eksperimen Kekuatan Beton yang Mengalami Kebakaran

Dari hasil penelitian (Daga, 2002) didapatkan data kuat tekan rata-rata sebagai berikut : untuk beton normal (umur 28 hari) didapat hasil rata-rata kuat tekan $f'_{cr} = 22,837$ MPa; untuk beton yang dibakar 2 jam (300°C) $f'_{cr} = 23,919$ MPa; untuk beton yang dibakar 5 jam (500°C) $f'_{cr} = 19,274$ MPa; dan untuk beton yang dibakar 10 jam (900°C) $f'_{cr} = 17,200$ MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 2 jam sebesar 1,082 MPa (4,74%) dan penurunan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 5 jam sebesar 3,563 MPa (15,60%) serta penurunan kekuatan tekan beton yang dibakar selama 10 jam sebesar 5,637 MPa (24,68%).

Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton

Hasil penelitian (Ahmad, et.al, 2009) menunjukkan bahwa kuat tekan beton rata-rata menurun dengan adanya kenaikan temperatur. Beton yang telah dipanasi pada temperatur 200°C , 400°C dan 600°C , kuat tekan rata-ratanya berturut-turut sebesar 85,83%, 58,40% dan 35,08% dari beton normal. Model regresi yang dihasilkan jika berbentuk regresi linier, persamaannya adalah $y = -0,2802x + 248,79$ dengan nilai $R^2 = 0,8539$. Sedangkan model regresi berbentuk regresi polinomial derajat 2 persamaannya adalah $y = 10^{-4}x^2 - 0,3402x + 255,65$ dengan nilai $R^2 = 0,8576$.

Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi

Hasil penelitian (Bayuasri, et.al, 2006) ini menunjukkan bahwa kekuatan perilaku elastisitas beton dan modulus beton setelah dibakar adalah sama, yaitu menurun. Tingkat degradasi dipengaruhi oleh suhu tercapai dan durasi. Semakin lama durasi dan semakin tinggi temperatur maka kekuatan sisa cenderung lebih kecil. Sebagai contoh, beton yang dibakar pada suhu 300°C selama 3 jam, kekuatan sisa beton $\pm 71,8\%$, dan untuk durasi 9 jam menjadi $\pm 60,04\%$. Perubahan kekuatan beton dan modulus elastisitas beton untuk berbagai mutu beton berbeda meskipun mereka dibakar pada suhu dan durasi yang sama. Misalnya pada suhu 600°C selama durasi 5 jam, kekuatan beton K225 kekuatannya $\pm 36,40\%$, sedangkan K350 kekuatannya $\pm 24,46\%$.

Pemulihan Kekuatan Tarik Belah Beton Dengan Variasi Durasi Perawatan Pasca Bakar

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutapa, et.al, 2011 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 $+800^{\circ}\text{C}$ rata-rata sebesar 31,707% atau mengalami penurunan sebesar 68,393% dari beton normal/standar. 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.

Beton

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. 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*).

Ketahanan Beton Terhadap Kebakaran

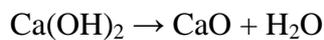
Kebakaran adalah sebuah proses kimia, yaitu oksidasi dari suatu material organik. Material organik adalah material yang mengandung unsur karbon pada susunan molekulnya. Oksidasi dari material organik ini akan menghasilkan unsur karbon, hidrogen, belerang serta cahaya dan panas. Peningkatan temperatur pada saat terjadi kebakaran menyebabkan perubahan pada sifat material dari sebuah elemen struktur.

Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Beton

Menurut Nugraha, 2007 Pengaruh temperatur tinggi terhadap beton dapat mengakibatkan perubahan, antara lain :

Pada suhu 100°C: air kapiler menguap. Pada suhu 200°C: air yang terserap dalam agregat menguap. Penguapan menyebabkan penyusutan pasta.

Pada suhu 400°C: pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu.



Agregat berubah pada temperatur tinggi tergantung pada struktur dan komposisi mineralnya. Bila semen ditambah *pozzolan*, yakni sejenis refraksi tanah yang istimewa, maka kehilangan kekuatan tekan pada suhu tinggi bisa dihindari. (Majalah Ilmiah UNUD yang dikutip oleh Daga, 2002). Pada suhu tinggi *pozzolan* juga bereaksi dan mengikat hidrasi yang terjadi, sehingga tidak hilang dan akan membentuk peningkatan kekuatan tekan pada temperatur tinggi. Apabila semen alumina dipakai sebagai pengganti Portland semen maka kalsium hidroksida tidak akan terjadi pada proses pengerasan beton dan beton yang terjadi jauh akan lebih tahan panas.

Dampak Kebakaran Pada Struktur Bangunan

Ciri-ciri struktur yang terjadi pada beton karena pengaruh temperatur yang tinggi adalah :

1. Kekuatan menurun.
2. Mengelupasnya beton.
3. Terjadinya retak-retak.

Jenis kerusakan yang sering terjadi akibat kebakaran antara lain : retak ringan, retak berat, beton pecah/terkelupas, *voids* (lubang-lubang yang cukup dalam atau keropos), lendutan balok dan tulangan putus, hilang atau tekuk. Klasifikasi tingkat kerusakan gedung pasca kebakaran (Rizal, 2006) antara lain :

1. Kerusakan ringan.

Kerusakan ini berupa pengelupasan pada plesteran luar beton dan terjadinya perubahan warna permukaan menjadi hitam akibat asap yang mungkin disertai dengan retak-retak pada plesteran.

2. Kerusakan sedang.

Kerusakan ini berupa munculnya retak-retak ringan (kedalaman kurang dari 1 mm) pada bagian luar beton yang berupa garis-garis yang sempit dan tidak terlalu panjang dengan pola menyebar. Retak ini diakibatkan oleh proses penyusutan beton pada saat terjadi kebakaran.

3. Kerusakan berat

Retak yang terjadi sudah memiliki ukuran lebih dalam dan lebar, terjadi secara tunggal atau kelompok. Jika terjadi pada balok kadang-kadang disertai dengan lendutan yang dapat dilihat dengan mata.

4. Kerusakan sangat berat.

Kerusakan yang terjadi sudah sedemikian rupa sehingga beton pecah/terkelupas sehingga tampak tulangan bajanya, atau bahkan sampai tulangan putus/tertekuk, beton inti hancur.

Penurunan Kekuatan Tekan Beton

Untuk dapat menghitung persentase penurunan kekuatan tekan beton pasca bakar dengan perendaman dan tanpa perendaman yang terjadi terhadap kuat tekan beton standar maka dapat digunakan rumus (Sutapa, et.al, 2011) sebagai berikut :

$$\text{Penurunan BPB} = \frac{BS-BPB}{BS} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Penurunan BDP} = \frac{BS-BDP}{BS} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana :

- BS = Beton standar
- BPB = Beton pasca bakar
- BDP = Beton pasca bakar dengan perendaman

METODE PENELITIAN

Benda uji yang digunakan adalah kubus beton dengan ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini dibagi kedalam 4 kelompok yaitu :

1. Kelompok A : Kelompok benda uji dengan mutu beton 25 Mpa
2. Kelompok B : Kelompok benda uji dengan mutu beton 22 MPa
3. Kelompok C : Kelompok benda uji dengan mutu beton 20 MPa
4. Kelompok B : Kelompok benda uji dengan mutu beton 15 MPa

Dalam setiap kelompok akan dibuat benda uji sebanyak 9 benda uji, dengan perincian jumlah sampel untuk setiap pengujian dapat ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perincian Jumlah Sampel Penelitian

Kelompok	Jumlah Sampel Penelitian			Total
	Perlakuan Standar	Perlakuan Beton Pasca Bakar Dengan Perendaman	Perlakuan Beton Pasca Bakar Tanpa Perendaman	
A	3	3	3	9
B	3	3	3	9
C	3	3	3	9
D	3	3	3	9
Total Keseluruhan				36

Sampel dalam penelitian ini adalah kubus-kubus beton yang telah dibakar dengan variasi mutu beton yaitu 15 MPa, 20 MPa, 22 MPa dan 25 MPa dengan lama/suhu pembakaran yaitu 3 jam/400°C serta kubus beton yang sama namun tidak dibakar sebagai kontrol. Dari masing-masing perlakuan untuk setiap variasi mutu beton diambil 3 buah sampel sehingga total sampel penelitian sebanyak 36 buah.

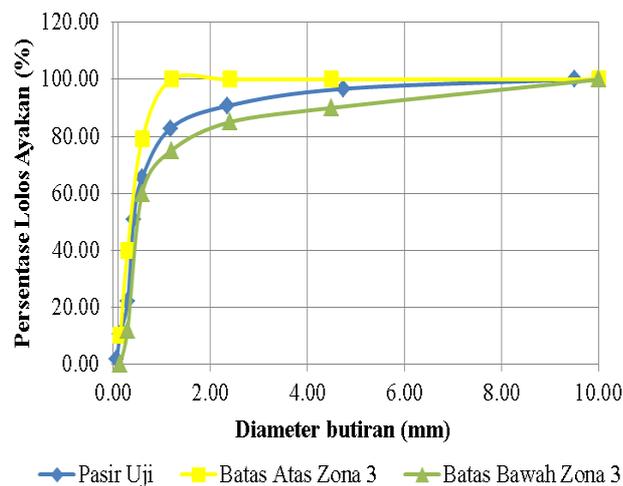
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Umum Benda Uji dan Alat Pembakar (Tanur)

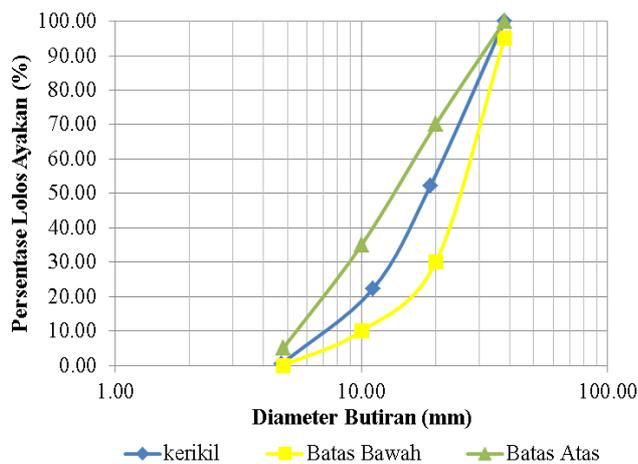
Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk kubus. Sesuai dengan pengamatan penulis bahwa benda-benda uji tersebut sudah sesuai dengan dimensi yang disyaratkan dan benda uji tersebut dalam keadaan yang baik tanpa cacat sehingga benda uji tersebut layak dipakai selama penelitian ini berlangsung. Selain itu alat pembakar yang digunakan adalah tanur. Tanur ini memiliki suhu berkisar antara 30°C - 3000°C.

Hasil Pengujian Bahan

Dari data hasil pengujian analisa saringan agregat halus dan kasar, diplotkan dalam grafik uji gradasi pasir dan kerikil seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.1 Grafik Uji Gradasi Pasir



Gambar 4.2 Grafik Uji Gradasi Kerikil

Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, diketahui bahwa pasir yang dipakai masuk pada zona 3 yakni golongan pasir agak halus dan kerikil yang dipakai masuk pada zona besar butir maksimum 40 mm.

Data hasil pengujian bahan direkapitulasikan dalam Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Bahan

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Analisa Saringan Agregat Halus	1,5 – 3,8	3,793
2.	Analisa Saringan Agregat Kasar	6,0 – 8,0	7,253
3.	Kadar Lumpur Agregat Halus	≤ 5%	3,556%
4.	Berat Volume Padat Agregat Halus	1500 – 1800 (kg/m ³)	1800,968 kg/m ³
5.	Berat Volume Padat Agregat Kasar	1500 – 1800 (kg/m ³)	1719,381 kg/m ³
6.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	2,5 – 2,7	2,577
7.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	2,5 – 2,7	2,537
8.	Kadar Air Agregat Halus	-	2,563
9.	Kadar Air Agregat Kasar	-	0,378

Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan

Berdasarkan data hasil perencanaan campuran beton tersebut maka dapat ditentukan kebutuhan bahan yang digunakan untuk pembuatan 1 buah benda uji kubus untuk masing-masing kelompok mutu rencana beton yang didesain yakni 25 MPa, 22 MPa, 20 MPa dan 15 MPa.

Tabel 4.2 Kebutuhan Bahan untuk Membuat 1 Benda Uji

Kelompok	Fcr (MPa)	Jumlah Kebutuhan Bahan			
		Semen (gram)	Pasir (gram)	Kerikil (gram)	Air (ml)
A	25	1350,814	2265,157	4618,101	789,835
B	22	1282,128	2356,974	4594,349	790,455
C	20	1261,406	2433,495	4538,161	790,845
D	15	1261,406	2433,495	4538,161	790,845

Hasil Slump Beton

Dari hasil pengukuran slump diperoleh nilai tinggi slump untuk masing-masing rencana campuran beton yakni untuk mutu rencana 25 MPa dan 22 MPa diperoleh tinggi slump sebesar 85 mm, mutu rencana 20 MPa dan 15 MPa diperoleh tinggi slump sebesar 110 mm. Tinggi slump yang diperoleh masih berada dalam rentang tinggi slump yang direncanakan yakni 75 mm sampai 150 mm.

Pembakaran Kubus Beton dan Perendaman

Proses pembakaran benda uji dilakukan dengan menggunakan tanur. Pembakaran dilakukan pada suhu ruangan 27°C (mulai dinyalakan tanur), suhu yang ditargetkan adalah 400°C sehingga untuk mencapai suhu tersebut dibutuhkan waktu selama 60 menit (1 jam) kemudian suhu 400°C dipertahankan selama 120 menit (2 jam) sehingga total waktu pembakaran adalah 180 menit (3 jam). Pembakaran dilakukan pada satu buah kubus sekali bakar karena dimensi tanur tidak memadai. Setelah itu proses pembakaran dihentikan, didiamkan ±30 menit dan benda uji dikeluarkan dari dalam tanur. Benda uji tersebut dibiarkan selama 2 hari di dalam ruangan kemudian beton pasca bakar yang tidak direndam tersebut diuji kuat tekannya sedangkan beton pasca bakar yang direndam dimasukkan dalam bak perendaman selama 14 hari lalu dibiarkan selama 2 hari di dalam ruangan dan setelah itu diuji kuat tekannya.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium didapatkan kuat tekan rata-rata untuk masing-masing perlakuan berdasarkan variasi mutu beton yang ditabulasikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan BetonPerlakuan Standar

Kelompok	Berat rata-rata (kg)	Gaya Tekan rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
A	8,315	663,33	29,48
B	8,228	640,00	28,44
C	8,175	600,00	26,67
D	8,123	585,00	26,00

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan BetonPerlakuan Pasca Bakar Dengan Perendaman

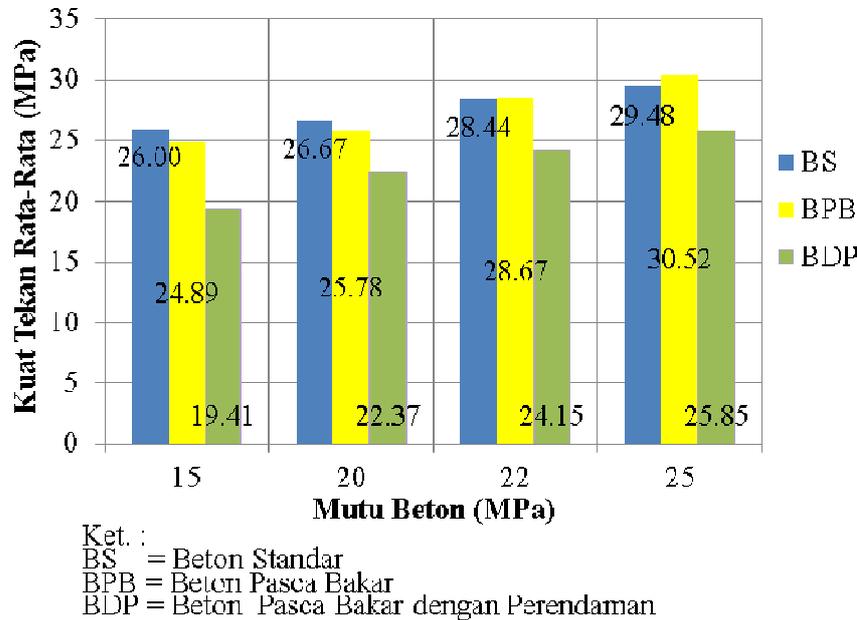
Kelompok	Berat rata-rata (kg)	Gaya Tekan rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
A	8,240	581,67	25,85
B	8,218	543,33	24,15
C	8,184	503,33	22,37
D	8,121	436,67	19,41

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan BetonPerlakuan Pasca Bakar Tanpa Perendaman

Kelompok	Berat rata-rata (kg)	Gaya Tekan rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
A	7,770	686,67	30,52
B	7,728	645,00	28,67
C	7,609	580,00	25,78
D	7,558	560,00	24,89

Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan diperoleh kuat tekan rata-rata yang berbeda untuk setiap kelompok mutu beton yang direncanakan pada setiap perlakuan. Perbandingan kuat tekan untuk setiap kelompok mutu beton pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini :



Gambar 4.3 Perbandingan Kuat Tekan Beton Untuk Setiap Mutu Beton Pada Setiap Perlakuan

Berdasarkan Tabel 4.3; 4.4; 4.5 dan Gambar 4.3 di atas terlihat bahwa :

1. Untuk perlakuan standar (BS) pada mutu beton 15 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,00 MPa, pada mutu beton 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,67 MPa, pada mutu beton 22 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 28,44 MPa dan pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 29,48 MPa. Sehingga dapat dilihat bahwa pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata terbesar yaitu 29,48 MPa. Semakin besar mutu beton maka akan menghasilkan kuat tekan rata-rata yang semakin besar karena kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu umur beton, faktor air semen, kepadatan, jumlah pasta semen, jenis semen, dan sifat agregat (Tjokrodimuljo, 2007).
2. Untuk perlakuan beton pasca bakar tanpa perendaman (BPB) pada mutu beton 15 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 24,89 MPa, pada mutu beton 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,78 MPa, pada mutu beton 22 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 28,67 MPa dan pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 30,52 MPa. Terlihat bahwa pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata terbesar yaitu 30,52 MPa. Peningkatan kekuatan tekan rata-rata terjadi pada mutu beton 22 MPa dan 25 MPa sedangkan penurunan kuat tekan rata-rata terjadi pada mutu beton 15 MPa dan 20 MPa. Pada perlakuan ini, beton pasca bakar tidak langsung diuji kuat tekannya melainkan didiamkan dalam ruangan selama 2 hari sehingga terjadi kemungkinan adanya penyerapan air dari udara yang lembab oleh beton pasca bakar tersebut. Adanya penyerapan air dari udara yang lembab oleh beton pasca bakar ditandai dengan adanya peningkatan berat sampel beton. Uap air yang berubah menjadi titik-titik air ini masuk ke dalam beton melalui celah/pori-pori kecil yang dapat bereaksi terhadap semen. BPB mengalami peningkatan dan penurunan kekuatan tekan terhadap beton standar. Peningkatan kekuatan tekan terhadap beton standar disebabkan karena pada suhu tinggi *pozzolan* juga bereaksi dan mengikat hidrasi yang terjadi, sehingga tidak hilang dan akan

membentuk peningkatan kekuatan tekan pada temperatur tinggi. Penurunan kekuatan tekan terjadi karena pada saat beton terbakar, pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali atau dapat ditulis $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$. Ca(OH)_2 yang telah terurai kembali tidak dapat bereaksi dengan unsur-unsur silikat (SiO_2) dan (Al_2O_3) yang terdapat dalam *pozzolan* sehingga mengakibatkan kuat tekan beton menurun.

3. Untuk perlakuan beton pasca bakar dengan perendaman (BDP) memiliki kuat tekan rata-rata pada setiap variasi mutu betonyang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan beton standar dan perlakuan beton pasca bakar tanpa perendaman (BPB). Pada mutu beton 15 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,41 MPa, pada mutu beton 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 22,37 MPa, pada mutu beton 22 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 24,15 MPa dan pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,85 MPa. Sehingga dapat dilihat bahwa pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata terbesar yaitu 25,85 MPa. Secara umum penurunan 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 penurunan kuat tekan beton akan semakin kecil .Hal ini terjadi karena pada saat beton mengalami kebakaran dan setelah itu beton direndam, tidak terjadi reaksi kembali antara air dan semen sehingga tidak terjadi pengikatan kembali antara butiran dan spesi. Kapur dari hasil pembakaran bila ditambahkan air akan mengembang dan retak-retak (Corsika, 2013).
4. Pada mutu beton 25 MPa, jika dibandingkan dengan mutu beton yang lain pada perlakuan beton pasca bakar dengan dan tanpa perendaman maka dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata yang dicapai adalah yang paling optimum.
5. Dari Tabel 4.3; 4.4; 4.5 dan Gambar 4.3 dapat dihitung persentase penurunan kekuatan beton pasca bakar dengan dan tanpa perendaman yang terjadi terhadap beton standar dengan menggunakan rumus yang tertera pada persamaan 2.1 dan 2.2.

Tabel 4.6 Tabulasi Perhitungan Persentase Penurunan BPB dan BDP

Mutu Rencana (fcr)	15 MPa	20 MPa	22 MPa	25 MPa
Penurunan BPB (%)	4,274	3,333	-0,781	-3,518
Penurunan BDP (%)	25,356	16,111	15,104	12,312

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa persentase penurunan kekuatan beton pasca bakar tanpa perendaman (BPB) terbesar terjadi pada mutu beton 15 MPa sebesar 4,274% dan persentase penurunan kekuatan beton pasca bakar dengan perendaman (BDP) terbesar juga terjadi pada mutu beton 15 MPa sebesar 25,356%. Sedangkan persentase penurunan BPB yang terjadi pada mutu beton 22 MPa dan 25 MPa masing-masing sebesar -0,781% dan -3,518%. Tanda negatif (-) menyatakan bahwa beton mengalami peningkatan kekuatan tekan rata-rata terhadap kondisi semula pada perlakuan standar. Dari tabel diatas terlihat bahwa berdasarkan variasi mutu beton yang direncanakan terjadi suatu penurunan kuat tekan beton yang seragam. Semakin besar mutu beton/kuat tekan rata-rata beton maka semakin kecil persentase penurunan BPB maupun BDP yang terjadi terhadap beton standar.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya nilai kuat tekan beton pada setiap perlakuan adalah :
 - a. Pada perlakuan standar, mutu beton 15 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,00 MPa, pada mutu beton 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 26,67 MPa, pada mutu beton 22 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 28,44 MPa dan pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 29,48 MPa.
 - b. Pada perlakuan beton pasca bakar dengan perendaman, mutu beton 15 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,41 MPa, pada mutu beton 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 22,37 MPa, pada mutu beton 22 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 24,15 MPa dan pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,85 MPa.
 - c. Pada perlakuan beton pasca bakar tanpa perendaman, mutu beton 15 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 24,89 MPa, pada mutu beton 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,78 MPa, pada mutu beton 22 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 28,67 MPa dan pada mutu beton 25 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 30,52 MPa.
2. Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat perbandingan kuat tekan beton pasca bakar dengan perendaman dan tanpa perendaman terhadap kuat tekan beton standar yaitu :
 - a. Terjadi penurunan dan peningkatan kuat tekan beton pasca bakar tanpa perendaman terhadap kuat tekan beton standar. Penurunan kuat tekan beton terjadi pada mutu beton 15 MPa sebesar 4,274% dan pada mutu 20 MPa sebesar 3,333% sedangkan peningkatan kuat tekan beton terjadi pada mutu beton 22 MPa sebesar 0,781% dan pada mutu beton 25 MPa sebesar 3,518%.
 - b. Pada perlakuan beton pasca bakar dengan perendaman, penurunan kuat tekan rata-rata beton yang dicapai paling rendah jika dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata beton pada perlakuan standar dan perlakuan beton pasca bakar dengan perendaman pada setiap variasi mutu beton. Penurunan kuat tekan rata-rata beton terhadap kuat tekan beton standar yaitu pada mutu beton 15 MPa sebesar 25,356%, pada mutu beton 20 MPa sebesar 16,111%, pada mutu beton 22 MPa sebesar 15,104%, pada mutu beton 25 MPa sebesar 12,312%.

Saran

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

1. Berdasarkan kesimpulan bagian 2.a bahwa kuat tekan beton yang mengalami kebakaran tanpa dilakukannya perendaman menghasilkan penurunan kuat tekan beton yang lebih kecil dibandingkan dengan beton pasca bakar dengan perendaman sehingga dalam prakteknya di lapangan kegiatan pemadaman dengan penyiraman air atas bangunan beton yang terbakar hendaknya dilakukan secukupnya untuk memadamkan api. Setelah kegiatan pemadaman selesai maka bangunan beton tersebut dibiarkan sampai suhunya mencapai suhu ruangan kemudian bangunan beton tersebut dapat difungsikan kembali dengan tindakan perbaikan yang paling efisien dan tidak selamanya langsung dibongkar/dihancurkan karena elemen struktur bangunan yang terbakar masih memiliki kekuatan sisa.
2. Bagi yang tertarik melakukan penelitian tentang kajian kuat tekan beton pasca bakar dengan dan tanpa perendaman berdasarkan variasi mutu beton disarankan agar melakukan penelitian lanjutan tentang sifat mekanik/fisis beton pasca bakar terhadap beton bertulang yang menitikberatkan pada pengujian tulangan yang belum pernah diteliti sebelumnya.

Daftar Pustaka

- Ahmad I. A., Taufieq N. A. S dan Aras A. H. 2009. Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton, Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar, Ujung Pandang.
- Bayuasri T., Indarto Himawan dan Antonius. 2006. Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi, Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Corsika Y. & Karolina R. 2013. Analisis Perilaku Mekanis dan Fisis Beton Pasca Bakar, Departmen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Daga W. 2002. Studi Eksperimen Kekuatan Beton Yang Mengalami Kebakaran, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Nugraha P. & Antoni. 2007. Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Rizal Faisal. 2006. Evaluasi Kekuatan dan Metode Perbaikan Struktur Beton Pada Gedung Pasca Kebakaran, Jurnal Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh.
- Sutapa A. A Gede, Suputra Oka dan Mataram Karnata. 2011. Pemulihan Kekuatan Tarik Belah Beton Dengan Variasi Durasi Perawatan Pasca Bakar, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Tjokrodinuljo K. 2007. Teknologi Beton, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.