

PULIHNYA KUAT TEKAN BETON PASCA KEBAKARAN SETELAH DILAKUKAN PENYIRAMAN AIR.

**Oleh :
I Made Sastra Wibawa.
I Gede Ngurah Sunatha.**

ABSTRAK.

Beton sebagai bahan konstruksi yang material dasarnya sebagian besar berada di alam dan kondisinya semakin langka oleh sebab itu kiat-kiat efisiensi perlu ditingkatkan, beton belakangan ini masih memegang rekor tertinggi sebagai bahan konstruksi dalam pembangunan, oleh sebab itu selain efisien dalam penggunaan bahan perlu juga terobosan untuk mencari bahan pengganti, oleh sebab itu dituntut adanya teknologi baru dalam penggunaan bahan konstruksi. pesatnya pembangunan fisik yang terjadi berarti pesat juga perkembangan teknologi, kondisi ini sering tidak diikuti oleh penguasaan yang memadai terhadap perkembangan teknologi bahan konstruksi.

Terjadinya bencana kebakaran tidak menutup kemungkinan membuat keragu-raguan dalam penggunaan beton meskipun konstruksi beton masih kokoh setelah mengalami kebakaran, sehingga diperlukan usaha agar beton masih dapat dipakai tanpa melakukan pembongkaran. Dalam penelitian ini dicoba melakukan pembakaran terhadap beton kemudian padanya dilakukan penyiraman air dengan variasi satu sampai tiga kali penyiraman air.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan beton yang terjadi akibat terjadinya kebakaran, dan seberapa besar kuat tekan beton yang terjadi setelah padanya dilakukan penyiraman air.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali yaitu melalui pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji kubus 15x15x15 Cm. Variasi pembuatan benda uji dibuat dalam lima perlakuan dengan masing-masing perlakuan 8 buah benda uji dan pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur 28 hari. Hasil Kuat Tekan yang diperoleh $P_0 = 230,91 \text{ Kg/Cm}^2$; $P_I = 220,76 \text{ Kg/Cm}^2$; $P_{II} = 224,56 \text{ Kg/Cm}^2$; $P_{III} = 226,75 \text{ Kg/Cm}^2$; $P_{IV} = 229,26 \text{ Kg/Cm}^2$.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kuat tekan beton setelah dibakar, namun setelah dilakukan penyiraman air kuat tekannya semakin naik seiring naiknya jumlah penyiraman. Oleh sebab itu, berdasarkan hasil penelitian ini beton yang mengalami kebakaran apabila kemudian dilakukan penyiraman air maka beton tersebut masih dapat dipergunakan, namun untuk lebih meyakinkan perlu dilakukan penelitian langsung di lapangan.

Kata Kunci : Kuat Tekan Karakteristik, Beton terbakar, Penyiraman air.

I. LATAR BELAKANG.

Beton sebagai bahan konstruksi yang hampir seluruh bahannya berasal langsung dari alam sangat merasakan tentang terjadinya kelangkaan material, sehingga hal ini menuntut adanya usaha untuk mencari alternatif bahan lain agar beton tetap dipercaya sebagai bahan utama dalam pengerjaan suatu konstruksi / bangunan fisik.

Disamping kendala penyiapan material campuran beton yang semakin sulit, dunia konstruksi juga sering dihadapkan dengan beberapa permasalahan seperti adanya bencana yang menyebabkan terjadi kerusakan baik sebagian atau keseluruhan dari konstruksi yang ada. Beton sebagai konstruksi yang biasanya merupakan struktur utama dalam sebuah bangunan biasanya setelah mengalami bencana kebakaran kondisinya masih utuh dan tetap berdiri kokoh walaupun bagian yang lain dari bangunan telah hangus terbakar. Kenyataan ini sering menimbulkan dilema pada saat akan dilakukan renovasi terhadap bangunan yang mengalami kebakaran. Di satu sisi beton masih berdiri kokoh, sedang di lain sisi beton sempat mengalami kebakaran sehingga timbul keragu-raguan dalam menggunakan kembali konstruksi beton tersebut. Apabila beton mengalami kebakaran tidak terlalu lama, kuat tekan yang masih dimiliki oleh beton tidak banyak berkurang dari kuat tekan rencana, seperti sebuah penelitian menyatakan bahwa beton yang dibakar selama 120 Menit ternyata kuat tekan yang terjadi memang berkurang dari yang direncanakan tetapi masih berada pada batas kuat tekan rencana, kecuali beton tersebut dibakar 150 Menit diperoleh kuat tekan dibawah kuat tekan rencana namun masih berada pada batas 80 % dari kuat tekan rencana. (Wibawa, S : 2010).

Datangnya bencana memang sulit diprediksi, demikian pula bencana kebakaran tidak dapat diduga terjadi pada suatu bangunan gedung yang menggunakan konstruksi beton, dan apabila pasca bencana kebakaran ada keinginan untuk melakukan renovasi terhadap bangunan tersebut sering terjadi keragu-raguan dalam penggunaan kembali konstruksi yang lama. Untuk memberi keyakinan bahwa setelah terjadi kebakaran beton masih dapat dipergunakan sebagai konstruksi, maka dilakukan usaha / intervensi pada beton tersebut. Oleh

sebab itu berdasarkan pada uraian tersebut diatas, maka dicoba untuk melakukan penelitian dalam skala laboratorium yaitu dengan penyiraman air pada beton setelah mengalami kebakaran kemudian melakukan pengujian terhadap kuat tekan yang terjadi.

1.1. Rumusan Masalah.

Dengan melihat uraian latar belakang permasalahan diatas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

“Seberapa besar perubahan kuat tekan beton setelah beton yang terbakar disiram dengan air, dan secara visual perubahan apa yang terjadi pada beton?”.

1.2. Tujuan Penelitian.

Yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penyiraman dengan air pada beton yang mengalami kebakaran terhadap sifat mekanis campuran yaitu kuat tekan beton.
- 2 . Mengetahui seberapa besar berkurangnya atau bertambahnya kekuatan tekan beton akibat penyiraman dengan air pada beton yang dibakar.
3. Secara visual bagaimana perubahan dari beton yang terbakar setelah dilakukan penyiraman dengan air.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Semen.

Semen berfungsi untuk mengikat agregat halus, agregat kasar dan air menjadi satu kesatuan. Dalam hal ini semen yang dipakai adalah semen *portland* yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis yang artinya semen akan berfungsi atau mengeras bila telah bereaksi dengan air. Menurut standard industri Indonesia definisi semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalium yang bersifat hidrolis, dimana di dalamnya juga telah dicampurkan gipsium dalam

takaran (dosis) tertentu. Variasi dan komposisi dari komponen karakteristik bahan semen akan menentukan type semen (Subakti.A ; 1994).

2.2. Agregat.

Agregat adalah sebagai bahan pengisi pada campuran beton. Agregat pada campuran beton diikat oleh semen, dan di lapangan agregat dikenal berupa pasir, krikil atau batu pecah. Dalam campuran beton biasanya agregat menempati komposisi yang paling banyak. Sehingga mutu dari pada agregat sangat mempengaruhi mutu beton itu sendiri. Komponen agregat yang terdapat dalam campuran beton berkisar antara 70 % - 75 % dari total volume beton.

Sifat dan bentuk dari butir-butir agregat sebenarnya belum dapat didefinisikan dengan jelas, sehingga sifat-sifat tersebut sulit diukur dengan baik dan pengaruhnya terhadap beton sulit diperiksa dengan teliti. Menurut bentuk butirannya agregat dapat diklasifikasikan yaitu: *Angular* berarti tidak keausan, sedangkan *well rounded* berarti bulat dan kadang-kadang agak pipih. Bentuk agregat akan mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton (Wangsadinata.W; 1971). Secara umum bentuk yang baik untuk kemudahan pengerjaan dan pemadatan adalah bentuk bulat, sedangkan untuk memperoleh kekuatan yang tinggi adalah bentuk *angular* karena luas bidang permukaannya lebih lebar. Bentuk agregat yang pipih dan memanjang kurang baik karena akan sulit untuk dipadatkan.

2.3. A i r.

Syarat air yang dapat digunakan dalam pembuatan beton dan perawatannya sesuai yang tertuang dalam (Wangsadinata. W ; 1971) adalah sebagai berikut:

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organik yang dapat merusak beton. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.
2. Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air di anjurkan untuk mengirimkan contoh air itu ke Lembaga Pemeriksaan Bahan-Bahan yang

di akui untuk diselidiki seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton. Bila pemeriksaan contoh air tidak dapat dilakukan, maka dalam hal adanya keragu-raguan mengenai air harus dilakukan percobaan perbandingan antara kekuatan tekan mortar semen+pasir dengan memakai air tersebut dan dengan memakai mortar yang memakai air suling. Kekuatan tekan mortar yang menggunakan air tersebut pada umur 7 dan 28 Hari paling sedikit adalah 90 % dari kekuatan mortar yang memakai air suling.

3. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

Pada penelitian ini disamping air dipakai sebagai bahan pencampur beton, juga dipakai sebagai bahan untuk menyiram beton yang sebelumnya telah dibakar, dengan anggapan bahwa ketika beton terbakar / dibakar, maka sebagian besar butiran semen yang bentuk dan sifatnya kembali seperti semula akibat adanya kebakaran sehingga setelah beton kembali disiram air diharapkan akan terbentuk beton lagi. (Indrayanto.H ; 2008).

2.4. Kuat Tekan Beton Karakteristik.

Kuat Tekan Beton Karakteristik adalah kekuatan tekan dimana dan hasil pemeriksaan benda uji yang berupa kubus atau silinder, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari yang ditetapkan terbatas sampai 5 % (Wangsadinata. W; 1971). Sedangkan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang mampu diterima oleh benda uji sampai benda uji tersebut hancur. Dalam menghitung kuat tekan beton rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Wangsadinata. W ; 1971) :

$$\sigma_b = \frac{P}{A \times f_u \times f_b}$$

Dimana :

σ_b	=	Tegangan beton (kg / cm ²)
P	=	Beban tekanan maximum (kg)
A	=	Luas bidang tekan dari benda uji (cm ²)
f_u	=	Faktor umur (Wangsadinata. W ; 1971)
f_b	=	Faktor bentuk (Wangsadinata. W ; 1971)

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_b}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_b - \sigma_{bm})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - k \cdot S \rightarrow k = \text{konstanta (Subakti.A ; 1994)}.$$

2.5. Beton Pasca Kebakaran.

Beton adalah bahan yang memiliki ketahanan terhadap api/panas yang lebih baik dibandingkan material bangunan yang lain (Bayuasri, Trisni ;2010). Hal ini disebabkan karena beton memiliki konduktivitas panas yang lemah, namun demikian dijelaskan pula beton tetap memiliki kelemahan jika terpapar panas terlalu lama sampai beton mengalami perubahan warna dan bentuk yang sangat besar seperti terjadi perubahan warna coklat kehitam-hitaman atau terjadi kerusakan yang cukup parah terjadi akibat terlalu lama kena api atau akibat kebakaran tersebut beton mengalami panas yang sangat tinggi sehingga terjadi retak-retak yang menyebabkan tulangan sampai terlihat. Hal ini berarti selimut beton sudah rusak dan kondisi ini sangat susah diperbaiki, walaupun dapat diperbaiki kondisi monolit dari beton sudah tidak ada lagi.

Pada umumnya setelah beton mengalami kebakaran atau kerusakan akibat sesuatu hal, kita cenderung untuk menggantinya dengan beton yang baru. Menurut Indrayanto. H ; 2008 dalam artikelnya yang berjudul Perbaikan Beton Pasca Kebakaran, menyatakan bahwa beton setelah mengalami kebakaran tidak harus langsung diganti dengan beton yang baru sebab beton lama masih dapat dipakai dengan salah satu alasan yang dikemukakan yaitu tidak terjadinya perubahan warna yang signifikan pada beton.

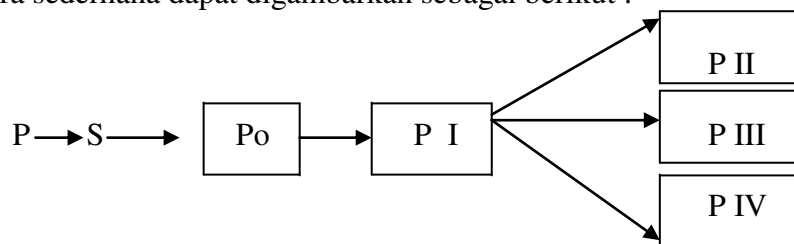
Jika beton setelah mengalami bencana kebakaran tidak terjadi perubahan secara visual yang sangat besar, misalnya terjadi retak yang cukup lebar, keropos pada seluruh sisi atau dinding beton, selimut beton yang tidak berfungsi lagi sehingga tulangan kelihatan dari luar, dan tidak terjadi perubahan warna beton menjadi merah tua, maka beton masih bisa dipertahankan. Hal ini akan lebih baik lagi jika selama proses rekonstruksi kita dapat melakukan penyiraman pada beton

dengan air, sebab tingkat *recovery* kekuatan beton setelah dilakukan *treatment* penyiraman dengan air mampu mendekati 100 % (Indrayanto. H ; 2008).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental menggunakan rancangan sama subjek (*Treatments by Subjects Design*) (Hadi ; 1995 , Bakta ; 1997). Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian.

Keterangan :

1. P = Populasi (benda uji kubus 15x15x15 Cm).
2. S = Sampel Penelitian (kubus yang disortir / tidak cacat).
3. Po = Hasil Pengujian sebelum perlakuan (kontrol-I).
4. P I = Hasil Pengujian sebelum disiram (sudah dibakar / kontrol-II).
4. P II = Hasil Pengujian setelah perlakuan/dibakar + disiram satu kali.
5. P III = Hasil Pengujian setelah perlakuan/dibakar + disiram dua kali.
6. P IV = Hasil Pengujian setelah perlakuan/dibakar + disiram tiga kali.

3.2. Definisi Operasional.

Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan benda uji, benda uji yang dipakai adalah kubus ukuran 15 x 15 x 15 Cm. Pemilihan benda uji ini adalah berdasarkan peraturan yang tertuang dalam PBI. (Peraturan Beton Indonesia) Tahun 1971. Pada penelitian ini komposisi campuran beton dibuat tetap, hanya perbedaannya terletak pada pemberian penyiraman air setelah dilakukan pembakaran selama 150 Menit, yaitu masing-masing perlakuan diberikan penyiraman air yang berbeda-beda, dimulai dari benda uji yang sama sekali tidak disiram, kemudian benda uji yang disiram sebanyak satu kali, benda uji yang disiram sebanyak dua kali, dan benda uji yang disiram sebanyak tiga kali. Dalam melakukan pembakaran dipergunakan kompor khusus yang biasanya dipakai

membakar aspal (Wibawa. S ; 2010), setelah itu benda uji disiram secara merata pada keempat sisinya sesuai dengan jumlah penyiraman dari masing-masing perlakuan. Jika kita lihat variasi perlakuan, maka dapat ditulis sebagai berikut :

1. Perlakuan 0. yaitu benda uji sebelum dibakar dan belum disiram sebagai kontrol awal mutu beton yang diperoleh.
2. Perlakuan I , yaitu benda uji yang dibakar, sama sekali tidak disiram.
3. Perlakuan II , yaitu benda uji yang dibakar, disiram sebanyak satu kali.
4. Perlakuan III, yaitu benda uji yang dibakar, disiram sebanyak dua kali.
5. Perlakuan IV, yaitu benda uji yang dibakar, disiram sebanyak tiga kali.

Benda uji yang dibuat untuk masing-masing perlakuan adalah 8 (delapan) Buah kubus.

3.3. Pemeriksaan Bahan.

Bahan – bahan dasar untuk beton dalam pembuatan benda uji harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan dalam (Wangsadinata W; 1971) sebagai pedoman pengerjaan beton. Untuk mengetahui apakah bahan-bahan dasar beton seperti pasir, batu pecah memenuhi syarat, maka terlebih dahulu perlu dilaksanakan percobaan pendahuluan untuk mengetahui sifat-sifat bahan dasar yang akan digunakan. Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian beton ini adalah semen *type I merk* Gresik, pasir alami dari Karangasem, batu pecah dari Karangasem dan air yang dipakai air PDAM. (Perusahaan Daerah Air Minum) yang ada di laboratorium. Dalam penelitian ini, pengambilan pasir serta batu pecah untuk percobaan pendahuluan dilakukan dengan cara acak dari tumpukan material yang cukup besar/tinggi diambil sampel pada bagian tertentu sesuai arah mata angin dengan tujuan agar sampel yang kita pakai dapat mewakili bahan yang ada di lokasi.

3.4. Percobaan Pendahuluan.

Percobaan pendahuluan ini dilakukan adalah untuk melakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan pembentuk beton yang dipakai dalam

penelitian, sehingga dari hasilnya akan didapat nilai-nilai yang diperlukan dalam perhitungan *mix design*.

3.4.1. Pemeriksaan agregat halus.

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus (pasir) adalah:

1. Berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan air (*water absorption*)
2. Gradasi pasir (*sieve analysis*).
3. Kadar Lumpur (*mud content*).
4. Berat satuan (*unit weight*).
5. Kadar air dalam pasir (*surface moisture content*).

3.4.2. Pemeriksaan agregat kasar (batu pecah).

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat kasar meliputi:

1. Gradasi (*Sieve Analysis*)
2. Berat jenis (*Specific Gravity*) dan penyerapan air (*Water Absorption*).
3. Berat satuan batu pecah (*Unit Weight*)
4. Kadar Lumpur (*Mud Content*)
5. Kadar air (*Surface Moisture Content*).

3.4.3. Berat Satuan semen.

Yaitu untuk mengetahui berat satuan semen yang berguna untuk mengkonversi berat ke volume atau sebaliknya. Pemeriksaan berat satuan semen cara kerjanya sama dengan pemeriksaan berat satuan pasir.

3.5. Mix Design.

Dalam penelitian beton ini, perencanaan campuran beton akan memakai metode DOE atau *Current British Method*.

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *standar deviasi* (S).
2. Menentukan nilai tambah (*Margin*), $M = K.S$ ($K = 1,64$).
3. Menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}), $f'_{cr} = f'_c + 1,64.S$.

4. Menentukan nilai factor air semen.
5. Menentukan kadar air bebas yang diperlukan untuk mencapai nilai *slump* yang diinginkan = $\frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k$.
6. Menentukan kadar semen (C).
7.
$$\text{Kadar semen (C)} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}}$$
8. Menentukan jumlah semen.
9. Menentukan letak zone pasir yang dipakai untuk campuran beton.
10. Menentukan prosentase pasir dalam campuran..
11. Menentukan berat jenis agregat gabungan.
12.
$$B_j \text{ agregat gabungan} = (\% \text{ agg halus} \times B_j \text{ agg halus}) + (\% \text{ agg. kasar} \times B_j \text{ Agg. kasar}).$$
13. Menentukan berat jenis beton.
14. Menentukan proporsi campuran beton.
15.
$$\text{Kadar agg gabungan} = B_j \text{ beton} - (\text{jumlah kadar air bebas} + \text{semen}).$$
16.
$$\text{Kadar agregat halus} = \% \text{ agg halus} \times \text{kadar agg gabungan}.$$
17.
$$\text{Kadar agregat kasar} = \text{kadar agg gabungan} - \text{kadar agg halus}.$$

Karena dalam pembuatan benda uji dipakai agregat dalam keadaan sebenarnya, sedangkan *mix design* menggunakan agregat dalam keadaan SSD, maka perlu dilakukan koreksi terhadap hasil dari *mix design* yaitu :

1.
$$\text{Agregat halus} = C = \frac{(C_k - C_a) \times C}{100}$$
2.
$$\text{Agregat kasar} = D = \frac{(D_k - D_a) \times D}{100}.$$
3.
$$\text{Air} = B - \frac{(C_k - C_a) \times C}{100} - \frac{(D_k - D_a) \times D}{100}.$$

Dimana:

- B = Jumlah air (Kg/M³).
- C = Jumlah agregat halus (Kg/M³)
- C_a = Absorpsi air pada agregat halus (%)
- D_a = Absorpsi air pada agregat kasar (%)
- C_k = Kandungan air pada agregat halus (%)
- D_k = Kandungan air pada agregat kasar (%)

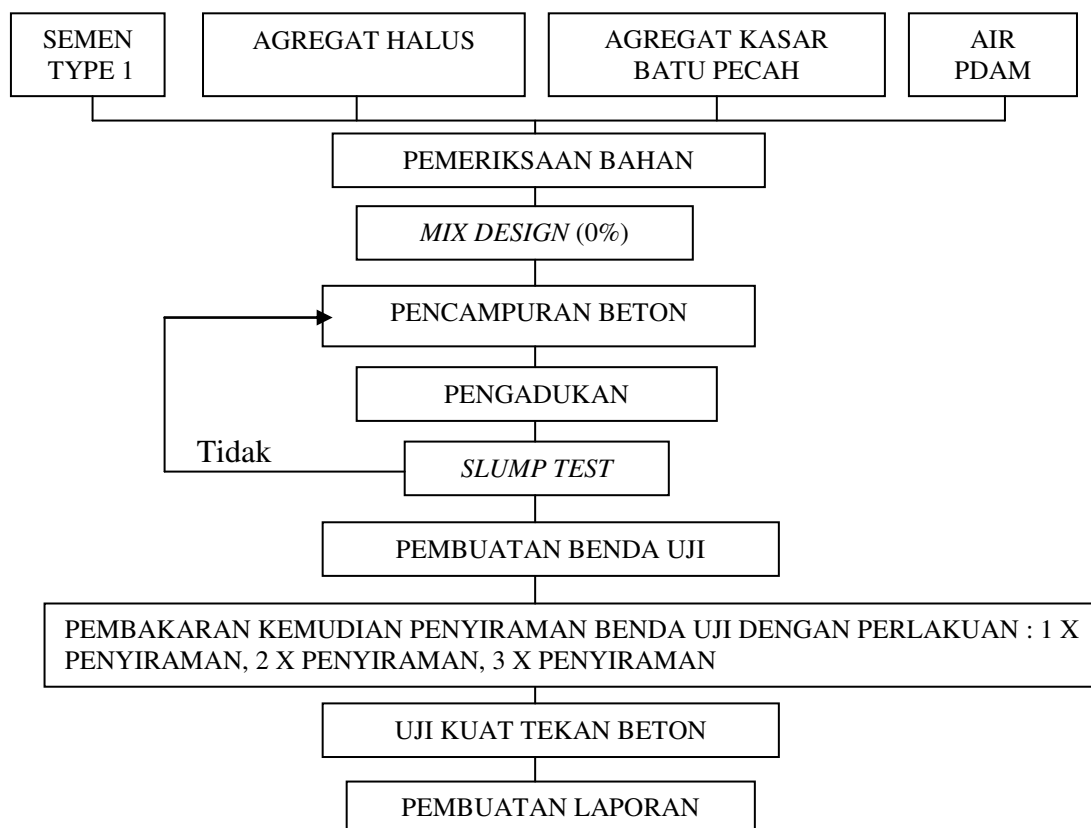
3.6. Perlakuan Benda Uji.

Dalam penelitian ini kita memerlukan 4 perlakuan terhadap benda uji yaitu:

- Perlakuan 0 (P0) = Benda Uji yang tidak dibakar dan tidak disiram (kontrol – I).
- Perlakuan I (PI) = Benda Uji yang dibakar, tidak disiram air (kontrol - II).
- Perlakuan II (PII) = Benda Uji yang dibakar, disiram air satu kali.
- Perlakuan III (PIII) = Benda Uji yang dibakar, disiram air dua kali.
- Perlakuan IV (PIV)= Benda Uji yang dibakar, disiram air tiga kali.

Perlakuan bervariasi ini diambil berdasarkan anggapan bahwa butiran semen yang ada pada beton setelah mengalami kebakaran akan kembali sifatnya seperti semen semula, sehingga upaya penyiraman dengan air diharapkan dapat mengembalikan fungsi semen seperti awal pembuatan beton dan ini berarti sifat-sifat beton kembali seperti semula. Penyiraman yang bervariasi adalah bertujuan untuk memperoleh kondisi penyiraman yang paling ideal sehingga diperoleh mutu beton yang terbaik.

3.7. Kerangka Penelitian.



Gambar 3.1
Kerangka Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dalam laporan ini disajikan laporan hasil untuk kuat tekan beton saja, sedangkan laporan hasil tentang pemeriksaan bahan tidak ditampilkan, disamping keterbatasan halaman yang dapat termuat juga hasil pemeriksaan tersebut telah dipastikan memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton, oleh sebab itu setelah material dinyatakan memenuhi persyaratan barulah bahan tersebut dipakai sebagai campuran beton. Sedangkan hasil tes kuat tekan beton dari berbagai perlakuan dapat ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 Cm, umur 28 Hari (Perlakuan 0
 → Beton tidak dibakar dan tidak disiram air / kontrol).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton (σ^1b) (Kg/Cm ²)	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 Hari	54,50	242,22	-4,72	22,30
2	28 Hari	53,50	237,78	-9,17	84,03
3	28 Hari	55,50	246,67	-0,28	0,08
4	28 Hari	57,50	255,56	8,61	74,15
5	28 Hari	56,00	248,89	1,94	3,78
6	28 Hari	59,00	262,22	15,28	233,41
7	28 Hari	54,50	242,22	-4,72	22,30
8	28 Hari	54,00	240,00	-6,94	48,23
			1.975,56		488,27

f_u : 28 hari = 1,00

f_b : kubus 15 x 15 x 15 cm = 1,0

$$\sigma^1b = \frac{P}{A} \times f_u \times f_b$$

$$\sigma^1bm = \frac{\sum_1^n \sigma^1b}{n} = \frac{1.975,56}{8} = 246,94 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1b - \sigma^1bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{488,27}{7}} = 8,35 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\sigma^1bk = \sigma^1bm - k.s$$

$$= 246,94 - 1,92 \cdot 8,35$$

$$= 230,91 \text{ Kg/Cm}^2$$

Tabel 4.4 Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 Cm, umur 28 Hari (Perlakuan I
 → Beton dibakar selama 150 Menit, tapi tidak disiram).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton ($\sigma^1 b$) (Kg/cm ²)	$\sigma^1 b - \sigma^1 bm$	$(\sigma^1 b - \sigma^1 bm)^2$
1	28 hari	51,00	226,67	-9,72	94,52
2	28 hari	50,00	222,22	-14,17	200,69
3	28 hari	55,50	246,67	10,28	105,63
4	28 hari	53,50	237,78	1,39	1,93
5	28 hari	54,00	240,00	3,61	13,04
6	28 hari	53,00	235,56	-0,83	0,69
7	28 hari	54,00	240,00	3,61	13,04
8	28 hari	54,50	242,22	5,83	34,03
			1.891,11		463,58

f_u : 28 hari = 1,00

f_b : kubus 15 x 15 x 15 cm = 1,0

$$\sigma^1 b = \frac{P}{A} \times f_u \times f_b$$

$$\sigma^1 bm = \frac{\sum_1^n \sigma^1 b}{n} = \frac{1.891,11}{8} = 236,39 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1 b - \sigma^1 bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{463,58}{7}} = 8,14 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\sigma^1 bk = \sigma^1 bm - k.s$$

$$= 236,39 - 1,92 \cdot 8,14$$

$$= 220,76 \text{ Kg/Cm}^2.$$

Tabel 4.5 Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 Cm, umur 28 Hari (Perlakuan II
 → Beton dibakar selama 150 Menit dan dilakukan penyiraman air satu kali).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton (σ^1b) (Kg/Cm ²)	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 hari	52,00	231,11	-2,78	7,72
2	28 hari	51,50	228,89	-5,00	25,00
3	28 hari	52,00	231,11	-2,78	7,72
4	28 hari	53,50	237,78	3,89	15,12
5	28 hari	51,50	228,89	-5,00	25,00
6	28 hari	53,50	237,78	3,89	15,12
7	28 hari	52,50	233,33	-0,56	0,31
8	28 hari	54,50	242,22	8,33	69,44
			1.871,11		165,43

f_u : 28 hari = 1,00

f_b : kubus 15 x 15 x 15 cm = 1,0

$$\sigma^1b = \frac{P}{A} \times f_u \times f_b$$

$$\sigma^1bm = \frac{\sum_1^n \sigma^1b}{n} = \frac{1.871,11}{8} = 233,89 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1b - \sigma^1bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{165,43}{7}} = 4,86 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\sigma^1bk = \sigma^1bm - k.s$$

$$= 233,89 - 1,92 \cdot 4,86$$

$$= 224,56 \text{ Kg/Cm}^2.$$

Tabel 4.6 Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 Cm, umur 28 hari (Perlakuan III
 → Beton dibakar selama 150 Menit dan dilakukan penyiraman sebanyak dua kali).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton (σ^1b) (Kg/Cm ²)	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 hari	55,50	246,67	4,44	19,75
2	28 hari	56,50	251,11	8,89	79,01
3	28 hari	55,00	244,44	2,22	4,94
4	28 hari	54,00	240,00	-2,22	4,94
5	28 hari	53,50	237,78	-4,44	19,75
6	28 hari	57,00	253,33	11,11	123,46
7	28 hari	52,00	231,11	-11,11	123,46
8	28 hari	52,50	233,33	-8,89	79,01
			1.937,78		454,32

f_u : 28 hari = 1,00

f_b : kubus 15 x 15 x 15 cm = 1,0

$$\sigma^1b = \frac{P}{A} \times f_u \times f_b$$

$$\sigma^1bm = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma^1b}{n} = \frac{1.937,78}{8} = 242,22 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma^1b - \sigma^1bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{454,32}{7}} = 8,06 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\sigma^1bk = \sigma^1bm - k.s$$

$$= 242,22 - 1,92 . 8,06$$

$$= 226,75 \text{ Kg/Cm}^2.$$

Tabel 4.6 Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 Cm, umur 28 Hari (Perlakuan IV → Beton dibakar selama 150 Menit dan dilakukan penyiraman sebanyak tiga kali).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton (σ^1b) (Kg/Cm ²)	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 hari	54,00	240,00	-1,11	1,23
2	28 hari	53,00	235,56	-5,56	30,86
3	28 hari	54,50	242,22	1,11	1,23
4	28 hari	54,50	242,22	1,11	1,23
5	28 hari	55,50	246,67	5,56	30,86
6	28 hari	52,00	231,11	-10,00	100,00
7	28 hari	54,00	240,00	-1,11	1,23
8	28 hari	56,50	251,11	10,00	100,00
			1.928,89		266,67

f_u : 28 hari = 1,00

f_b : kubus 15 x 15 x 15 cm = 1,0

$$\sigma^1b = \frac{P}{A} \times f_u \times f_b$$

$$\sigma^1bm = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma^1b}{n} = \frac{1.928,89}{8} = 241,11 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma^1b - \sigma^1bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{266,67}{7}} = 6,17 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\begin{aligned} \sigma^1bk &= \sigma^1bm - k.s \\ &= 241,11 - 1,92 \cdot 6,17 \\ &= 229,26 \text{ Kg/Cm}^2. \end{aligned}$$

Secara umum beton di kalangan para konstruktor tidak meragukan lagi beton untuk memikul beban tekan, sebab secara empiris beton memang kuat terhadap gaya tekan dibandingkan dengan gaya-gaya yang lain. Penggunaan beton hampir dilakukan pada segala macam konstruksi, sehingga apa bila terjadi

kebakaran pada bangunan maka beton biasanya tidak ikut terbakar, namun kadang kala kondisi ini menimbulkan keragu-raguan dalam menggunakan lagi beton sebagai struktur bangunan yang direhab.

Setelah beton yang mengalami kebakaran ini dilakukan penyiraman dengan air, ternyata hasil kuat tekannya cukup baik yaitu beton masih berada dalam kuat tekan rencana, hal ini disebabkan karena ketika beton mengalami kebakaran butiran-butiran halus dari semen posisinya kembali seperti semula atau semen belum bercampur air (Indrayanto. H ; 2008). Ketika beton yang terbakar disiram dengan air, maka kondisinya hampir sama dengan beton yang baru dicampur sehingga secara logika kekuatan semen untuk mengikat butiran-butiran pencampur beton hampir sama dengan beton baru. Sehingga sesuai dengan hasil penelitian ini bahwa kekuatan tekan beton yang terjadi tidak jauh berbeda dengan kekuatan tekan beton rencana.

V. SIMPULAN DAN SARAN.

5.1. Simpulan.

Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan beton setelah beton mengalami kebakaran kemudian dilakukan penyiraman dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilaksanakan test kuat tekan kubus beton dan analisis kuat tekan beton dari 8 benda uji, dimana pada masing-masing percobaan dilaksanakan pembuatan benda uji kubus dengan pembakaran dan penyiraman air yang bervariasi didapat kuat tekan beton: tidak dibakar dan tidak disiram = 230,91 Kg/Cm², dibakar tanpa penyiraman = 220,76 Kg/Cm², dibakar dan disiram satu kali = 224,56 Kg/Cm², dibakar dan disiram dua kali = 226,75 Kg/Cm², dan Kuat Tekan beton yang dibakar dan disiram tiga kali = 229,26 Kg/Cm².
2. Setelah dilaksanakan test kubus beton dengan umur 28 hari dari 5 (lima) percobaan dan analisis kuat tekan, maka beton setelah mengalami kebakaran selama 150 Menit kemudian dilakukan penyiraman air masih dapat dipakai kembali sebagai bahan konstruksi bangunan.

5.2. Saran.

Saran yang dapat dikemukakan sehubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, masih terbatas pada pembakaran selama 150 Menit dan disiram satu sampai dengan tiga kali, sehingga perlu ditambah perlakuan agar lebih bervariasi sehingga hasilnya lebih akurat, dan mendekati kenyataan yang terjadi di lapangan tentang durasi terjadinya bahaya kebakaran.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik agar digunakan benda uji yang lebih banyak atau sesuai persyaratan PBI,71 untuk masing-masing campuran beton.
3. Penelitian ini masih langkah awal dari beton yang terbakar, dan intervensi yang dilakukan baru hanya dengan penyiraman air, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai intervensi agar dapat memperbaiki mutu beton setelah mengalami kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakta I. M. ; 1997 ; **Rancangan Penelitian**. Penataran sehari : tentang Metode Penelitian. Diselenggarakan oleh Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, 15 Pebruari 1997. Denpasar.
- Bayuasri, Trisni ;2010 ; **Alternatif Perbaikan Beton Pasca Kebakaran** ; <http://untarconstruction.com>, download 28 Mei 2010.
- Hadi. S ; 1995 ; **Metodologi research, Jilid IV** ; Andi Offset, Yogyakarta.
- Indrayanto.H ; 2008 ; **Perbaikan Beton Pasca Kebakaran** ; <http://untarconstruction.com>, download 28 Mei 2010.
- Subakti A , 1994, **Teknologi Beton Dalam Praktek**, Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS, Surabaya.
- Wangsadinata Wiratman, 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya, **Peraturan Beton Indonesia 1971 N.I.-2**,
- Wibawa Sastra ; 2010 ; Turunnya Kuat Tekan Karakteristik Beton Pasca Bencana Kebakaran ; FT. UNMAS., Denpasar.