

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN *SILICA FUME* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN

*Baiq Virgia Srihayati¹, Suryawan Murtiadi¹, Ni Nyoman Kencanawati¹

^{*1}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Diterima: 18-01-2021 | Disetujui: 16-02-21

ABSTRAK

Kenaikan temperatur yang tinggi pada elemen struktur bangunan akibat kebakaran menimbulkan permukaan struktur berwarna hitam atau hangus dan memungkinkan terjadinya penurunan kekuatan layan beban. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton normal dan mutu tinggi setelah terbakar. Benda uji silinder dibuat dengan ukuran 150x300 mm untuk uji kuat tekan dan benda uji kubus ukuran 100x100x100 mm untuk beton pasca bakar. Benda uji mempunyai variasi mutu beton yaitu beton normal, beton+*silica fume*, dan beton mutu tinggi (*silica fume+sikament LN*). Uji pembakaran dilakukan saat beton berumur 90 hari selama 3 jam dengan variasi temperatur 400°C, 600°C dan 800°C. Hasil penelitian pada temperatur 400°C tidak terjadi perubahan warna pada beton. Sedangkan pada temperatur 600°C dan 800°C warna beton berturut-turut berubah menjadi putih keabu-abuan dan putih. Pada semua kondisi, beton mengalami penurunan berat berkisar 7-10%. Kuat tekan sisa beton normal umur 90 hari pada temperatur 400°C, 600°C, dan 800°C berturut-turut adalah 68,57%, 54,69% dan 31,42%. Untuk beton+*silica fume* berturut-turut adalah 62,64%, 51,63%, 26,35% dan beton mutu tinggi 74,82%, 60,94% dan 32,47%. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa peningkatan temperatur akibat kebakaran membawa dampak signifikan terhadap pengurangan kekuatan elemen struktur beton.

Kata kunci: beton, kuat tekan, *silica fume*, sikament LN, temperatur.

1. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir ini kebakaran struktur bangunan sering kali terjadi di berbagai wilayah di NTB, khususnya di Mataram. Kebakaran dapat disebabkan oleh beberapa hal, mulai dari hubungan arus pendek listrik, kompor meledak, maupun tindak kriminalitas. Akibatnya, banyak kerugian yang terjadi, baik berupa kerugian materi maupun non-materi. Oleh karena itu, pentingnya suatu peran dalam bidang teknik sipil khususnya pada bidang struktur adalah bagaimana menaksir temperatur tertinggi yang pernah dialami elemen-elemen struktur pasca kebakaran, dan menaksir kekuatan sisa struktur bangunan pasca kebakaran, sehingga akan diketahui tingkat kerusakan yang terjadi akibat kebakaran.

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 gosong 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 penggunaan struktur itu tidak maksimal.

Secara umum klasifikasi beton dibedakan menurut kekuatannya yaitu beton mutu normal (17,5 - 40 MPa), beton mutu tinggi (≥ 41 MPa). Penggunaan beton normal pada struktur bangunan-bangunan yang menahan beban cukup berat dan mempunyai bentang cukup panjang memerlukan dimensi penampang yang cukup besar dan jumlah tulangan yang cukup banyak sehingga berat/massa struktur menjadi besar. Untuk mengurangi berat struktur tersebut maka disarankan menggunakan beton mutu tinggi sehingga akan diperoleh dimensi dan jumlah tulangan yang lebih kecil. Untuk menghasilkan beton berkekuatan tinggi, dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambahan berupa pozzolan seperti *silica fume* dapat menghemat penggunaan semen dan diharapkan mampu menghasilkan kuat tekan beton mutu tinggi.

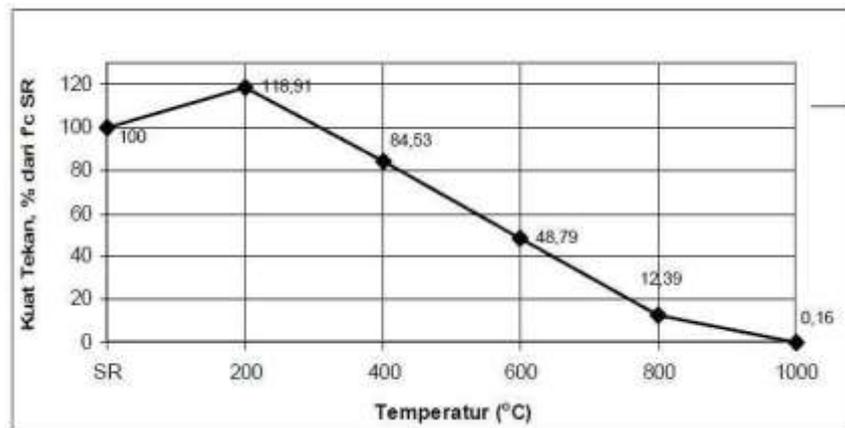
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dengan variasi yang berbeda terhadap kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan *silica fume* sebagai pengganti semen. Perilaku yang terjadi pada beton mutu tinggi ini akan dibandingkan dengan perilaku beton normal pada temperatur yang sama. Perubahan warna dan keretakan yang terjadi pada beton akibat temperatur yang tinggi juga akan diidentifikasi.

2. LANDASAN TEORI

Beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan (f_c') diatas 41 MPa. Beton mutu tinggi kekuatannya tidak selalu dinilai dari kuat tekan yang tinggi tetapi juga nilai dari modulus elastisitas (E) tinggi, angka kerapatan tinggi, permeabilitas rendah, ketahanan terhadap lingkungan agresif yang tinggi. Beton mutu tinggi biasanya dibuat dengan faktor air semen (fas) rendah daripada beton normal sehingga menyebabkan *workability* menjadi rendah. Untuk meningkatkan *workability* usaha yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan *superplasticizers*. Selain itu penambahan material pozzolan dapat mereduksi kadar semen dan dapat merubah struktur micro dalam beton mutu tinggi (Mahmud dan Ngudiyono, 2010).

Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Beton

Beton yang dipanaskan hingga 800°C, mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi (*recovery*) setelah proses pendinginan. Tingginya kehilangan kekuatan dan dapat tidaknya kekuatan material kembali seperti semula ditentukan oleh jenis material yang digunakan, tingkat keparahan pada proses kebakaran dan lama waktu pembakaran.



Gambar 1. Degradasi kuat tekan beton pada berbagai temperatur (Suhendro, 2000)

Bila pasta semen dipanasi, dari suhu kamar sampai sekitar 200°C, kekuatannya tampak sedikit meningkat, karena ketika sedikit di atas 100°C air bebas serta air yang terserap dalam air pasta menguap, selanjutnya ketika jauh di atas 100°C air yang secara kimiawi terikat erat dalam pasta juga menguap. Selanjutnya panas dinaikkan lagi kekuatan beton menurun. Pada suhu antara 400°C - 600°C Kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) berubah komposisi menjadi Kalsium oksida (CaO) yang sama sekali tidak mempunyai kekuatan. Selanjutnya di atas suhu 600°C atau 700°C unsur hasil hidrasi yang lain berubah komposisi sehingga kekuatan beton kehilangan kekuatan sama sekali (Tjokrodinuljo, 2000) sebagaimana tampak pada Gambar 1.

Silica Fume

Dalam *Guide for the Use of Silica fume in Concrete*, *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 mili mikron dan memiliki *specific surface area* sekitar 20000 m²/kg (Kencanawati dan Merdana, 2010).

Sikament LN

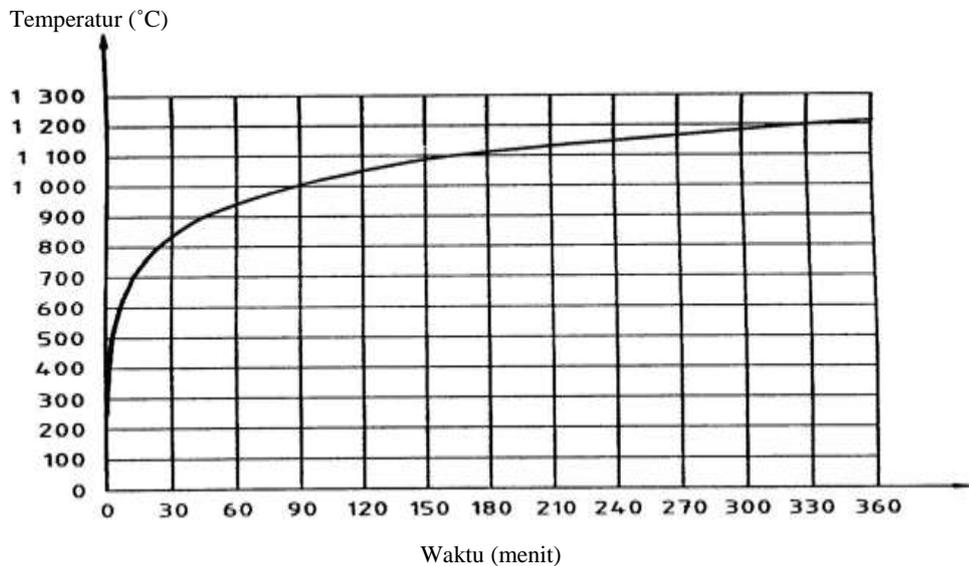
Sikament LN adalah cairan yang berfungsi sebagai aditif untuk pengurangan air jumlah besar dan superplastisator untuk mempercepat pengerasan beton dan kelecakan tinggi. Sikament LN dapat membantu beton menghasilkan kekuatan awal tinggi, mengurangi penggunaan air hingga 20% dan akan meningkatkan kekuatan tekan 28 hari sebesar 40% (Manggolo, 2013).

Kurva Pemanasan

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

$$T = 345 \log (8t + 1) + 20 \quad (1)$$

dengan T = temperatur tungku perapian rata-rata (°C), t = waktu (menit)



Gambar 2. Kurva waktu-temperatur standar (SNI 1741-2008)

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 hal tersebut di atas, panas juga menyebabkan beton berubah warna. Bila beton dipanasi sampai suhu 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).

Kuat tekan beton menurun dengan adanya kenaikan temperatur. Beton yang telah dipanasi pada temperatur 200°C, kuat tekan rata-ratanya sisa 85,83% dari beton normal. Jika dibakar sampai temperatur 400°C, kuat tekan rata-ratanya sisa 58,40%. Kekuatan ini akan terus menurun hingga sisa 35,08% pada temperatur 600°C (Ahmad, dkk., 2009). Pada suhu 900°C, beton mengalami *spalling* yaitu melepasnya sebagian permukaan beton dalam wujud lapisan tipis. Sedang *cracking* merupakan gejala retak remuk pada permukaan beton, seperti pecahnya kulit telur. Beton pada suhu 900°C ini sudah sangat parah. Karena permukaan jika dipegang seperti ada serbuk kapur yang banyak sekali dan beton sudah bengkak-bengkak selebar 2 mm, sehingga sangat mengkhawatirkan saat proses pemindahannya (Bayuasri, dkk., 2006).

3. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi agregat kasar berupa Kerikil dengan ukuran butir maksimum sebesar 20 mm, dan agregat halus berupa pasir. Kedua agregat tersebut didatangkan dari Unit Beton Perkasa. Semen portland tipe I merk Tiga Roda, *silica fume* dan *superplasticizer* jenis *sikament LN* menggunakan produk dari PT. Sika Nusa Pratama (2014), dan air yang berasal dari jaringan air bersih Laboratorium Teknik Universitas Mataram.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Ayakan/saringan, timbangan, piknometer, tungku pengering (oven), bak air, cetakan kubus (10x10x10) cm, cetakan silinder (15x30) cm, *furnace*, mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*), dan alat pendukung lainnya.

Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan penyusun beton meliputi pemeriksaan agregat kasar maupun agregat halus meliputi sifat-sifat fisis dan kandungan bahan organik yaitu pemeriksaan berat satuan agregat, berat jenis agregat, gradasi (analisis saringan) agregat dan kandungan lumpur pasir.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan *mix design* berdasarkan metode perhitungan SNI 03-6468-2000 dengan bahan tambah *silica fume* dan *superplasticizer* jenis *Sikament LN* dan. Sedangkan untuk beton normal berdasarkan metode perhitungan SNI T-15-1990-03.

Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda Uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton dengan ukuran 15x30 cm dan kubus dengan ukuran 10x10x10 cm dengan variasi dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Variasi Temperatur dan Jumlah Benda Uji Kubus

| Benda Uji | Variasi Temperatur | | | | Jumlah |
|-----------|--------------------|-------|-------|-------|--------|
| | Tanpa pembakaran | 400°C | 600°C | 800°C | |
| BN | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| BSF | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| BMT | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Jumlah | | | | | 36 |

Tabel 2. Jumlah Benda Uji Silinder

| Benda Uji | Kuat Tekan |
|-----------|------------|
| BN | 3 |
| BSF | 3 |
| BMT | 6 |
| Jumlah | 12 |

Keterangan, BN = Beton Normal, BSF = Beton + *silica fume*, BMT = Beton Mutu Tinggi, dengan penambahan *Silica Fume* + *Sikament LN*

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Kelembaban beton harus dijaga agar beton tidak mengalami keretakan karena proses kehilangan air yang begitu cepat. Pada penelitian ini metode perawatan yang dilakukan adalah dengan melakukan perendaman terhadap sampel beton dalam bak berisi air. Perawatan sampel dilakukan selama 28 dan 90 hari.

Pembakaran Benda Uji

Pengujian temperatur/ pembakaran pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat beton akibat kebakaran yang terjadi. Beton yang sudah direndam, kemudian didiamkan di suhu ruang selama 90 hari dan selanjutnya beton dimasukkan ke dalam oven (*furnace*). Benda uji kemudian dibakar selama 3 (tiga) jam pada temperatur 400°C, 600°C, dan 800°C, masing-masing benda uji sebanyak 3 (tiga) buah.

Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 03-1974-1990 dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Menurut SNI 03-1974-1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat dan berbagai jenis campuran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai dari pengujian pendahuluan bahan campuran beton ringan, seperti berat satuan agregat, berat jenis agregat, gradasi agregat, dan kadar lumpur.

Hasil Pengujian Berat Satuan Agregat

Hasil pemeriksaan menunjukkan berat satuan lepas rata-rata 1,263 gr/cm³ untuk pasir dan 1,283 gr/cm³ untuk kerikil, sedangkan untuk berat satuan padat rata-rata 1,487 gr/cm³ untuk pasir dan 1,374 gr/cm³ untuk kerikil. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua material ini termasuk dalam jenis agregat normal yang memiliki berat satuan antara 1,2 – 1,6 gr/cm³.

Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Pada penelitian ini bahan pasir yang digunakan termasuk pada zone II yaitu pasir 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 dengan modulus kehalusan butiran disyaratkan sebesar 1,5 – 3,8 (Tjokrodinuljo, 1996).

Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Melalui prosedur yang sama seperti pada analisis gradasi pasir, 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).

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

Hasil Pemeriksaan 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).

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan *mix design* berdasarkan metode perhitungan SNI 03-6468-2000 untuk beton mutu tinggi dan SNI.T-15-1990-03 untuk beton normal. Kebutuhan campuran beton masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kebutuhan campuran beton kubus 100x100x100 mm per m³

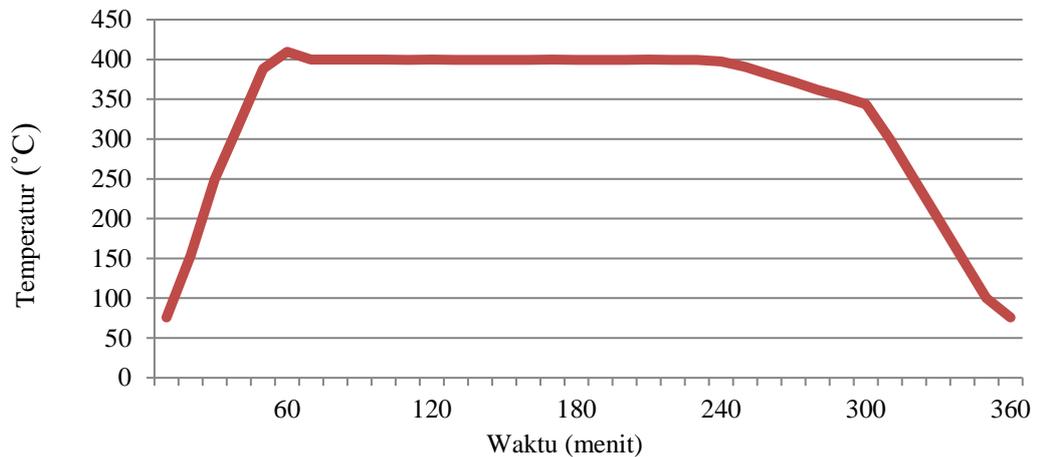
| Nama | f _c rencana (MPa) | FAS | Air (Kg) | Pasir (Kg) | Kerikil (Kg) | Semen (Kg) | Silica Fume (Kg) | Sikament LN (ml) |
|------|------------------------------|-----|----------|------------|--------------|------------|------------------|------------------|
| BN | 25 | 0,6 | 225,00 | 808,80 | 876,20 | 375,00 | | |
| BSF | 30 | 0,5 | 225,00 | 775,10 | 909,90 | 361,61 | 40,18 | |
| BMT | 60 | 0,3 | 202,32 | 512,56 | 934,32 | 606,95 | 67,44 | 41,27 |

Tabel 4. Kebutuhan campuran beton silinder 150x300 mm per m³

| Nama | f _c rencana (MPa) | FAS | Air (Kg) | Pasir (Kg) | Kerikil (Kg) | Semen (Kg) | Silica Fume (Kg) | Sikament LN (ml) |
|------|------------------------------|------|----------|------------|--------------|------------|------------------|------------------|
| BN | 25 | 0,48 | 225,00 | 758,25 | 926,75 | 468,75 | | |
| BSF | 30 | 0,44 | 225,00 | 758,25 | 926,75 | 460,22 | 51,14 | |
| BMT | 60 | 0,3 | 202,32 | 512,56 | 934,32 | 606,95 | 67,44 | 41,27 |

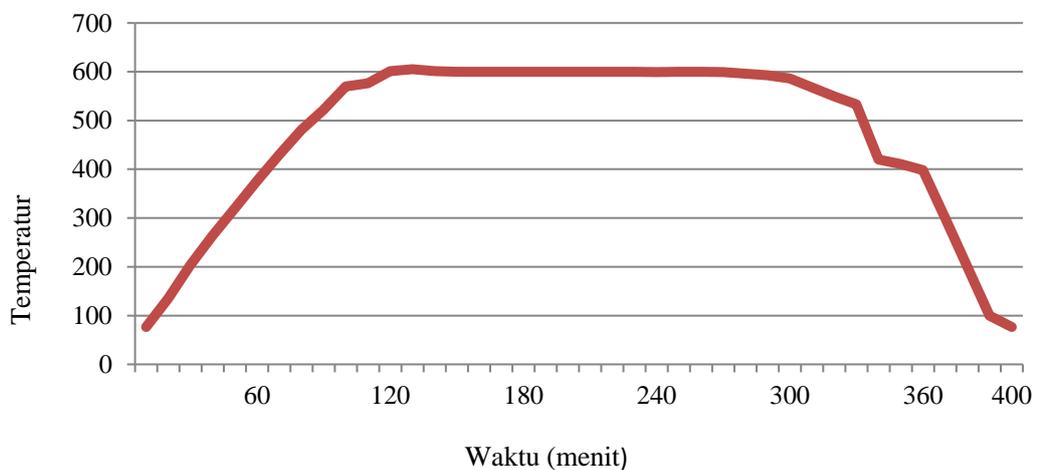
Lamanya waktu pembakaran beton

Proses pembakaran benda uji kubus 100x100x100 mm menggunakan oven (*furnace*) yang dilengkapi dengan pengukur dan pengatur suhu otomatis, sehingga lama pembakaran dapat dikontrol. Pada saat pengaturan, temperatur *furnace* ditambah 10%. Proses pembakaran ditahan selama 3 jam dengan lamanya waktu kenaikan temperatur yang berbeda pada setiap variasi. Pada Gambar 3 dibutuhkan waktu 1 jam untuk mencapai temperatur 400°C.

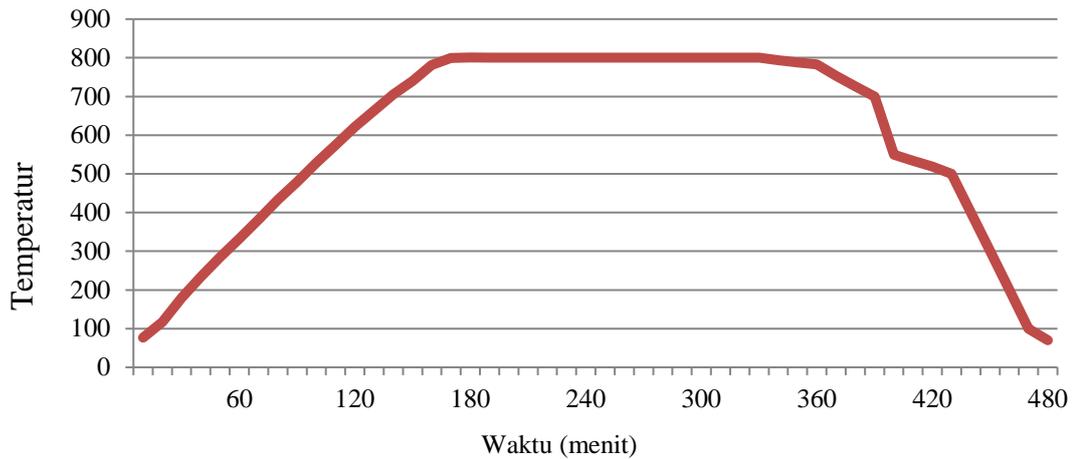


Gambar 3. Kurva Waktu-Temperatur Beton (T = 400°C)

Semakin tinggi temperatur dibutuhkan waktu yang semakin lama untuk mencapai temperatur tersebut. Pada Gambar 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa untuk mencapai temperatur 600°C dibutuhkan waktu selama 2 jam, sedangkan dibutuhkan waktu selama 3 jam untuk mencapai temperatur 800°C.



Gambar 4. Kurva Waktu-Temperatur beton T = 600°C



Gambar 5. Kurva Waktu-Temperatur beton T = 800°C

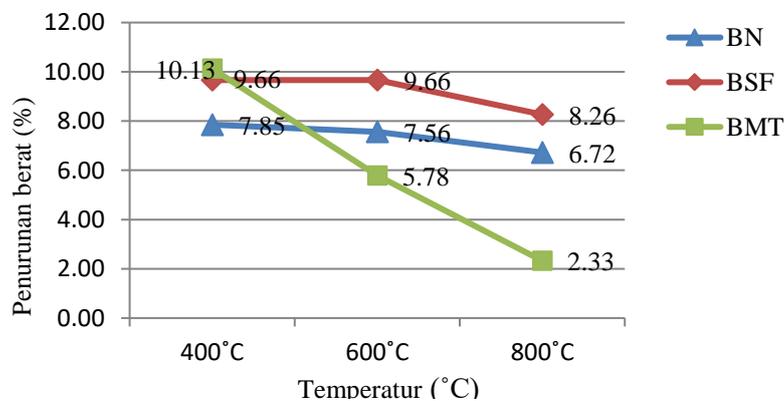
Perubahan Fisik Beton Pasca Bakar

Hasil Pengamatan visual terhadap beton pasca bakar yaitu pada temperatur 400°C perubahan warna yang dialami tidak terlalu signifikan, tetapi kondisi beton pada temperatur ini terdapat sedikit retak-retak rambut. Pada temperatur 600°C retak-retak rambut semakin banyak dan mengalami perubahan warna menjadi putih keabu-abuan. Pada proses pembakaran dengan temperatur 800°C terjadi proses karbonisasi yaitu terbentuknya kalsium karbonat (CaCO₃) sehingga merubah warna beton menjadi keputih-putihan. Disamping itu pada temperatur ini terjadi penurunan lekatan antara batuan dan pasta semen, yang ditandai oleh retak-retak dan kerapuhan beton. Perubahan beton tidak hanya terjadi pada warna saja tetapi juga timbul retakan.

Proses pembakaran beton pada temperatur tinggi selain mengakibatkan perubahan warna juga mengakibatkan penurunan berat pada beton. Hasil penurunan berat pada beton dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 6.

Tabel 5. Penurunan Berat Pada Beton

| Nama | Berat awal (Kg) | | | Berat setelah dibakar (Kg) | | | Penurunan Berat (%) | | |
|------|-----------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| | 400°C | 600°C | 800°C | 400°C | 600°C | 800°C | 400°C | 600°C | 800°C |
| BN | 2,42 | 2,38 | 2,38 | 2,23 | 2,20 | 2,22 | 7,85 | 7,56 | 6,72 |
| BSF | 2,38 | 2,38 | 2,42 | 2,15 | 2,15 | 2,22 | 9,66 | 9,66 | 8,26 |
| BMT | 2,37 | 2,25 | 2,15 | 2,13 | 2,12 | 2,10 | 10,13 | 5,78 | 2,33 |



Gambar 6. Grafik Penurunan Berat Pada Beton

Dari Tabel 5 dapat dilihat penurunan berat beton normal, beton+*silica fume*, dan beton mutu tinggi pada temperatur 400°C berturut-turut sebesar 7,85%, 9,66%, dan 10,13%. Selain itu penurunan berat beton yang terjadi pada temperatur 600°C berturut-turut sebesar 7,56%, 9,66%, dan 5,78 %, sedangkan untuk temperatur 800°C penurunan berat beton berturut-turut sebesar 6,72%, 8,26 %, dan 2,33 %.

Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder 150 x 300 mm dilakukan setelah perawatan dan mencapai umur 28 hari dan pada umur 90 hari untuk beton mutu tinggi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kuat Tekan Beton Silinder 150x300 mm

| Nama | Hari | Kuat Tekan (MPa) |
|------|------|------------------|
| BN | 28 | 36,87 |
| BSF | | 36,97 |
| BMT | | 40,74 |
| BMT | 90 | 42,63 |

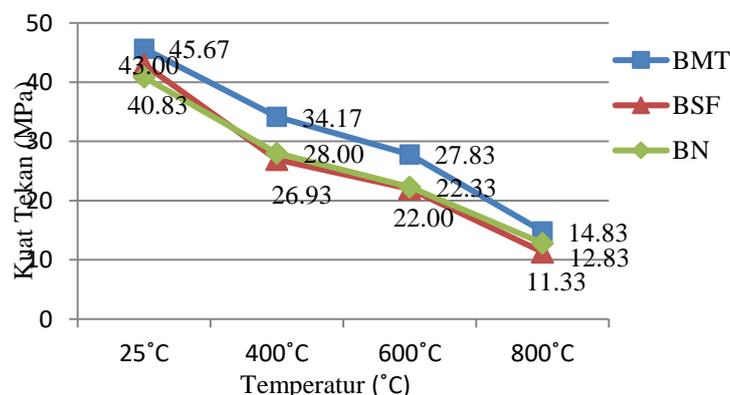
Tabel 6 menjelaskan bahwa untuk beton mutu tinggi pada umur 28 hari belum dikategorikan sebagai beton mutu tinggi disebabkan bahan tambah *silica fume* pada beton belum bereaksi. Pada umur 90 hari kuat tekan beton naik sekitar 4,43% dan bisa dikategorikan sebagai beton mutu tinggi yaitu lebih dari 41 MPa.

Kuat Tekan Beton Pasca Bakar

Pembakaran benda uji kubus beton dilakukan pada umur 90 hari. Hasil uji kuat tekan beton pasca bakar dengan berbagai variasi temperatur dan penurunan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 7.

Tabel 4.4 Penurunan kuat tekan beton akibat temperatur

| Nama | Kuat Tekan (MPa) | | | | Sisa Kuat Tekan (%) | | |
|------|------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| | 25°C | 400°C | 600°C | 800°C | 400°C | 600°C | 800°C |
| BN | 40,83 | 28,00 | 22,33 | 12,83 | 68,57 | 54,69 | 31,42 |
| BSF | 43,00 | 26,93 | 22,00 | 11,33 | 62,64 | 51,63 | 26,35 |
| BMT | 45,67 | 34,17 | 27,83 | 14,83 | 74,82 | 60,94 | 32,47 |



Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Beton Pasca Bakar

Tabel 7 menunjukkan perbandingan penurunan kuat tekan beton normal dengan beton+*silica fume* yang sangat signifikan pada masing-masing temperatur. Beton+*silica fume* termasuk kategori beton mutu tinggi dengan kekuatan awal sebesar 43 MPa. Tetapi pada saat dibakar ketahanan terhadap api lebih rendah dibandingkan dengan beton normal dengan kekuatan awal sebesar 40,83 MPa, dengan kuat tekan sisa paling rendah pada

temperatur 800°C berturut-turut sekitar 26,35% dan 31,42%. Hal ini disebabkan karena bahan tambah *silica fume* mengisi rongga-rongga di antara bahan semen dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang (Ardiansyah, 2010). Sehingga pada saat proses pembakaran beton tidak memiliki cukup pori untuk menyalurkan uap air akibatnya terjadi penurunan kuat tekan beton.

5. KESIMPULAN

Kuat tekan beton normal, beton+*silica fume*, dan beton mutu tinggi sebelum dibakar berturut-turut adalah 40,83 MPa, 43,00 MPa dan 45,67 MPa. Sedangkan kuat tekan sisa beton normal pada temperatur 400°C, 600°C dan 800°C berturut-turut adalah 68,57%, 54,69% dan 31,42%. Pada temperatur 400°C, 600°C, dan 800°C kuat tekan sisa beton+*silica fume* umur 90 hari berturut-turut sebesar 62,64%, 51,63% dan 26,35%, sedangkan pada temperatur yang sama kuat tekan sisa beton mutu tinggi berturut-turut adalah 74,82%, 60,94% dan 32,47%. Penurunan berat beton normal, beton+*silica fume*, dan beton mutu tinggi pada temperatur 400°C berturut-turut sebesar 7,85%, 9,66%, dan 10,13%. Selain itu pada temperatur 600°C penurunan berat beton yang dialami berturut-turut adalah 7,56%, 9,66%, dan 5,78%, sedangkan untuk temperatur 800°C penurunan berat beton berturut-turut sebesar 6,72%, 8,26%, dan 2,33%. Dan Perubahan warna beton tidak terjadi pada temperatur 400°C, namun pada temperatur 600°C warna beton menjadi putih keabu-abuan, sedangkan pada temperatur 800°C warna beton menjadi putih.

6. SARAN

Hasil penelitian tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara perilaku beton mutu tinggi dan beton normal. Hal ini disebabkan karena perbedaan kuat tekan diantara kedua mutu beton ini juga tidak signifikan. Disarankan perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan kuat tekan beton mutu tinggi di atas 60 MPa. Dengan demikian didapat perbedaan yang signifikan perilaku beton mutu tinggi dibandingkan dengan beton normal.

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., Vol. 16, No. 2.
- Ardiansyah, R. (2010). <https://ronymedia.wordpress.com/2010/05/26/apakah-silica-fume-itu/>.
- Bayuasri, T., Indarto H., dan Antonius. (2006). *Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi*. Jurnal Pilar., Vol. 15, No.2.
- Kencanawati, N.N. dan Merdana, I.N. (2010) *Perbandingan Penggunaan Pozolan Alami (Abu Sekam Padi) dan Pozolan Buatan (Sika Fume) pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Mahmud, F. dan Ngudiyono. (2010). *Pengaruh Penggunaan Pozolan Trass Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Mutu Tinggi.*, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram.
- Manggolo, S.T. (2013). *Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Bakar dengan Substitusi Sebagian Semen oleh Fly Ash dan Penambahan Water Reducing High Range*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- PT. Sika Nusa Pratama. (2014). <http://idn.sika.com/in/solusi-produk.html>
- SK SNI S-04-1989-F. (1989). *Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan*. Dinas Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Jakarta.
- SNI 03-1974-1990. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Standar Nasional Indonesia, Dinas Pekerjaan Umum, Balitbang PU, Jakarta.
- SNI 03-6468-2000. (2000). *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*. Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- SNI 1741-2008. (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.
- SNI T-15-1990-03. (1993). *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*, Departemen Pekerjaan Umum, LPMB, Jakarta.
- Suhendro, B. (2000). *Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. (2000). *Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar*. PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton.*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.