

# KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH SEBAGAI NILAI ESTIMASI KEKUATAN SISA PADA BETON SERAT KASA ALUMINIUMAKIBAT VARIASI SUHU

## *Compressive Strength and Split Cylinder Strength As The Estimated Value of Residual Strength of Aluminium Wire-mesh Fibre Concrete Due to Variation of Temperature*

Nanang Gunawan Wariyatno<sup>1</sup>, Yanuar Haryanto<sup>2</sup>

nanang\_g@yahoo.com

yanuar\_haryanto@yahoo.com

*Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman*

**Abstrak**— Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton serat kasa aluminium. Benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan kadar penambahan serat kasa aluminium ditetapkan sebesar 0,2%. Variasi suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25°C (suhu ruang), 400°C dan 800°C. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan penurunan nilai kuat tekan. Kuat tekan pada suhu 400°C dan 800°C untuk beton normal dan beton serat kasa masing-masing sebesar 22,04%, 39,21%, 21,68% dan 45,81%. Pengujian kuat tarik belah beton pada suhu 400°C dan 800°C untuk beton normal dan beton serat kasa menunjukkan adanya penurunan masing-masing sebesar 20,36%, 51,27%, 21,98% dan 56,30%. Penurunan nilai modulus elastisitas pada suhu 400°C dan 800°C untuk beton normal dan beton serat kasa masing-masing sebesar 2,20%, 65,22%, 6,79% dan 61,33%, dimana keseluruhan pengujian dibandingkan dengan beton normal maupun beton serat kasa pada suhu ruang (25°C).

**Kata kunci**— kuat tekan, kuat tarik belah, kasa aluminium, beton serat

**Abstract**— This study was aimed to determine influence of temperature variation to the compressive strength and split cylinder strength of aluminium wire-mesh fibre concrete. Specimen was concrete cylinder with 15 cm in diameter and 30 cm in high, and the volume fraction of aluminium wire-mesh fibre was specified equal to 0.2%. Temperature variations applied in this research were 25°C (room temperature), 400°C and 800°C. The result showed that increasing of temperature had caused compressive strength reduction. Compressive strength at temperature 400°C and 800°C for both normal concrete and wire-mesh fibre concrete were equal to 22.04%, 39.21%, 21.68% and 45.81%. Split cylinder test at temperature 400°C and 800°C for both normal concrete and wire-mesh fibre concrete showed reduction which were equal to 20.36%, 51.27%, 21.98% and 56.30%. On the other hand modulus of elasticity reduction at temperature 400°C and 800°C for both normal concrete and wire-mesh fibre concrete were 2.20%, 65.22%, 6.79% and 61.33%, where all of tests were compared to normal concrete and wire-mesh fibre concrete at room temperature (25°C).

**Keyword**— compressive strength, split cylinder strength, modulus of elasticity, aluminium wire-mesh, fibre concrete

### PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk mengurangi sifat getas dan meningkatkan ketahanan retak awal pada beton dapat ditempuh dengan cara menambahkan serat dalam campuran beton. Serat yang ditambahkan dapat dari berbagai tipe, bentuk permukaan, panjang serat dan persentase jumlah serat (*fiber volume fraction, Vf*). Terdapat berbagai macam bahan fiber yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton seperti yang telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1996)

dan Soroushian & Bayasi (1987). Bahan-bahan fiber tersebut antara lain berupa serat baja (*steel fiber*), kaca (*glass fiber*), plastik (*polypropylene*) dan karbon (*carbon*).

Penelitian beton serat kasa kasar dari baja menunjukkan bahwa pada penambahan persentase kasa 0,8% dari volume beton menghasilkan peningkatan kekuatan tarik belah rata-rata sebesar 31,48% dan pada beton dengan penambahan serat kasa halus (aluminium) 0,2% terhadap volume beton menghasilkan kuat tarik belah yang lebih besar lagi, yaitu sebesar 55,56% terhadap beton normal (Purnomo, 2003). Penelitian

lanjutan dari Arsyad (2003) yang mengkaji kapasitas lentur dan geser balok beton bertulang dengan penambahan serat anyaman kasa halus sebesar 0,2% memperlihatkan peningkatan sebesar 37,24% untuk kapasitas lentur dan peningkatan sebesar 30,6024% untuk kapasitas geser terhadap beton normal.

Pada dasarnya beton merupakan bahan yang memiliki daya tahan api relatif lebih baik dibandingkan dengan material lain seperti baja, terlebih lagi kayu. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material dengan daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi rembetan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut. Oleh karena itu selimut beton biasanya dirancang dengan ketebalan yang cukup yang dimaksudkan untuk melindungi tulangan dari suhu yang tinggi. Namun jika suatu struktur mengalami kebakaran, beban suhu yang dialami merupakan beban yang ekstrim karena peningkatan suhu yang naik secara drastis dari suhu normal.

Struktur beton yang terpapar suhu tinggi (mengalami kebakaran) akan mengalami kerusakan dari tingkat yang paling ringan, sedang, sampai berat tergantung dari tinggi temperatur dan durasi kebakaran. Estimasi kekuatan sisa yang dimanifestasikan terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton akibat variasi suhu menjadi penting sehubungan dengan teknologi pencegahan terhadap kegagalan struktur maupun perbaikan kerusakan yang terjadi. Pada kajian ini akan dibahas pengaruh variasi suhu terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton serat kasa aluminium dengan kadar 0,2% yang mengacu pada penelitian Purnomo (2003). Variasi suhu ditetapkan 400°C, 800°C dengan kontrol suhu ruang 25°C.

#### TINJAUAN PUSTAKA

##### A. Beton Serat

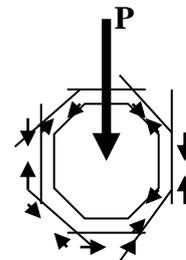
Tjokrodimulyo(1996) mengemukakan bahwa serat (*fibereinforced concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter 5 sampai 500  $\mu\text{m}$  (*micrometer*) dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Bahan serat dapat berupa: serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik, serat gelas/kaca atau potongan-potongan kawat baja. Sedangkan menurut ACI *Committee* beton serat (*fibre reinforced concrete*) didefinisikan sebagai beton dengan bahan susun semen, agregat halus dan agregat kasar serta sejumlah kecil serat (*fibre*). Ide dasar penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton dengan serat, yang disebarkan secara merata untuk mencegah retakan-retakan yang terjadi akibat pembebanan (Soroshian & Bayasi, 1987). Dengan tercegahnya retakan-retakan

yang terlalu dini, kemampuan bahan untuk mendukung tegangan-tegangan dalam (aksial, lentur, dan geser) yang terjadi akan jauh lebih besar (Suhendro, 2000).

Upaya peningkatan kuat tekan pada beton ringan dengan penambahan serat aluminium juga telah diteliti oleh Tirta (2004). Penelitian ini menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 80% dari beton ringan normal untuk kadar penambahan serat aluminium sebesar 0,75%. Penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Haryanto (2004) memperlihatkan bahwa penambahan serat aluminium sebesar 0,75% mampu meningkatkan kuat kejut sebesar 250% untuk kondisi retak pertama dan 300% untuk kondisi runtuh total dibanding beton ringan normal.

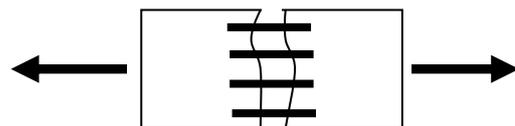
Mekanisme kerja serat dalam adukan beton secara bersama-sama, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Serat bersama pasta beton akan membentuk matriks komposit, dimana serat akan memberi kontribusi dalam menahan beban yang ada sesuai dengan modulus elastisitasnya.



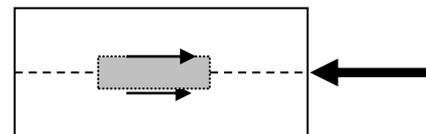
Gambar 1. Matriks komposit.

2. Pasta beton akan semakin kokoh/stabil dalam menahan beban karena adanya aksi *fibre bridging* yang menghambat penyebaran retak.



Gambar 2. *Fibre bridging*.

3. Serat akan melakukan aksi pasak (*dowel action*) sehingga pasta yang sudah retak tetap stabil/kokoh menahan beban yang ada.



Gambar 3. *Dowel action*.

Pengaruh penambahan serat ke dalam adukan beton tergantung pada hal-hal berikut:

1. Jenis (Ukuran dan Bentuk) Serat

Sebenarnya semua jenis serat dapat digunakan sebagai bahan tambahan yang dapat memperkuat atau memperbaiki sifat-sifat beton. Penggunaannya tergantung dari maksud penambahan serat ke dalam beton baik bahan alami atau buatan, tetapi yang harus diperhatikan adalah bahwa serat tersebut harus mempunyai kuat tarik yang lebih besar daripada kuat tarik beton. Selain itu ketahanan suatu jenis serat terhadap alkali juga harus diperhatikan.

2. Aspek Rasio Serat

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan serat sebanyak 0,75% sampai dengan 1,0% dari volume adukan dengan menggunakan *aspect ratio* sekitar 70 akan memberikan hasil yang optimal (Suhendro, 2000). Untuk serat yang berbentuk pipih maka aspek rasio diambil dari perbandingan panjang dan tebal (Harjono, 2001).

3. Persentase Serat

Penambahan konsentrasi serat yang terlalu banyak akan mengakibatkan penggumpalan (*balling effect*) yang akan menghalangi penyebaran secara merata ke seluruh beton sehingga dapat menurunkan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*).

Serat yang digunakan adalah serat anyaman kawat (kasa) halus dengan ukuran panjang 2,5 cm dan lebar 1 cm. Spesifikasi kasa halus disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. SPESIFIKASI SERAT KASA ALUMINIUM

Keterangan	Spesifikasi
Nama bahan	Kasa aluminium TB
Material	Aluminium
Berat jenis (ton/m <sup>3</sup> )	2,2989
Titik cair (°C)	660,2
Kuat tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	11,6
Kuat mulur (kg/mm <sup>2</sup> )	11,0

(Sumber: Surdia dan Saito, 2000)

B. Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin pembebanan. Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kuat tekan beton.

Beton relatif kuat menahan gaya tekan. Keruntuhan beton sebagian disebabkan karena rusaknya ikatan pasta dengan agregat. Nilai kuat tekan beton didapat melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm tinggi 300 mm) sampai hancur. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (*f'c*) yang dicapai benda uji pada umur 28 hari akibat beban tekan selama pengujian.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum *f'c* dengan satuan MPa (Mega Pascal). Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10-65 MPa. Untuk struktur beton bertulang umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan 17-30 MPa, sedang untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar 30-45 MPa. Rumus empiris untuk menghitung kuat tekan disajikan pada Persamaan 1.

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dimana:

*f'c* = kuat tekan beton ( N/mm<sup>2</sup>)

P = beban maksimum (N)

A = luas permukaan benda uji silinder (mm<sup>2</sup>)

Nilai kuat tekan dan kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton yang tepat sulit diukur. Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan *modulus of rupture* yaitu tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos sebagai pengukur kuat tarik sesuai teori elastisitas.

Kuat tarik bahan beton juga ditentukan melalui pengujian *split cylinder* yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*, seperti dirumuskan pada Persamaan 2 sebagai berikut (Dipohusodo, 1996):

Nanang Gunawan Wariyatno dan Yanuar Hariyanto  
kuat tekan dan kuat tarik belah sebagai nilai  
estimasi kekuatan sisa pada beton serat  
kasa aluminium akibat variasi suhu

$$f_t = \frac{2 P}{\pi l d} \quad (2)$$

dimana:

- ft = kuat tarik beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = beban pada saat benda uji terbelah (N)
- l = panjang benda uji silinder (mm)
- d = diameter benda uji silinder (mm)

### C. Sifat Beton Pada Temperatur Tinggi

Pengaruh pemanasan sampai pada temperatur 200°C sebenarnya menguntungkan terhadap beton, karena akan menyebabkan penguapan air (*dehidrasi*) dan penetrasi ke dalam rongga-rongga beton lebih dalam, sehingga memperbaiki sifat lekatan antar partikel-partikel C-S-H. Warna beton yang dipanaskan pada temperatur ini umumnya berwarna hitam gelap. Selanjutnya jika panas dinaikkan lagi, kekuatan beton cenderung menurun. Pada suhu antara 400°-600°C, penurunan kuat tekan dan kuat lentur dapat mencapai hingga 50% dari kuat tekan sebelumnya. Penurunan ini disebabkan karena terjadinya 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 terjadilah proses karbonisasi yaitu terbentuknya *Calcium Carbonat* (CaCO<sub>3</sub>) yang berwarna keputih-putihan sehingga merubah warna permukaan beton menjadi lebih terang (pink keputihputihan). Di samping itu pada temperatur ini terjadi penurunan lekatan antara batuan dan pasta semen, yang ditandai oleh retak-retak dan oleh kerapuhan beton (mudah dipecah dengan tangan). Pada suatu struktur bangunan beton yang mengalami kebakaran, kekuatan beton dipengaruhi oleh variasi temperatur, tingkat pemanasan, jenis dan perilaku pembebanan, jenis dan ukuran agregat, serta rasio air semen. Menurut Fintel (1987), agregat ringan yang umumnya berada di permukaan beton akan mengalami pelunakan bila terjadi kebakaran selama ± 4 jam dibanding agregat lain yang lebih berat dan normal (karbonat dan silikat). Namun dalam praktek, pelunakan yang terjadi pada agregat ringan ini umumnya kecil.

Pada saat paparan temperatur tinggi, sebagian air dan kalsium silikat (CaSi) yang terhidrasi pada pasta semen akan menghilang, yang dikenal sebagai *desiccation* (pengeringan melalui penguapan), yang akan diikuti dengan berkurangnya kekuatan. Tingkat *desiccation* dan pengurangan kekuatan beton tergantung pada temperatur yang dicapai dan lama pemanasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton mempunyai nilai konstan pada temperatur

normal sampai dengan ± 500°C, dan pada temperatur di atas ± 500°C, kuat tekan beton (f'c) akan berkurang ± 50% dari kekuatan awalnya (Gustafarro, 1985). Kuat tekan beton karena pengaruh temperatur yang tinggi akan menurun secara signifikan di atas suhu 600°F (Neville, 1975).

Kebakaran pada gedung mengakibatkan elemen struktur mengalami penurunan kekuatan akibat temperatur tinggi yang dialaminya. Temperatur pada ruang gedung yang terbakar dapat mencapai maksimum 1200°C (rata-rata 800°C - 900°C). Pada ketebalan selimut beton 10 mm temperatur mencapai sekitar 480°C setelah 30 menit, 680°C setelah 60 menit, dan 800°C setelah 90 menit. Neville (1975) menyatakan salah satu sifat yang mempengaruhi perilaku beton dalam jangka panjang adalah daya antar panas (*thermal conductivity*) yang merupakan rasio dari perubahan panas terhadap temperatur. Tingkat konduktivitas air kurang dari setengah tingkat konduktivitas pasta semen, sehingga semakin berkurang kandungan air dalam beton dan kuat tekan beton bertambah.

Menurut Triwiyono (2001), pada suhu antara 700°C - 900°C telah terjadi proses kalsinasi pada beton, yaitu perubahan CaCO<sub>3</sub> menjadi CaO dan CO<sub>2</sub> yang mengakibatkan *crack* sehingga kuat tekan beton tinggal 10% - 20%. Kadreni (2001) dalam penelitiannya tentang pemakaian *steel fiber* pada beton pasca bakar menyimpulkan bahwa kuat tekan beton normal pada suhu 400°C dan 800°C mengalami penurunan berturut-turut sebesar 30% dan 75% serta 26,502% dan 67,623% untuk beton serat. Crozier, dkk (1999) membahas kekuatan sisa (*residual strength*) balok mutu tinggi yang dibakar. Dari hasil uji kuat tekan silinder beton didapatkan sisa kuat tekan pada temperature 200°C, 400°C, dan 800°C berturut-turut sebesar 98,5%, 65,8%, 39,1% dan 19,9% dibandingkan kuat tekan silinder pengontrol.

### METODE

Bahan-bahan yang digunakan meliputi: semen, pasir, kerikil, serbuk kasa aluminium dan air bersih. Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain: timbangan, ayakan, gelas ukur, alat pengaduk beton, cetakan beton, alat uji slump (krucut abrams), oven, alat pembakar (*burner*), tungku pembakaran dan *Compression Testing Machine*. Variasi suhu ditetapkan sebesar 400°C, 800°C dengan kontrol suhu ruang 25°C. Kebutuhan benda uji untuk masing-masing pengujian disajikan pada Tabel 2.

TABEL 2. KEBUTUHAN BENDA UJI

Penambahan Serat	Suhu	Uji Kuat Tekan	Uji Kuat Tarik Belah
0%	25° (normal)	3	3
	400°	3	3
	800°	3	3
0,2%	25° (normal)	3	3
	400°	3	3
	800°	3	3
Jumlah Benda Uji		18	18
Total		36	

Secara rinci pelaksanaan penelitian dibagi menjadi tahapan sebagai berikut:

1. Tahap I

Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

2. Tahap II

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut. Selain itu untuk mengetahui apakah agregat kasar maupun halus tersebut memenuhi persyaratan atau tidak.

3. Tahap III

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut:

- Penetapan campuran adukan beton.
- Pembuatan adukan beton.
- Pemeriksaan *workability*.
- Pembuatan benda uji (Pengecoran silinder)

4. Tahap IV

Disebut dengan tahap perawatan (*curing*), dimana semua benda uji direndam dalam air. Satu hari sebelum pengujian, beton dikeluarkan dari air dan diangin-anginkan hingga kondisi jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).

5. Tahap V

Merupakan tahap pembakaran. Tahap pembakaran benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Yogyakarta. Pembakaran dilakukan setelah benda uji berumur minimal 28 hari, dengan cara dimasukkan satu per satu ke dalam tungku pembakar.

6. Tahap VI

Disebut dengan tahap pengujian, dimana kelompok benda uji silinder yang telah mengalami beban api (dibakar), diuji dengan menggunakan mesin tekan (*Compression Testing Machine*) dan kuat tarik bahan beton ditentukan melalui pengujian *split cylinder*.

7. Tahap VII

Disebut tahap analisis data. Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

8. Tahap VIII

Disebut tahap pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

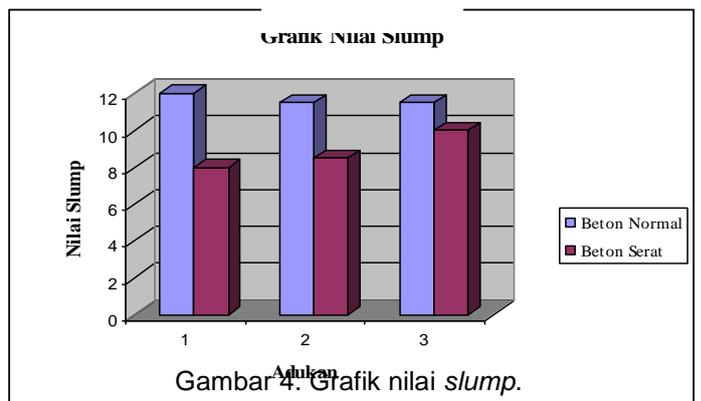
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Nilai Slump

Pengujian nilai *slump* bertujuan untuk mengetahui *workability* adukan beton. Nilai *slump* merupakan sifat dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Semakin besar nilai *slump* berarti adukan beton semakin encer dan mudah dikerjakan. Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar (Tjokrodimuljo, 1996). Hasil pengujian nilai *slump* disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 4.

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN NILAI SLUMP

Adukan	Nilai Slump (cm)	
	Beton Normal	Beton Serat Kasa Aluminium
1	12	8
2	11,5	8,5
3	11,5	10



Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat anyaman kawat ke dalam adukan beton

mengakibatkan penurunan nilai *slump*. Penambahan serat pada adukan beton menyebabkan luas permukaan bahan yang harus dilumasi oleh air bertambah, sehingga jumlah air bebas yang sangat berpengaruh pada kelecakan beton menjadi semakin berkurang. Hal tersebut menyebabkan proses pencampuran adukan semakin sulit dan kelecakan adukan beton semakin menurun (Sudarmoko, 1993).

### B. Pengujian Kuat Tekan

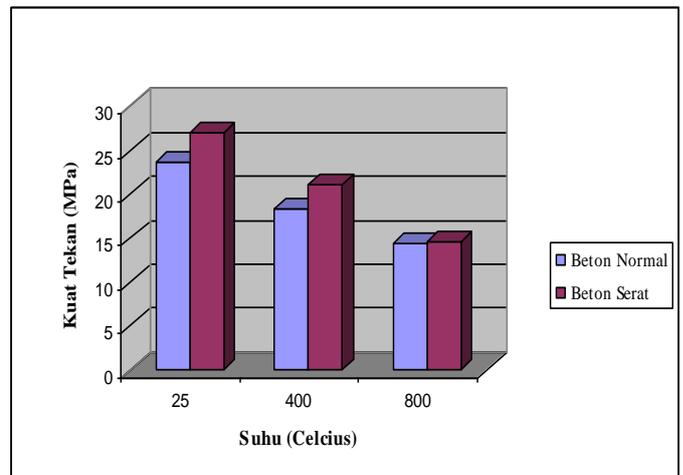
Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari, dengan benda uji berupa silinder beton berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hasil pengujian kuat tekan disajikan dalam Tabel 4, Tabel 5 dan Gambar 5.

TABEL 4. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON NORMAL

No.	Benda Uji	Suhu (°C)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Penurunan (%)
1.	BN-25		22,64		
2.	BN-25	25	23,21	23,59	-
3.	BN-25		24,91		
4.	BN-400		18,11		
5.	BN-400	400	18,96	18,39	22,02%
6.	BN-400		18,11		
7.	BN-800		12,73		
8.	BN-800	800	15,00	14,34	39,22%
9.	BN-800		15,28		

TABEL 5. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SERAT ANYAMAN KAWAT

No.	Benda Uji	Suhu (°C)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Penurunan (%)
1.	BF-25		26,04		
2.	BF-25	25	27,17	26,98	-
3.	BF-25		27,74		
4.	BF-400		15,28		
5.	BF-400	400	19,24	21,13	21.69%
6.	BF-400		28,87		
7.	BF-800		14,15		
8.	BF-800	800	14,15	14,62	45.81%



Gambar 5. Grafik hubungan suhu dan kuat tekan.

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa peningkatan suhu menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dari rerata tiga benda uji pada suhu 400°C dan 800°C baik untuk beton normal maupun beton serat anyaman kawat. Kuat tekan beton normal pada suhu 400°C dan 800°C masing-masing menurun menjadi 18,39 MPa dan 14,34 MPa atau menurun menjadi sebesar 22,02% dan 39,22% dibandingkan pada suhu ruang (25°C). Kuat tekan beton serat anyaman kawat pada suhu 400°C dan 800°C masing-masing menurun menjadi 21,13 MPa dan 14,62 MPa atau menurun menjadi sebesar 21,69% dan 45,81% dibandingkan pada suhu ruang (25°C). Dengan terjadinya penurunan tersebut, nilai sisa kuat tekan rerata tiga benda uji pada suhu 400 °C dan 800 °C dibandingkan suhu ruang (25 °C) untuk beton normal berturut-turut sebesar 77,98%, 60,78%, sedangkan untuk beton serat anyaman kawat berturut-turut sebesar 78,31% dan 54,19%.

Penurunan kuat tekan dengan adanya peningkatan suhu disebabkan oleh hilangnya sebagian air dan kalsium silikat (CaSi) yang terhidrasi pada pasta semen, yang dikenal sebagai *desiccation* (pengeringan melalui penguapan), yang akan diikuti dengan berkurangnya kekuatan. Adanya penambahan serat anyaman kawat menyebabkan peningkatan kuat tekan pada suhu ruang (25°C), 400°C dan 800°C untuk rerata tiga benda uji berturut-turut sebesar 14,40%, 14,88% dan 2,00%. Hal ini disebabkan oleh perilaku serat yang dapat menambah lekatan antara agregat dengan pasta semen, serta retak-retak yang terjadi dapat ditahan oleh serat yang tersebar merata secara random sehingga beton bersifat lebih daktil serta lebih tahan terhadap benturan.

### C. Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah ditentukan melalui pengujian *split cylinder*. Hasil pengujian kuat tarik belah disajikan pada Tabel 6, Tabel 7 dan Gambar 6.

TABEL 6. HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON NORMAL

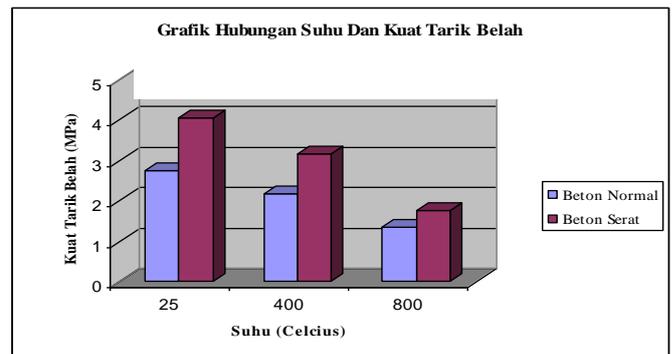
No.	Benda Uji	Suhu (°C)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rerata Kuat Tarik Belah (MPa)	Penurunan (%)
1.	BN-25		2,68		
2.	BN-25	25	2,83	2,75	-
3.	BN-25		2,75		
4.	BN-400		1,84		
5.	BN-400	400	2,41	2,19	20,34%
6.	BN-400		2,33		
7.	BN-800		1,13		
8.	BN-800	800	1,48	1,34	51,33%
9.	BN-800		1,41		

TABEL 7. HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON SERAT ANYAMAN KAWAT

No.	Benda Uji	Suhu (°C)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rerata Kuat Tarik Belah (MPa)	Penurunan (%)
1.	BF-25		4,10		
2.	BF-25	25	4,10	4,05	-
3.	BF-25		3,96		
4.	BF-400		2,83		
5.	BF-400	400	3,46	3,16	22,12%
6.	BF-400		3,18		
7.	BF-800		1,56		
8.	BF-800	800	1,84	1,77	56,33%
9.	BF-800		1,91		

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan penurunan nilai kuat tarik belah dari rerata tiga benda uji pada suhu 400°C dan 800°C baik untuk beton normal maupun beton serat anyaman kawat. Kuat tarik belah beton normal pada suhu 400°C dan 800°C masing-masing menurun menjadi 2,19 MPa dan 1,34 MPa atau menurun menjadi sebesar 20,34% dan 51,33% dibandingkan pada suhu ruang (25°C). Kuat

tarik belah beton serat anyaman kawat pada suhu 400°C dan 800°C masing-masing menurun menjadi 3,16 MPa dan 1,77 MPa atau menurun menjadi sebesar 21,69% dan 45,81% dibandingkan pada suhu ruang (25°C). Dengan terjadinya penurunan tersebut, nilai sisa kuat tarik belah rerata tiga benda uji pada suhu 400 °C dan 800°C dibandingkan suhu ruang (25 °C) untuk beton normal dan beton serat anyaman kawat berturut-turut adalah sebesar 79,66%, 48,67%, 77,88% dan 43,67%.



Gambar 6. Grafik hubungan suhu dan kuat tarik belah.

Seperti penurunan pada kuat tekan, penurunan kuat tarik belah dengan adanya peningkatan suhu juga disebabkan oleh hilangnya sebagian air dan kalsium silikat (CaSi) yang terhidrasi pada pasta semen, yang dikenal sebagai *desiccation* (pengeringan melalui penguapan), yang akan diikuti dengan berkurangnya kekuatan beton tergantung pada temperatur yang dicapai dan lama pemanasan.

Penambahan serat anyaman kawat menyebabkan peningkatan kuat tarik belah pada suhu ruang (25°C), 400°C dan 800°C untuk rerata tiga benda uji berturut-turut sebesar 47,22%, 43,92% dan 32,09%. Hal ini disebabkan oleh perilaku serat yang dapat menambah lekatan antara agregat dengan pasta semen, serta retak-retak yang terjadi dapat ditahan oleh serat yang tersebar merata secara random.

### D. Kerusakan dan Warna pada Benda Uji

Pada saat mencapai beban maksimum, perilaku beton pada suhu tinggi pasca bakar secara umum tidak terjadi patah atau terbelah, hanya terdapat retak perlahan di sisi lingkaran tanpa terdengar suara retak. Warna beton setelah dilakukan pembakaran adalah putih kecoklatan dengan kondisi yang sangat

lemah dan rapuh (*brittle*). Peningkatan temperatur akan membentuk oksida kalsium (CaO) dan Silica (SiO<sub>2</sub>), yang keduanya berwarna keputihan. Gambar 7 dan

Nanang Gunawan Wariyatno dan Yanuar Hariyanto  
kuat tekan dan kuat tarik belah sebagai nilai  
estimasi kekuatan sisa pada beton serat  
kasa aluminium akibat variasi suhu

Gambar 8 menunjukkan benda uji setelah pembakaran  
pada suhu 400°C dan 800°C.



Gambar 7. Benda uji setelah pembakaran suhu 400°C.



Gambar 8. Benda uji setelah pembakaran suhu 800°C.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Nilai sisa kuat tekan beton normal dan beton serat anyaman kawat pada suhu 400°C adalah 77,98% dan 78,31%.
2. Nilai sisa kuat tekan beton normal dan beton serat anyaman kawat pada suhu 800°C adalah 60,78% dan 54,19%.
3. Nilai sisa kuat tarik belah beton normal dan beton serat anyaman kawat pada suhu 400°C adalah 79,66% dan 77,88%.
4. Nilai sisa kuat tarik belah beton normal dan beton serat anyaman kawat pada suhu 800°C adalah 48,67% dan 43,67%.

##### B. Saran

Saran yang dapat dikemukakan adalah pada saat pembakaran dianjurkan untuk menyamakan jumlah burner pada tiap-tiap variasi suhu sehingga pengaruh suhu dapat merata.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544 1R-96, 1996, *Fibre Reinforced Concrete*, ACI International, Michigan.
- Arsyad, M., 2003, *Kuat Lentur Dan Geser Beton Dengan Penambahan Anyaman Kawat (Kasa) Sebagai Bahan Serat*, FT UNS, Surakarta.
- Crozier, A.D., and Sanjayan, G.J., 1999, *Chemical and Physical Degradation of Concrete at Elevated Temperatures*, Concrete in Australia Journal, July, pp 18–20
- Dipohusodo, I., 1996, *Struktur Beton Bertulang*, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen PU RI, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fintel, M., 1987, *Buku Pegangan Tentang Teknik Beton*, Cetakan Pertama, Pradya Paramita, Jakarta
- Gustafarro, H.A., 1985, *Handbook of Concrete Engineering*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Harjono, 2001, *Tinjauan Variasi Serat Baja Terhadap Kuat Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas Dari Kuat Desak Beton Nonpasir*, FT UNS, Surakarta.
- Haryanto, Y., 2004, *Kajian Ketahanan Kejut (Impact Resistance) Pada Beton Ringan Serat Aluminium Dengan Agrerat ALWA*, FT UNS, Surakarta.
- Kadreni, E., 2001, *Pengaruh Steel Fiber Pada Sifat Mekanis Beton dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Pasca Kebakaran*, Tesis S2, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Neville, A.M., 1975, *Properties of Concrete*, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London.
- Purnomo, D., 2003, *Tinjauan Kuat Desak dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Berbagai Variasi Penambahan Serat Kasa*, FT UNS, Surakarta.
- Soroshian, P, and Bayasi Z, 1987, *Concept of Fiber Reinforced Concrete, Proceeding of International Seminar of Fiber Reinforced Concrete*, Michigan State University, East Lansing, Michigan USA.
- Suhendro, B., 2000, *Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi, dan Permasalahannya, Laporan Kursus Singkat Teknologi Bahan Lokal dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sipil*, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Surdia, T., dan Saito, S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Kelima, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Tirta, P.H., 2004, *Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas Pada Beton Ringan Berserat Aluminium*, FT UNS, Surakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.
- Triwiyono, A., 2001, *Kerusakan Struktur Gedung Pasca Kebakaran, Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton Yang Rusak Akibat Kebakaran dan Gempa*, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.