

Kajian Pemulihan Kuat Tarik Lansung Beton Ringan Beragregat Kasar Pecahan Genteng Berserat Aluminium Pasca Bakar Dengan Variasi Waktu Rendaman Air

Yudha Aji Prihantoro¹⁾, Antonius Mediyanto²⁾, Slamet Prayitno³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)}Pengajar Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126

Email : yudhaaji.prihantoro@gmail.com

ABSTRACT

Concrete is a construction material that has been more commonly used for buildings, bridges, etc. Tensile strength of concrete has been difficult to measure than the compressive strength of concrete. In this study, determining the tensile strength of concrete, was used a test of composite concrete and reinforcing steel that will be obtained by the value of tensile strength in lightweight concrete. The lightweight concrete became the subject of the test because it is an alternative choice in the world of construction. The addition of the aluminum fiber aims to improve the quality and improve the characteristic of lightweight concrete itself.

This study uses experimental methods in laboratory with test specimens in the form of concrete block with a size of 10 cm x 10 cm x 30 cm and D10 rebars by using a Universal Testing Machine (UTM). Tile fragments was used as coarse aggregate. Specimen total as many as 30 unit consisting of 15 variations of lightweight concrete composite test specimens, and 15 specimens with the addition of an aluminium fiber by 0.75% of the volume of concrete mix. The specimen was burned at a temperature of 500°C then the specimens has soaked in the water for 28, 42, and 56 days.

Direct tensile strength test results of concrete without fibers and fibrous aluminum shows at 0,153 MPa and 0,267 MPa. Whereas with the addition of aluminum fiber, the direct tensile strength of concrete increase. After combustion at a temperature of 500°C concrete tensile strength decreased 15.22% and 1.25% in the amount of 0,130 MPa and 0,263 MPa. Water Curing of the concrete is able to restore the strength of concrete that has undergone combustion. After 28 days of water curing, tensile strength of non fibered and aluminum fibered lightweight concrete has increased to 0,590 MPa and 0,313 MPa. After 42 days of water curing, it has increased to 0,973 MPa and 0,517 MPa. After 56 days of water curing, it has increased to 1,09 MPa and 0,657 MPa.

Keywords : Lightweight concrete, Post Combustion, Tile Fragments, Aluminum, Water Curing, Direct Tensile Strength

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, dan lain-lain. Kuat tarik beton selama ini sulit diukur dibandingkan dengan kuat tekan beton. Pada penelitian ini, untuk mengetahui kuat tarik beton, dengan melakukan pengujian terhadap beton komposit dan baja tulangan yang nantinya akan diperoleh nilai kuat tarik pada beton ringan. Subjek pada penelitian ini dipilih beton ringan karena beton ringan merupakan alternatif dalam dunia konstruksi. Dengan penambahan serat aluminium bertujuan untuk meningkatkan mutu dan memperbaiki sifat - sifat beton ringan itu sendiri

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan benda uji berupa balok beton dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 30 cm dan baja tulangan D10 dengan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM). Agregat kasar yang di gunakan adalah pecahan genteng. Total benda uji 30 buah yang terdiri dari variasi 15 benda uji komposit beton ringan, dan 15 benda uji dengan penambahan serat aluminium sebesar 0,75% dari volume adukan beton. Benda uji dibakar pada suhu 500°C lalu benda uji direndam dalam air dengan lama perendaman 28, 42, dan 56 hari.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa nilai kuat tarik beton tanpa serat dan berserat aluminium adalah 0,153 MPa dan 0,267 MPa. Dengan penambahan serat aluminium beton mengalami peningkatan kuat tarik. Setelah pembakaran pada suhu 500°C beton mengalami penurunan kuat tarik 15,22% dan 1,25% yaitu sebesar 0,130 MPa dan 0,263 MPa. Perawatan pada beton mampu mengembalikan kekuatan beton yang telah mengalami pembakaran. Pada perawatan 28 hari, kuat tarik beton tanpa serat dan berserat aluminium meningkat menjadi 0,590 MPa dan 0,313 MPa. Pada perawatan 42 hari beton mengalami peningkatan sebesar 0,973 MPa dan 0,517 MPa. Dan pada perawatan 56 hari beton mengalami peningkatan sebesar 0,109 MPa dan 0,657 MPa.

Kata Kunci : Beton Ringan, Pasca Bakar, Pecahan Genteng, Aluminium, Perawatan, Kuat Tarik

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat kasar, agregat halus, air dan semen. Pada proses terbentuknya beton, semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai perekat / pengikat dalam proses pengerasan.

Parameter kuat tarik beton secara tepat sulit untuk di ukur. Suatu pendekatan yang umum untuk mengukur nilai kuat tarik beton adalah dengan pengujian kuat tarik belah beton yang umumnya memberikan hasil yang mencerminkan besarnya kuat tarik bahan beton. Suatu pendekatan lain pengukuran nilai kuat tarik beton adalah dengan *modulus of rupture* yang sesuai dengan teori elastisitas, dimana hasilnya digunakan untuk mengetahui batas beban yang bekerja pada struktur tanpa mengalami keruntuhan.

Kebakaran pada sebuah konstruksi bangunan, sepertinya sudah menjadi momok yang menakutkan. Apakah konstruksi yang terbakar tersebut dapat tahan terhadap api. Seperti diketahui, bahwa beton memiliki sifat tahan terhadap suhu. Beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai suhu tinggi dan lama. Panas atau suhu sebagai beban (load) pada struktur perlu dikaji mengingat daya rusaknya terhadap regangan, modulus elastisitas, dan tegangan pada bahan struktur yang bersangkutan.

DASAR TEORI

Fire Resistance

Daya tahan terhadap api didefinisikan sebagai lamanya bahan bertahan terhadap kebakaran standar sebelum titik kritis akhir pertama dicapai. Sifat – sifat baja dan beton akan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, diantaranya adalah suhu. Pada suhu yang sama pada suhu kebakaran, kekuatan dan modulus elastisitas berkurang. Selain itu sifat beton pada suhu tinggi dipengaruhi juga (dalam batas tertentu) oleh agregat. Pengaruh agregat karbonat, agregat silikat dan agregat silika ringan akan memberikan pengaruh yang berbeda pada sifat – sifat beton (dan tulangan baja) selama kebakaran atau pasca bakar

Water Curing

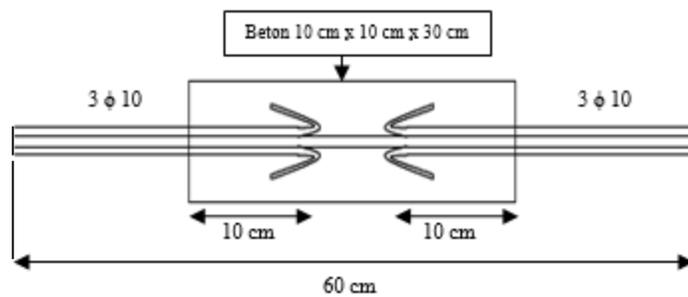
Water curing pada beton berpengaruh kuat pada : *final strength, shrinkage, cracking, abrasion, absorbtion, penetration, and surface apperance*. Hal-hal yang berpengaruh pada keberhasilan *water curing* adalah; *time of curing, humidity of curing, and temperature of curing*. Pembasahan dengan air beton pasca bakar, mengembalikan kekuatan dengan membangun β CSH dalam kristalnya. Perawatan dengan pembasahan air selama 28 hari pada beton ringan metakaolin berserat aluminium, Mediyanto dkk. (2009-2011), dapat meningkatkan kuat tekan rata-rata, modulus elastisitas rata-rata, kuat belah rata-rata, dan modulus runtuh rata-rata sebesar berturut-turut 38,46%, 44,47 %, 85,12%, dan 25,21%. Ini berarti bahwa usaha pembasahan dengan air membantu pemulihan tubermorit (CSH) sebagai unsur yang menentukan kekuatan beton perlu dikaji secara mendalam.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan suatu hasil yang menghubungkan antara variabel – variabel yang diselidiki. Dalam penelitian ini akan dilaksanakan di dalam Laboratorium Bahan Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian ini dilakukan dengan mengadakan suatu pengujian terhadap beton ringan tanpa serat dan beton ringan berserat aluminium terhadap kuat tarik langsung pada pasca bakar dan setelah mendapat perawatan. Beton menggunakan pecahan genteng sebagai agregat kasar. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik langsung adalah balok berukuran 10 cm x 10 cm x 30 cm sebanyak 30 buah. 15 buah untuk beton ringan tanpa serat dan 15 buah untuk beton ringan berserat aluminium. Beton memiliki luas penampang 100x100 mm². Baja tulangan yang digunakan sebanyak 3 buah untuk tiap sampel dengan diameter berukuran 10mm. Serat yang digunakan adalah aluminium dengan volume 0% dan 0,75% dari volume adukan beton. Benda uji akan dibakar pada suhu 500°C dengan tungku pembakaran yang berada di Desa Bayat, Klaten. Beton juga akan mengalami perendaman air dengan variasi waktu 28, 42, dan 56 hari.

Tabel 1. Jumlah dan ukuran penampang benda uji balok untuk uji kuat tarik

Kode	Panjang balok (mm)	Penampang (mm ²) dan jumlah tulangan	Volume Serat	Jumlah Sampel
BR	300	100 x 100 As = 3 ϕ 10	0 %	3 tanpa bakar + tanpa curing 3 pembakaran 500° C 3 pembakaran 500° C + curing 28 hari
BRA	300	100 x 100 As = 3 ϕ 10	0,75 % Aluminium	3 pembakaran 500° C + curing 42 hari 3 pembakaran 500° C + curing 56 hari



Gambar 1. Gambar Benda Uji

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis

Kuat tarik beton dapat dihitung dengan rumus tegangan yaitu gaya per satuan luas atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$

$$P = (P_2 - P_1) \dots\dots\dots [2]$$

$$A = b \times h \dots\dots\dots [3]$$

$$\sigma = \frac{(P_2 - P_1)}{b \times h} \dots\dots\dots [4]$$

Dimana :

- σ = Tegangan tarik langsung beton ringan (MPa)
- P = Gaya yang diterima beton (N)
- P₁ = Gaya pada baja tulangan
- P₂ = Gaya pada beton komposit
- A = Luas Penampang Balok (mm²)
- b = Lebar balok benda uji (mm)
- h = Tinggi balok benda uji (mm)

Contoh perhitungan kuat tarik beton untuk benda uji BR tanpa pembakaran

Diketahui : P leleh komposit = 2580
P leleh baja = 2426,67

$$\text{Luas Penampang} = 100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 10000 \text{ mm}^2$$

Sehingga diperoleh besarnya Kuat tarik beton = $\frac{2580-2426,67}{10000} = 0,0153 \text{ kg/mm}^2 = 0,153 \text{ Mpa}$

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Beton Tanpa Pembakaran

Kode Benda Uji	P leleh komposit (kg)	P leleh baja (kg)	P tarik beton (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tarik Beton (MPa)
BR	2580,00	2426,67	153,33	10000	0,153
BRA	2693,33	2426,67	266,67	10000	0,267

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Beton Pembakaran Suhu 500°C

Kode Benda Uji	P leleh komposit (kg)	P leleh baja (kg)	P tarik beton (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tarik Beton (MPa)
BR	2426,67	2296,67	130,00	10000	0,130
BRA	2560,00	2296,67	263,33	10000	0,263

Tabel 7. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Beton Pembakaran Suhu 500°C + Perawatan 28 Hari

Kode Benda Uji	P leleh komposit (kg)	P leleh baja (kg)	P tarik beton (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tarik Beton (MPa)
BR	2886,67	2296,67	590,00	10000	0,590
BRA	2610,00	2296,67	313,33	10000	0,313

Tabel 8. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Beton Pembakaran Suhu 500°C + Perawatan 42 Hari

Kode Benda Uji	P leleh komposit (kg)	P leleh baja (kg)	P tarik beton (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tarik Beton (MPa)
BR	3270,00	2296,67	973,33	10000	0,973
BRA	2813,33	2296,67	516,67	10000	0,517

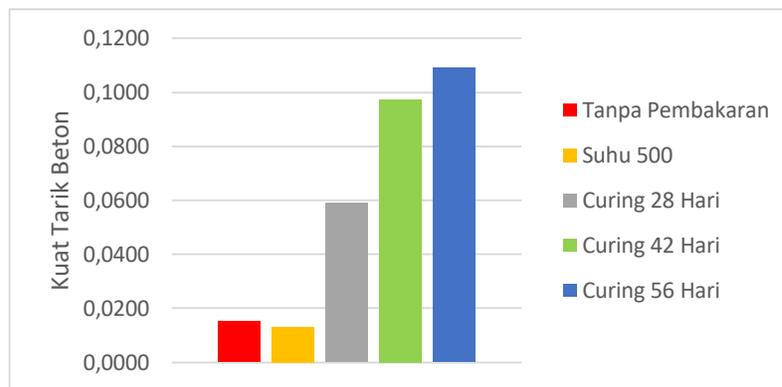
Tabel 9. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Beton Pembakaran Suhu 500°C + Perawatan 56 Hari

Kode Benda Uji	P leleh komposit (kg)	P leleh baja (kg)	P tarik beton (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tarik Beton (MPa)
BR	3386,67	2296,67	1090,00	10000	1,09
BRA	2953,33	2296,67	656,67	10000	0,657

Pengaruh lama perawatan perendaman dalam air terhadap kuat tarik beton disajikan dalam table berikut :

Tabel 10. Perhitungan Perubahan Kuat Tarik Beton Ringan (BR) dengan Variasi Waktu Perawatan

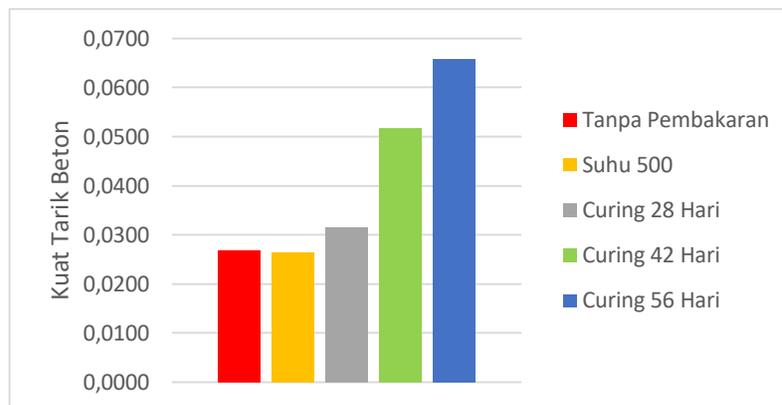
Kode Benda Uji	Suhu (°C)	Curing (Hari)	Kuat Tarik Beton (MPa)	Perubahan (%)
BR	-	-	0,153	-
BR	500	-	0,130	-15,22
BR	500	28	0,590	353,85
BR	500	42	0,973	534,78
BR	500	56	1,090	610,87



Gambar 2. Diagram Hubungan Lama Perawatan Beton Terhadap Nilai Kuat Tarik Beton Ringan (BR)

Tabel 11. Perhitungan Perubahan Kuat Tarik Beton Ringan Berserat Aluminium (BRA) dengan Variasi Waktu Perawatan

Kode Benda Uji	Suhu (°C)	Curing (Hari)	Kuat Tarik Beton (MPa)	Perubahan (%)
BRA	-	-	0,267	-
BRA	500	-	0,263	-1,25
BRA	500	28	0,313	17,50
BRA	500	42	0,517	93,75
BRA	500	56	0,657	146,25



Gambar 3. Diagram Hubungan Lama Perawatan Beton Terhadap Nilai Kuat Tarik Beton Ringan Berserat Aluminium (BRA)

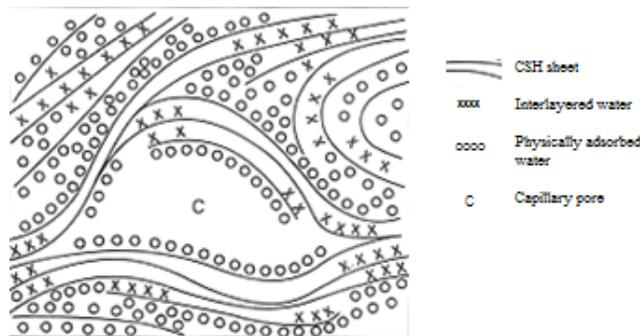
Pembahasan

Serat berperan penting dalam proses peningkatan kuat tarik beton. Hal ini dibuktikan dengan penambahan serat nilai kuat tariknya mengalami kenaikan sebesar 74% dibandingkan dengan beton ringan tanpa serat. Seperti yang dikemukakan oleh suhendro (2002) hal ini disebabkan karena adanya *dowel action* (adanya aksi lekatan antar muka pada serat dengan beton). Dengan adanya mekanisme *dowel action* dalam beton telah terbukti secara efektif menunda terjadinya retakan-retakan mikro beton yang pada akhirnya mampu meningkatkan secara dramatis berbagai sifat-sifat mekanik beton.

Setelah dilakukan pembakaran pada suhu ruang 500°C, nilai kuat tarik beton menurun. Pada Tabel 4.13 nilai kuat tarik beton pasca bakar untuk beton tanpa serat menurun 15,22% menjadi 0,130 MPa, untuk beton dengan serat aluminium nilai kuat tarik menurun 1,25% menjadi 0,263 MPa. Kekuatan tarik beton akan langsung berkurang dan berangsur-angsur berkurang dengan semakin meningkatnya suhu sesuai dengan yang dikemukakan oleh Al-Mutairi dan Al-Shaleh. Hal ini dapat diasumsikan bahwa setelah pembakaran, unsur H₂O dalam beton tersebut

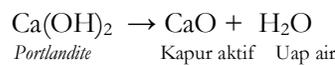
berkurang karena menguap sehingga menyebabkan melemahnya ikatan semen dengan material-material lain dan akhirnya rusak. Kondisi ini dapat menyebabkan bertambahnya pori-pori di dalam beton sehingga daya serap terhadap air meningkat.

Teori ini didukung oleh penelitian dari Feldman dan Sereda (1968). Dalam penelitian tersebut, terdapat sebuah model yang menggambarkan pemodelan CSH yang telah terhidrasi.

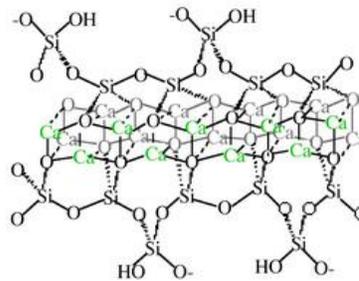
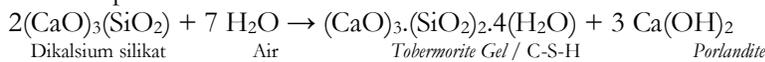


Gambar 4. CSH Model oleh Feldman dan Sereda (1968)

Pada gambar tersebut jelas sekali terlihat berbagai peran air di dalam beton yang telah terhidrasi. Hager (2013) menjelaskan bahwa beton pada suhu 20-200°C *capillary water* (berukuran 2,5-5 mm) akan perlahan menguap, pada suhu 150-170°C *physically adsorbed water* akan menghilang, dan pada suhu 374°C seluruh air di dalam pori akan menguap atau pada tahap ini disebut *critical temperature of water*. Kemudian pada suhu 400-500°C kristal portlandite akan terdekomposisi atau terurai. Reaksi karbonisasi dan kalsinasi tidak terjadi, karena reaksi tersebut membutuhkan suhu lebih dari 800°C, sedangkan penelitian ini hanya mencapai suhu ruang 500°C.

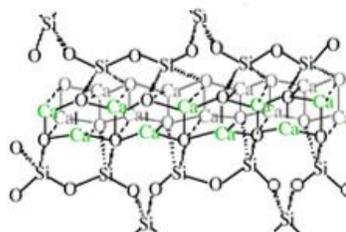
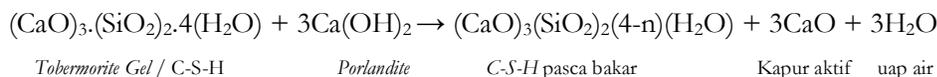


Sebelum pembakaran :



Gambar 5. Pemodelan CSH

Sesudah pembakaran :



Gambar 6. Pemodelan CSH Setelah Dibakar

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 dijelaskan bahwa H₂O pada kristal CSH yang semula berjumlah 4 kemudian setelah dibakar H₂O akan berkurang sebanyak 'n' sehingga kristal CSH tidak stabil dan mengalami penurunan kekuatan. Senyawa portlandite juga terdekomposisi menjadi kapur aktif dan uap air, proses ini juga dapat menurunkan kekuatan beton.

Setelah dilakukan perawatan berkala selama 28, 42 dan 56 hari, beton yang dibakar pada suhu 500°C mengalami peningkatan. Pada beton ringan kuat tariknya mengalami peningkatan secara berturut-turut 353%, 534,78% dan 610,87%. Sedangkan pada beton berserat aluminium mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 17,50%, 93,75% dan 146,25%. Hal ini dapat diasumsikan bahwa setelah mendapatkan water curing H₂O dalam senyawa CSH terisi kembali, sehingga H₂O yang setelah dibakar berjumlah (4-n) maka setelah mendapatkan perawatan *water curing* jumlah H₂O menjadi (4-n+m) dengan 'm' adalah H₂O yang didapat dari setelah proses perawatan dengan *water curing*. Dengan kembalinya H₂O ini dapat menjadikan senyawa CSH lebih stabil.

KESIMPULAN

1. Nilai kuat tarik beton mengalami penurunan pada proses pembakaran. Hal ini disebabkan hilangnya kandungan air dalam pori-pori beton dan perbedaan koefisien muai dari penyusun beton.
2. Setelah mengalami pembakaran pada suhu 500°C, beton ringan mengalami penurunan kuat tarik 15,22%, setelah mengalami perawatan selama 28, 42, dan 56 hari berturut – turut kuat tariknya naik 353,85%, 534,78%, 610,87%. Pada beton ringan berserat aluminium, setelah mengalami pembakaran pada suhu 500°C kuat tariknya menurun 1,25%, setelah mengalami perawatan selama 28, 42, dan 56 hari berturut – turut kuat tariknya naik 17,5%, 93,75%, 146,25%. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa beton mampu mengembalikan kekuatannya kembali setelah mengalami perawatan perendaman dalam air selama 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1988. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standard (ASTM). Philadelphia.
- Alsayed, S. H. 1998, Flexural Behaviour of Concrete Beam Reinforced with GFRP Bars, Cement and Concrete Composite, Vol. 20, 1-11.
- Gambir, M. L. 1986, Concrete Technology. Tata Mc Grow Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Gustafero, A. H. 1987, "Fire Resistance" Handbook of Concrete Engineering (Ed. Mark Fintel. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Hager I. 2013. Behaviour of Cement Concrete At High temperature. Institute of Building Materials and Structure, Cracow University of Technology.Poland
- Mediyanto. A. 2005, Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Berserat Aluminium. Surakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Mediyanto. A dkk. 2010, Kajian Kuat Tekan Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar. Surakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Sambowo, K. A., dan Mediyanto, A. 2008, Model Prediksi Kapasitas Balok Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar. Surakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Setiawan. 2011, Kajian Kuat Tarik Langsung Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium Pasca Bakar, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.