

KAJIAN KUAT TEKAN BETON RINGAN METAKAOLIN BERSERAT ALUMINIUM PASCA BAKAR

¹⁾Antonius Mediyanto, ²⁾Endah Safitri, ³⁾Sapto Purnomo

^{1), 2)}Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

³⁾Mahasiswa Pascasarjana, Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524

Abstrak

Penelitian ini mengamati beton ringan dengan serat aluminium sebagai penguat mikro menghadapi beban alam khususnya kebakaran. Benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dibuat untuk selanjutnya diuji kuat tekan. Campuran beton menggunakan serat aluminium dengan aspek rasio 60, semen tipe 1, pasir, ALWA, superplasticizer dan metakaolin. Fraksi serat adalah 0,75% volume beton dan kandungan metakaolin adalah 7,5% berat semen. Pengujian kuat tekan beton mengacu kepada SK-SNI S-36-1990-03. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton ringan meningkat 12,31% dengan adanya serat aluminium dan 23,54% dengan adanya serat aluminium dan metakaolin dibandingkan dengan beton ringan normal. Pembakaran benda uji 500 °C yang dikombinasikan dengan curing dalam air, kuat tekan beton ringan meningkat 47,61% pada benda uji yang mengandung serat aluminium saja dan meningkat 11,79% pada benda uji yang mengandung serat aluminium dan metakaolin. Namun, benda uji yang mengalami pembakaran 300 °C, 400 °C dan 500 °C tanpa curing, pembakaran cenderung menurunkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton ringan rata-rata benda uji tanpa serat pada variasi suhu tersebut mengalami penurunan 14,53%, 18,27% dan 42,21%. Pada variasi pembakaran suhu yang sama, kuat tekan rata-rata beton ringan dengan serat aluminium mengalami penurunan 26,72%, 27,52% dan 50,61%. Sedangkan benda uji beton ringan berserat aluminium yang mengandung metakaolin yang dibakar pada tiga tingkatan suhu tersebut mengalami penurunan kuat tekan 27,76%, 29,29% dan 35,74%. Hal ini mengindikasikan bahwa serat aluminium dan metakaolin memperbaiki kinerja kuat tekan beton setelah terbakar dan mengalami curing.

Kata kunci: beton ringan, beton ringan berserat, metakaolin, pasca bakar, serat aluminium

Abstract

The research concerns on strenght of lightweight concrete with aluminium fibre as micro-reinforcement by enviromental load especially burning. Some cylindrical form of concrete of 150 mm dia, 300 mm high for compressive strenght test were made. Mixtures used aluminium fibres with aspect ratio of 60, cement type I, sand, ALWA, water, superplasticizer and metakaolin. The volume fraction of aluminium fibre was 0,75% and the used metakaolin was 7,5% of cement weight. Testing was based on SK SNI S-36-1990-03. The result shows that the average compressive strenght of lightweight concrete increases 12.33 % and 23.54% due to the addition of aluminium fibre and metakaolin respectively compared to plain lightweight concrete. As the sample was burned at 500 ° C then cured in water, the average of compressive strength was recorded higher 47,61% by samples containing aluminium fibre and 11,79% by samples containing aluminium fibre and metakaolin. However, samples those have been burned at 300 °C, 400 °C dan 500 °C without curing, the fire burning tent to decrease the sample compressive strength. The average compressive strength of plain lightweight concrete at those respective temperature decreases 14,53%, 18,27% and 42,21%, while samples of lightweight concrete with aluminium fibres decreases 26.72 %, 27,52 and 50.61% and lightweight concrete with aluminium fibres and metakaolin decrease 27.76 %, 29,29 and 35.74%. This indicates that aluminium fibre and metakaolin improve the compressive strength performance of light weight concrete both before and post fibre burning combined with curing process

Keywords : aluminium fibre, metakaolin light weight concrete, burning.

1. PENDAHULUAN

Sifat agregat ringan yang porous mengakibatkan tidak kompak, berat jenis agregat ringan lebih kecil dari berat jenis matrik beton ringannya. Hal ini mengakibatkan modulus elastisitas agregat ringan juga lebih kecil dari pada matriknya, dan tingkat kekuatan – kekakuan agregat ringan lebih kecil dari matriknya. Beton ringan mempunyai kelemahan yang mendasar

berkaitan dengan bahan penyusunnya yaitu agregat ringannya.

Perlu diupayakan peningkatan kinerja agregat ringan agar dapat mengimbangi kinerja pasta semennya, tetapi tetap ringan. Pemakaian serat sebagai bahan tambah pada beton ringan merupakan sebuah solusi atas fenomena bahwa beton ringan lebih getas dari pada beton normal, seperti dilaporkan oleh Mediyanto dkk. [1], bahwa serat aluminium dapat meningkatkan kuat tekan, kuat belah, *Modulus*

Of Rupture (MOR) dengan meningkatkan kualitas matriknya baik karena proses *fiber bridging, dowel action*, dan aksi komposisinya. Berdasarkan penelitian tersebut, serat aluminium mampu memberdayakan bahan beton ringan berupa peningkatan kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik-belah, *MOR*, kapasitas lentur, daktilitas, dan kapasitas gesernya. Ini bukti pemakaian serat sebagai bahan tambah pada beton ringan merupakan sebuah solusi atas fenomena bahwa beton ringan lebih getas dari pada beton normal.

Ide yang melatar belakangi penelitian ini adalah:

- Sifat isolasi agregat ringan ini dimanfaatkan untuk melindungi lapis material di sisi dalamnya pada saat kebakaran.
- Sifat serat yang akan menahan beban yang seharusnya ditransfer ke agregat ringan ketika agregat mulai melunak akibat suhu yang ada.
- Sifat serat yang akan memperbaiki kualitas matrik beton ringan terhadap beban tekan maupun tarik.
- Sifat metakaolin yang akan meningkatkan durabilitas matrik beton ringan terhadap beban zat kimia dari lingkungannya, gesekan, dan kejutan.

Kuat tekan merupakan sifat beton setelah mengeras yang mempunyai kompetensi tinggi yang menunjukkan sifat beton setelah mengersas lainnya seperti kuat geser, kuat tarik, dan lain-lain.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sifat tahan api (*fire resistance*) unsur-unsur bangunan secara umum diukur dan ditetapkan menurut standar ASTM E 119 [2]. Daya tahan didefinisikan sebagai lamanya bahan bertahan terhadap kebakaran standar sebelum titik kritis akhir pertama dicapai. Sifat-sifat fisik baja dan beton akan dipengaruhi oleh factor lingkungan, diantaranya adalah suhu. Pada suhu yang sama dengan suhu yang dijumpai pada kebakaran, kekuatan dan modulus elastisitas berkurang.

Beberapa fakta dari penelitian terdahulu menunjukkan Sisa kuat tekan beton ringan dalam presentase dari nilai awal akibat kenaikan suhu berturut-turut; 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 650°C, 700°C, 800°C, dan 850°C adalah berturut-turut; 95%, 92%, 90%, 85%, 90%, 95%, 75%, 60% dan 50%. Angka muai beton ringan akibat kenaikan suhu berturut-turut; 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C adalah berturut-turut; 0,0011, 0,0020, 0,0027, 0,0040, 0,0051, 0,0062, dan 0,0073 [3].

Lebih jauh Gustafarro [3] menjelaskan bahwa beton bertulang structural yang menerus atau bersifat statis tak tentu akan mengalami perubahan tegangan bila terbakar. Perubahan tegangan ini diakibatkan oleh gradient suhu dalam elemen-elemen struktural atau perubahan kekuatan bahan-bahan struktural pada suhu tinggi, atau keduanya.

Partowiyatmo dan Sudarmadi [4] melaporkan bahwa kekuatan sisa dari beton struktur yang habis mengalami pendinginan setelah terbakar akan tergantung dari suhu tertinggi selama kebakaran berlangsung, campuran yang digunakan dan kondisi pembebanan selama mengalami kebakaran. Disamping itu, karena karakteristik dari perpindahan panas maka hanya temperatur di bagian terluar yang meningkat sangat drastis sementara di bagian dalam temperatur lebih rendah, tergantung dari kedalaman dari kulit terluar. Sebagai contoh, dalam penelitian Partowiyatmo dan Sudarmadi [4] dengan benda uji kolom 30 x 40 x 150 cm³ yang mengalami pemanasan sampai dengan suhu 1000 °C, di bagian kulit beton suhunya mencapai 835 °C. Akan tetapi temperatur di dalam beton masing-masing hanya 150 °C untuk kedalaman 7,5 cm dan 100 °C untuk kedalaman 10 cm walaupun tulangan baja yang berjarak 2,5 cm bertemperatur cukup tinggi 650 °C. Suhu luar pembakaran dapat jauh berbeda dengan suhu/temperatur di dalam beton. Hal ini yang menjadikan penelitian ini sangat menarik, khususnya perubahan sifat dan kekuatan tulangan baja dalam beton ringan dengan berbagai variasi bahan tambah di dalamnya.

Teori penulangan dalam mekanika retak berdasarkan pada kekuatan dari serat mencakup: (i) menitik beratkan lekatan dan penjangkaran, (ii) memerlukan serat yang kuat dan kaku, (iii) retak sepanjang serat, dan (iv) banyaknya kerusakan matrik beton. Zollo [5] menyatakan bahwa penggunaan serat pada beton bertulang dapat meningkatkan penyerapan energi, daktilitas, mengendalikan retak, dan meningkatkan sifat deformasi.

Dari beberapa penelitian terdahulu, pemberian serat di dalam struktur beton memberi kontribusi positif terhadap kenaikan kekuatan tarikannya. Tipe serat secara umum dapat diklasifikasikan menjadi empat menurut ACI Comitte 544.

- SFRC (*Steel Fiber Reinforced Concrete*)
- GFRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*)
- SNFRC (*Synthetic Fiber Reinforced Concrete*)
- NFRC (*Natural Fiber Reinforced Concrete*)

Penelitian yang dilakukan oleh Suhendro [6] membuktikan bahwa sifat-sifat kurang baik dari beton, yaitu getas, praktis tidak mampu menahan tegangan tarik dan momen lentur dapat diperbaiki dengan menambahkan serat lokal yang terbuat dari potongan-potongan kawat pada adukan beton. Selain itu dibuktikan pula bahwa tingkat perbaikan yang diperoleh dengan menggunakan serat lokal tidak kalah dengan hasil-hasil yang dilaporkan di luar negeri dengan menggunakan serat baja yang asli.

Suhu pembakaran diambil maksimum 500 °C mengingat suhu leleh aluminium adalah 650 °C [7].

3. BAHAN DAN PENGUJIAN

3.1. Pasir

Pasir diuji berdasarkan pada standar ASTM. Pasir ini termasuk dalam kelompok daerah II dan dalam tabel gradasi dengan modulus halus pasir sebesar 2,50. Berat jenis dalam kondisi jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry*, SSD) adalah 2,50 t/m³. Sementara itu serapan air sebesar 0,95%, kandungan lumpur 2,3 %.

3.2. ALWA (*Artificial Lightweight Aggregate*)

ALWA merupakan agregat ringan yang terbuat dari lempung sedimenter yang telah mengalami proses pemanasan pada tungku (*clinker*) dengan suhu antara 500^o C sampai dengan 1200^o C. Lempung sedimenter yang dipanaskan ini akan membuat kandungan silika mengeras dan menyelimuti butiran sehingga mengeras dan dapat digunakan sebagai agregat ringan beton.

ALWA yang dipakai dalam penelitian ini merupakan hasil produksi UPT Puskim, Cilacap dengan data teknik ALWA yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data teknik ALWA

Berat jenis	0,45-0,75 kg/L
Berat jenis kering mutlak	0,75-1,2
Resapan air	16,5-20%
Volume padat	58-62%
Isi terapung	3-91%
Modulus halus	5-7%
Abrasi	48-53%

Komposisi kimia ALWA yang dipakai pada penelitian ini adalah SiO₂ sebanyak 55%, Al₂O₃: 20,4%, Fe₂O₃: 6,8%, MgO: 2,4%, CaO: 1,8%, Na₂O: 2%, K₂O: 2-3%.

Berat jenis dalam kondisi jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry*, SSD) adalah 1,48 t/m³ dan serapan air sebesar 1,38%.

3.3. Serat Aluminium

Serat aluminium yang dipakai dalam penelitian ini berupa potongan-potongan kecil yang rata-rata berukuran 2 mm x 50 mm, mempunyai berat jenis sebesar 2,12 t/m³ dengan tegangan maksimum 100 MPa dan perpanjangan 11%.

3.4. Metakaolin

Metakaolin (MK) dibuat dengan cara membakar kaolin pada suhu 750^oC secara terus menerus selama 6 jam. Kaolin yang digunakan pada penelitian ini berasal dari desa Semin, Gunung Kidul, DIY. Pengujian terhadap metakaolin dikhususkan untuk pengujian kandungan senyawa kimia yang terdapat pada metakaolin. Hasil pengujian kandungan senyawa kimia metakaolin dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kandungan senyawa kimia Metakaolin

Komposisi Kimia	Prosentase (%)
SiO ₂	73,35
Al ₂ O ₃	15,74
Fe ₂ O ₃	4,28
CaO	1,94
H ₂ O	0,11
MnO	0,03
MgO	0,48
K ₂ O	1,35
Na ₂ O	1,60
TiO ₂	0,00
HD	1,00

4. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Pengujian kuat tekan beton ringan menggunakan mesin CTM (*Compressing Testing Machine*) dengan kecepatan yang stabil, pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Kuat tekan dihitung dari beban desak dibagi luas penampang bidang desak. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata dapat dilihat pada Tabel 3 – Tabel 5.

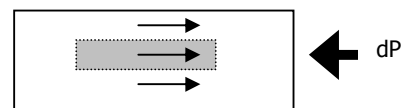
Table 3. Kuat Tekan Beton Ringan (BR) Rata-rata

Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
Suhu Kamar	Suhu Kamar	Suhu Kamar	Suhu Kamar	Suhu 500 ^o C
20,09	17,17	16,42	11,61	18,11
	Penurunan thd suhu kamar:	Penurunan thd suhu kamar:	Penurunan thd suhu kamar:	Kenaikan thd suhu 500 ^o C:
	- 14,53 %	- 18,27 %	- 42,21 %	55,98 %

Peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari adalah 12,33%, dan 23,54% pada beton ringan berserat aluminium dan beton ringan metakaolin berserat aluminium.

Peningkatan mutu beton serat setelah mengeras dipengaruhi mekanisme kerja serat dalam adukan beton secara bersama-sama, yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

Serat bersama pasta beton akan membentuk matrik komposit, dimana serat akan menahan beban yang ada sesuai dengan modulus elastisitasnya.



Gambar 1. Serat di dalam beton

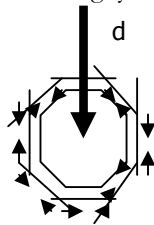
Tabel 4. Kuat Tekan Beton Ringan Berserat Aluminium (BRF) Rata-rata

Kuat Tekan Suhu Kamar (MPa)	Kuat Tekan Suhu 300° C (MPa)	Kuat Tekan Suhu 400° C (MPa)	Kuat Tekan Suhu 500° C (MPa)	Kuat Tekan Suhu 500° C + Curing (MPa)
23,69	17,36	17,17	11,70	17,27
	Penurunan thd suhu kamar:	Penurunan thd suhu kamar:	Penurunan thd suhu kamar:	Kenaikan thd suhu 500° C:
	- 26,72 %	- 27,52 %	- 50,61 %	+ 47,61 %

Table 5. Kuat Tekan Beton Ringan Metakaolin Berserat Aluminium (BRMF) Rata-rata

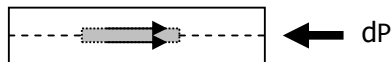
Kuat Tekan Suhu Kamar (MPa)	Kuat Tekan Suhu 300° C (MPa)	Kuat Tekan Suhu 400° C (MPa)	Kuat Tekan Suhu 500° C (MPa)	Kuat Tekan Suhu 500° C + Curing (MPa)
24,82	17,93	17,55	15,95	17,83
	Penurunan thd suhu kamar:	Penurunan thd suhu kamar:	Penurunan thd suhu kamar:	Kenaikan thd suhu 500° C:
	- 27,76 %	- 29,29 %	- 35,74 %	+ 11,79 %

Pasta beton akan semakin kokoh/stabil dalam menahan beban karena aksi serat (*fiber bridging*) yang saling mengikat di sekelilingnya.



Gambar 2. Aksi serat bersama pasta semen

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



Gambar 3. Aksi pasak di dalam beton

Pada pembakaran suhu 300° C terjadi penurunan mutu beton yaitu kuat tekan disebabkan air pori keluar sehingga rongga yang ditinggalkan air menjadi perlemahan. Pada pembakaran suhu 400° C terjadi penurunan mutu beton yaitu kuat tekan disebabkan terjadinya tegangan internal sehingga kekuatan sisa bahan berkurang olehnya. Pada pembakaran suhu 500° C terjadi penurunan mutu beton yaitu kuat tekan disebabkan air kristal keluar sehingga olehnya mutu bahan akan berkurang secara berarti.

Pada pembakaran suhu 500° C dan setelah mendapat perawatan terjadi peningkatan kuat tekan, sebesar + 55,98 % pada beton ringan biasa, + 47,61% pada beton ringan berserat aluminium, dan 11,79 % pada beton ringan metakaolin berserat aluminium. Hal ini disebabkan air kristal yang keluar pada saat pembakaran masuk kembali sehingga olehnya mutu bahan akan membaik secara berarti.

5. SIMPULAN

Dari pembahasan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan :

- Peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari adalah 12,33 %, dan 23,54 % pada beton ringan berserat aluminium dan beton ringan metakaolin berserat aluminium.
- Pada pembakaran suhu 500° C dan setelah mendapat perawatan terjadi peningkatan mutu beton yaitu kuat tekan disebabkan air kristal yang keluar masuk kembali sehingga olehnya mutu bahan akan membaik secara berarti.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Dikti yang telah berkenan membiayai penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Mediyanto A., Sangaji S., Sudarmoko, Triwiyono A, 2004. "Kajian Sifat Mekanik Dan Kapasitas Elemen Struktural Beton Ringan Berserat Aluminium". Penelitian Hibah Pekerti, UNS.
- ASTM Designation: E119-83 1983. "Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials", Vol. 04.07, 1983 Annual Book of Standards, American Society for Testing and Materials.
- Gustafarro, A. H. 1987. "Fire Resistance", Handbook of Concrete Engineering (Ed. Mark Fintel), Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1 - 40.
- Partowiyatmo, A. and Sudarmadi, 2004. "Strength Recovery of Fire Concrete", *Proceedings of the 7th International Conference on Quality in Research (QIR)*, University of Indonesia, Jakarta. 6 pp.
- Zollo, R.F. 1997. "Fiber Reinforced Concrete: an overview after 30 years of development", *Cement and Concrete Composite*, Vol.19, pp 107-122.
- Suhendro, B. 1991. "Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial pada Perilaku dan Kapasitas Balok Beton Bertulang", *Prosiding Seminar Mekanika Bahan Untuk Meningkatkan Potensi Bahan Lokal*, PAU UGM.
- Callister, W., D., 1997. "Materials Science & Engineering" John Wiley & Sons, Inc