

Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Gas terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas

¹⁾Purnawan Gunawan, ²⁾ Slamet Prayitno, ³⁾Fajar Syuhadak

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

³⁾Mahasiswa Sarjana, Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524

Email : ¹⁾purnawan@ft.uns.ac.id , ³⁾fajarsyuhadak@gmail.com

Abstract

Lightweight Concrete Gas Technology is a mixture of cement, water, aggregates with a particular ingredient is added by mixing aluminum paste which will react with the calcium hydroxide of sand to form hydrogen gas. The hydrogen gas then creates bubbles during development, after concrete was dry hydrogen gas will evaporate and be airspaces. The addition of aluminum fiber aims to increase the compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity of the lightweight concrete gas technology. Average compressive strength of the fiber percentage of 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, and 1% at 8.496 MPa; 11.140 MPa; 13.178 MPa; 14.912 and 17.816 MPa MPa. Percentage change in the compressive strength is greatest in the addition of 1% fiber content of 109.694%. Tensile strength divided by the average percentage of fiber 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, and 1% is 1.499 MPa; 1,761 MPa; 2,016 MPa; 2.487 MPa and 2.617 MPa. Percentage change in the value of the largest split tensile strength is in the addition of 1% fiber content of 74.620%. The value of the average elastic modulus fibrous aluminum lightweight concrete with fibers percentage of 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, and 1% respectively - also is 8394 MPa; 10328.4 MPa; 12434.467 MPa; 13254.967 14177.283 MPa and MPa. Percentage change in the value of the modulus of elasticity which is the largest in the addition of 1% fiber content of 68.898%.

Keywords : lightweight concrete, gas technology, aluminum paste, aluminum fiber, compressive strength, split tensile strength, modulus of elasticity.

Abstrak

Beton Ringan dengan teknologi gas adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah tertentu yaitu dengan mencampur aluminium pasta yang akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dari pasir sehingga membentuk gas hidrogen. Gas hidrogen kemudian menciptakan gelembung selama pengembangan, setelah beton kering gas hidrogen tersebut akan menguap dan menjadi rongga udara. Penambahan serat aluminium bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas pada beton ringan dengan teknologi gas. Kuat tekan rata-rata dengan prosentase serat 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% sebesar 8,496 MPa; 11,140 MPa; 13,178 MPa; 14,912 MPa dan 17,816 MPa. Prosentase perubahan nilai kuat tekan terbesar yaitu pada penambahan kadar serat 1% sebesar 109,694%. Kuat tarik belah rata-rata dengan prosentase serat 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% adalah 1,499 MPa; 1,761 MPa; 2,016 MPa ; 2,487 Mpa dan 2,617 MPa. Prosentase perubahan nilai kuat tarik belah terbesar yaitu pada penambahan kadar serat 1% sebesar 74,620%. Nilai modulus elastisitas rata-rata beton ringan berserat aluminium dengan persentase serat 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% secara berturut - turut adalah 8394 MPa; 10328,4 MPa; 12434,467 Mpa; 13254,967 Mpa dan 14177,283 MPa. Prosentase perubahan nilai modulus elastisitas terbesar yaitu pada penambahan kadar serat 1% sebesar 68,898%.

Kata Kunci : beton ringan, teknologi gas, aluminium pasta, serat aluminium, kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas.

PENDAHULUAN

Pekerjaan struktur bangunan sipil sering dijumpai penggunaan bahan beton, penggunaan beton sebagai material struktur merupakan salah satu alternatif yang paling banyak digunakan, Karena beton mempunyai beberapa kelebihan. Kelebihan beton diantaranya adalah memiliki kuat desak yang tinggi, Kebutuhan beton ringan dalam berbagai aplikasi teknologi konstruksi modern meningkat dengan cepat, dikarenakan beton ringan ini memiliki berat jenis yang lebih ringan, sehingga dapat mengurangi beban mati struktural yang membuat dimensi dari elemen struktur sendiri lebih efisien.

Berat jenis beton yang tinggi yaitu berkisar antara 2400 kg/m³, akan berpengaruh terhadap pembebanan struktur maka perlu diperhitungkan. Salah satu cara untuk mengatasinya dibuat beton ringan dengan berat jenis yang lebih rendah yaitu berkisar antara 400-1800 kg/m³ (Tjokrodimulyo, 2007).

Penerapan pada dunia konstruksi beton ringan berserat antara lain diterapkan untuk dinding sebagai pengganti batu bata merah, dinding berongga precetak (*bollow core wall*), pelat lantai pracetak, dan lain-lain. Beton ringan menggunakan serat dan tidak menggunakan agregat kasarnya dan bahan tambahan yang digunakan adalah Aluminium Pasta. Aluminium pasta ditambahkan sebagai campuran untuk adukan semen dan pasir, agar menghasilkan gas pada adukan dan nantinya menjadikan beton menjadi lebih ringan (Neville,1997).

Dalam penelitian ini, beton ringan menggunakan serat dan meniadakan agregat kasarnya dan bahan tambahan yang digunakan adalah aluminium pasta. Aluminium pasta ditambahkan sebagai campuran untuk adukan semen dan pasir, agar menghasilkan gas pada adukan dan menjadikan beton menjadi lebih ringan, sehingga beton ini dikenal dengan nama beton ringan gas berserat atau *lightweight gas fiber concrete* (LGFC).

TINJAUAN PUSTAKA

Beton ringan didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kepadatan kering tidak lebih dari 2000 Kg/m³, tetapi bisa juga serendah – rendahnya 400 Kg/m³ tergantung bahan yang digunakan. Ada tiga metode utama untuk memproduksi beton ringan yaitu menggunakan agregat ringan, penggabungan gelembung udara dengan acerasi, dan penambahan sedikit agregat atau tanpa agregat (Clarke, J.L, 2002).

Beton gas berserat aluminium adalah campuran antara semen, air, agregat halus, serat aluminium dengan bahan tambah Aluminium pasta yang akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dari pasir sehingga membentuk gas hidrogen. Gas hidrogen kemudian menciptakan gelembung selama pengembangan, setelah beton kering gas hidrogen tersebut akan menguap dan menjadi rongga udara

MATERIALPEMBENTUK BETONRINGAN

Semen Portland Pozzoland (PPC)

Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Semen portland dengan gipsium dan bahan pozzolan, untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang seperti jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, dan bangunan irigasi. Dalam penelitian ini digunakan semen merek Gresik (Kardiyono,2007).

Fly Ash

Fly ash atau Abu terbang adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik (SNI 03-6414-2002).

AgregatHalus

Agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu yang dihasilkan oleh pemecah batu. Pasir yang di gunakan dalam penelitian ini berasal dari kali woro klaten(Neville,1997).

Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumasi butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (SNI - 2847, 2013).

Aluminium Pasta

Aluminium pasta adalah campuran serbuk aluminium yang dilarutkan dengan air, aluminium yang dicampurkan pada campuran beton akan bereaksi dengan silika dari pasir yang akan menghasilkan gas hidrogen. Dalam proses pengeringan gas hidrogen akan menguap ke udara kemudian digantikan dengan udara yang menghasilkan rongga udara pada beton (Samekto,2001).

Serat Alumunium

Serat Alumunium digunakan dalam banyak hal. Kebanyakan darinya digunakan dalam bidang konstruksi seperti selubung tangga, pagar, bingkai jendela, furniture *indor* dan *outdor*. Dalam penelitian ini digunakan serat aluminium lebar 2 mm dan panjang 19 mm dengan berat jenisnya 2712 kg/m³

Serat Dalam Beton

Standar mengenai penentuan ukuran serat diatur dalam *American Civil Institute* (ACI). Penentuan panjang serat sesuai dengan ACI 544.4R-88. Dalam penelitian ini digunakan serat aluminium ukuran 2x19 mm (ACI 544.2R-82 : $12,7 < L/d < 63,5$)

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10cm dan tinggi 20 cm dengan jumlah 3 benda uji. Pengujian dilakukan pada silinder beton uji dengan menggunakan Compression Testing Machine untuk mengetahui besar gaya desak maksimum (saat beton mulai retak). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa besar kuat tekan beton ringan pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh. Menurut Surya Adi Putra (2013) Kuat tekan dapat di hitung berdasarkan persamaan 1.

$$f_c = P_{maks} / A \dots\dots\dots [1]$$

Dengan :

f_c = Kuat Tekan benda uji (N/mm)

P = Beban yang diberikan (Ton)

A = Luas tampang melintang (mm²)

Pengujian Kuat Tarik Belah

Suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9% - 5% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton yang tepat sulit diukur. Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan modulus of rupture yaitu tegangan tarik beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos sebagai pengukuran kuat tarik sesuai teori elastisitas (Dipohusodo,1994).

Pengujian menggunakan uji silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji mesin desak (*Universal Testing Machine*), 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. Gaya P bekerja pada kedua sisi silinder sepanjang L dan gaya ini disebarkan seluas selimut silinder ($\pi \cdot D \cdot L$) secara berangsur-angsur pembebanan dinaikkan sehingga tercapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal. Menurut Dipohusodo (1994) Kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan :

$$f_t = \frac{2P}{\pi \cdot L \cdot D} \dots\dots\dots [2]$$

Dengan :

f_t = Kuat belah beton (N/mm²)

P = Beban maksimum yang diberikan (N)

D = Diameter silinder (mm)

Ls = Tinggi silinder (mm)

Modulus Elastisitas (E)

Sifat elastisitas suatu bahan sangat erat hubungannya dengan kekakuan suatu bahan dalam menerima beban. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang. Semakin besar modulus elastisitas semakin kecil lendutan yang terjadi. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang terjadi kecil (Neville,1975).

Modulus elastisitas beton di pengaruhi oleh modulus elastisitas agregat dan perbandingan volume dari agregat didalam beton. modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dari hasil eksperimen. dihitung dengan menggunakan Persamaan 3 - 5 (Murdock,1999).

Dimana :

$$\text{Modulus elastisitas (E)} = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots [3]$$

Dimana :

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [4]$$

$$\text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots [5]$$

L

Dengan :

P = Beban yang diberikan (ton)

A = Luas tampang melintang (mm^2)

ΔL = Perubahan panjang akibat beban P (mm)

L = Panjang semula (mm)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, variasi serat prosentase alumunium 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75 dan 1% berjumlah 3 buah per sampelyang dilaksanakan di laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik UNS. Pengujian dilakukan setelah beton ringan berumur 28 hari. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan serat alumunium pada beton ringan berteknologi gas terhadap berat jenis, kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas.

Tahapan dan Prosedur Penelitian

Tahapan – tahapan dalam penelitian ini meliputi :

Tahap Penelitian Awal

Pada tahapan ini dilakukan penelitian terhadap berat jenis benda uji beton gas, beton gas harus mencapai 1800-1900 kg/m^3 sebagai syarat berat jenis untuk beton ringan.

Tahap I

Disebut tahapan persiapan. Mempersiapkan bahan dan peralatan untuk penelitian.

Tahapan II

Disebut tahapan uji bahan. Menguji karakteristik agregat halus.

Tahapan III

Disebut tahapan pembuatan benda uji.

Tahapan IV

Pada tahapan ini dilakukan perawatan terhadap benda uji. Merendam benda uji selama 21 hari kemudian dianginkan selama 7 hari

Tahapan V

Pada tahap ini dilakukan pengujian berat jenis, kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

Tahapan VI

Disebut tahapan analisa data. Menganalisis hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tahapan VII

Disebut tahapan pengambilan keputusan. Membuat kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa data.

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat halus

Setelah dilakukan pengujian agregat didapatkan hasil pengujian yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Kandungan	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	5%	0-10%	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	2%	Maks 5%	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,606 gr/cm^3	-	-
<i>Bulk spesific SSD</i>	2,660 gr/cm^3	2,5 - 2,7	Memenuhi syarat
<i>Apparent spesific gravity</i>	2,750 gr/cm^3	-	-
<i>Absorbtion</i>	2,040%	-	-

Hasil Perhitungan Rancang Campuran

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *trial error*, dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- a. Agregat Halus = 1459 kg
- b. Semen = 675 kg
- c. Fly Ash = 135 kg
- d. Serbuk Aluminium = 3,18 kg
- e. Air Semen = 236 kg
- f. Air Aluminium = 9,55 kg

Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Ringan teknologi gas

Hasil perhitungan berat jenis masing-masing benda uji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Ringan Teknologi Gas.

No.	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	Berat Jenis (Kg/m ³)
1	0	KT AL - 0	1844,161
		KB AL - 0	1848,620
2	0,25	KT AL - 0,25	1894,480
		KB AL - 0,25	1905,308
3	0,5	KT AL - 0,5	1889,384
		KB AL - 0,5	1914,437
4	0,75	KT AL - 0,75	1862,633
		KB AL - 0,75	1927,601
5	1	KT AL - 1	1956,900
		KB AL - 1	1930,998
Rata - rata			1897,452

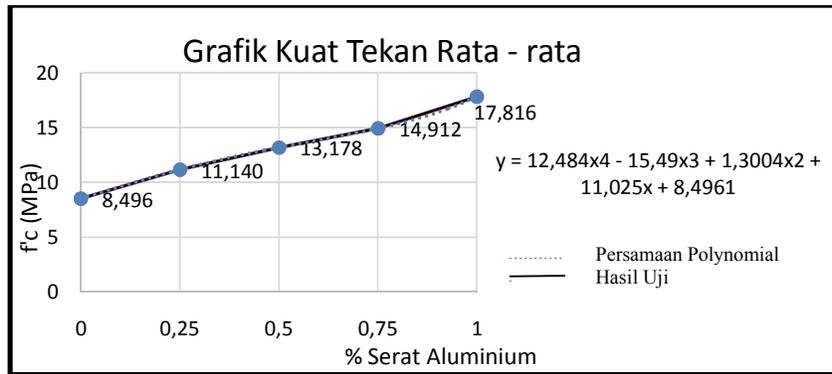
Berat jenis rata – rata yang diperoleh 1897,452 kg/m³. sehingga termasuk beton ringan. Menurut SNI menyatakan bahwa beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan dengan kepadatan 1900 kg/m³.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan dalam Tabel 3. dan grafik kuat tekan pada Gambar 1.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Ringan Teknologi Gas.

Kode Benda Uji	% Serat Aluminium	f _c (Mpa)	Perubahan (%)
KT AL - 0	0	8,496	0,000
KT AL - 0,25	0,25	11,140	31,122
KT AL - 0,50	0,50	13,178	55,102
KT AL - 0,75	0,75	14,912	75,510
KT AL - 1	1	17,816	109,694



Gambar 1. Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Kadar Serat Aluminium.

Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari serat terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Serat yang ditambahkan masih dapat menyebar secara random dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai tulangan. Serat aluminium juga mampu terikat kuat dengan adukan beton yang menyebabkan peningkatan kuat tekannya.

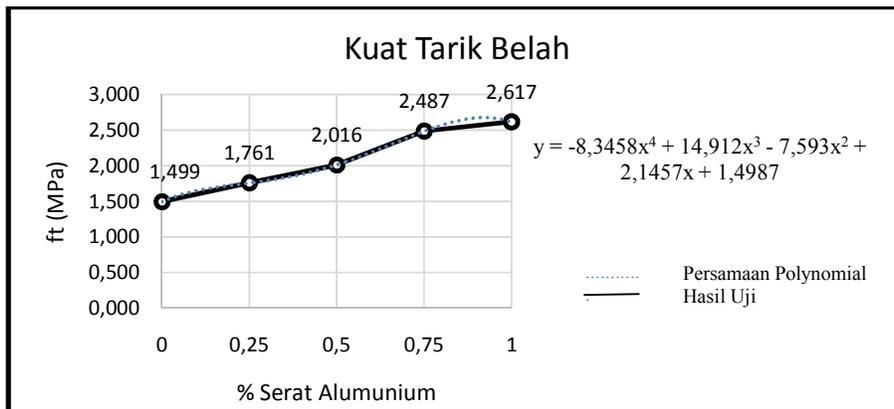
Penurunan kuat tekan antara lain disebabkan karena adukan beton ringan yang tergantikan dengan adanya penambahan volume aluminium yang semakin besar, dan mempengaruhi daya ikat antara campuran beton dengan serat aluminium, semakin banyak serat yang di gunakan belum tentu kuat tekan beton semakin tinggi.

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tarik belah beton disajikan dalam Tabel 4. dan grafik kuat tarik belah pada Gambar 2.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah.

Kode Benda Uji	% Serat Aluminium	ft (MPa)	Perubahan (%)
KB AL - 0	0	1,499	0,000
KB AL - 0,25	0,25	1,761	17,498
KB AL - 0,50	0,50	2,016	34,490
KB AL - 0,75	0,75	2,487	65,944
KB AL - 1	1	2,617	74,620



Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Dengan Kadar Serat Aluminium

Peningkatan kuat tarik belah terjadi karena adanya penambahan serat aluminium menghasilkan aksi komposit yang lebih baik yaitu tegangan lekat yang lebih besar. Mekanisme kerja yang diharapkan yaitu tegangan kerja yang terjadi pada beton akan ditahan oleh rekatan antara serat dengan massa betonnya.

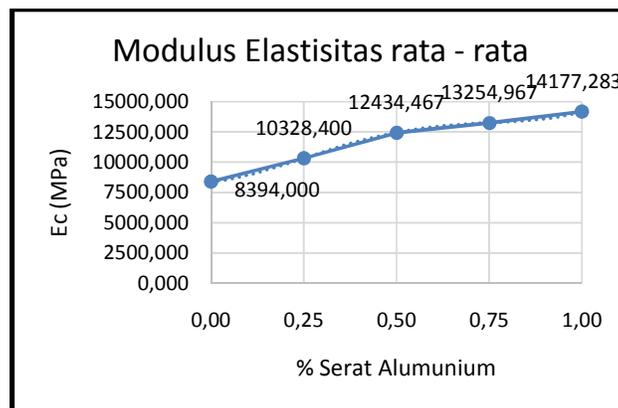
Penurunan kuat tarik belah yang terjadi karena volume campuran alumunium yang mengikat antara beton terlalu banyak sehingga tegangan lekat antara beton ringan dengan serat alumunium hasilnya menurun.

Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Hasil pengujian kuat tarik belah beton disajikan dalam Tabel 5. dan grafik kuat tarik belah pada Gambar 3.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas.

Kode Benda Uji	% Serat Aluminium	Ec (Mpa)	Perubahan (%)
KT AL - 0	0,00	18394,000	0,000
KT AL - 0,25	0,25	10328,400	23,045
KT AL - 0,50	0,50	12434,467	48,135
KT AL - 0,75	0,75	13254,967	57,910
KT AL - 1	1,00	14177,283	68,898



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Dengan Kadar Serat Kawat Bendarat.

Kesimpulan

- Kandungan serat maksimum diperoleh pada kadar serat aluminium 1% dengan kuat tekan sebesar 17,816MPa, dibandingkan dengan beton ringan teknologi gas tanpa serat aluminium yang hanya mencapai 8,496 Mpa.
- Kandungan serat maksimum diperoleh pada kadar serat aluminium 1% dengan kuat tarik belah beton sebesar 2,617 MPa, dibandingkan dengan beton ringan teknologi gas tanpa serat aluminium yang hanya mencapai 1,499 Mpa, peningkatan sebesar 74,620%.
- Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai modulus elastisitas dengan kadar serat alumunium sebesar 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75%, 1% yang diuji pada umur 28 hari adalah 8394,000 MPa; 10328,400 MPa; 12434,467 MPa 13254,967 MPa dan 14177,283 MPa. Modulus elastisitas maksimum adalah pada beton dengan kadar penambahan serat sebesar 1%. Penambahan kadar serat sebesar 1% menghasilkan nilai modulus elastisitas sebesar 68,898 % dibandingkan dengan beton ringan gas tanpa serat.
- Dengan demikian dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada penambahan serat alumunium, beton ringan dengan teknologi gas berserat mengalami peningkatan, baik kuat tekan, kuat tarik belah maupun modulus elastisitasnya.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Hibah PUPPT DIKTI 2015, Yang telah membiayai penelitian ini. dan terima kasih kepada Purnawan Gunawan, ST, MT. dan Ir. SlametPrayitno, MT. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

Referensi

- Anonim. 2003. American Coal Ash Association (ACAA). Amerika.
- Anonim. 1999. American Civil Institue (ACI). Michigan.
- Anonim. 1971. Peraturan Beton Indonesia (PBI). Jakarta.
- Anonim. 1997. American Society for Testing and Materials (ASTM). Amerika.
- Anonim. 2013. Standar Nasional Indonesia (SNI). Jakarta.
- Clarke, J.L. 2002. Structural Lightweight Aggregate Concrete. CRC Press. London.
- Dipohusodo, I. 1994. Struktur Beton Bertulang. Gramedia. Jakarta.
- Hannant, D, J. 1979. Fibre Cements and fibre Concretes. John Wiley & Sons, Inc. Amerika.
- Hardjito, R. 2005. Fly ash based geopolymer Concerete. Australia.
- Mulyono, Tri. 2003. Teknologi beton, UNJ, Jakarta
- Murdock, B (Terjemahan : Stephanus Hendarko). 1999. Bahan dan Praktek Beton. Erlangga. Jakarta.
- Samekto, W. 2001. Teknologi Beton, Kanisius. Yogyakarta.
- Neville, A.M. 1975. Properties of Concrete. London: The English Language Book Society and Pitman Publishing. New York.
- Putra, S.A. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Ringan Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Tjokrodimaljo, K. 2007. Teknologi Beton, Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.