

Pengaruh Penambahan Serat *Polyethylene* Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Gas Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas

¹⁾Purnawan Gunawan, ²⁾ Slamet Prayitno, ³⁾ Warsino

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

³⁾Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta,

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126

e-mail : ¹⁾purnawan@ft.uns.ac.id, ³⁾seno859000@gmail.com

Abstract

Lightweight concrete made gas technology were made from mixed of concrete mortar with Aluminium paste. The solution to increased the compressive strength, tensile strength, modulus elasticity, and nature brittle is by added a fiber polyethylene. percentage variation of fiber used were 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; and 1%. The data used is statistical analysis regression on the boundary elastic used microsoft excel program, and analyzed by concept of composite material that refers to a simple mixture rule. The average density of light weight gas fiber polyethylene concrete was 1854 kg/m³. Maximum compressive strength with 0,5% fiber polyethylene added was 10,478MPa increase by 25,573% compared with 0% fiber polyethylene. Maximum tensile strength polyethylene 0,5% fiber polyethylene added was 2,566MPa increase by 24,346% compared with 0% fiber polyethylene. Maximum modulus of elasticity with 0,5% fiber polyethylene added was 6083MPa

Keywords: Lightweight concrete, Gas technology, Compressive Strength, Tensile Strength, and Modulus of Elasticity.

Abstrak

Beton ringan dengan teknologi gas diperoleh dengan cara mencampurkan mortar beton dengan aluminium pasta. Solusi untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan sifat getas yang dimiliki beton ringan yaitu dengan menambahkan serat *polyethylene*. Presentase serat yang dilakukan adalah 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75%, dan 1%. Data yang digunakan yaitu analisis statistik dengan regresi pada batas elastis menggunakan program *Microsoft Excel* dan analisis dengan konsep material gabungan yang mengacu pada *simple mixture rule*. Berat jenis rata-rata beton ringan gas berserat adalah 1854 kg/m³. Kuat tekan maksimum dengan presentase 0,5% serat *polyethylene* sebesar 10,478 MPa meningkat sebesar 25,573 % di bandingkan dengan 0% serat *polyethylene*. Kuat tarik belah maksimum dengan presentase 0,5% serat *polyethylene* sebesar 2,566MPa, meningkat sebesar 24,346 % di bandingkan dengan 0% serat *polyethylene*. Modulus elastisitas maksimum dengan presentase 0,5% serat *polyethylene* sebesar 6083MPa.

Kata kunci :Beton ringan, Teknologi gas, Kuat tekan, Kuat tarik belah, dan Modulus elastisitas.

PENDAHULUAN

Banyak bangunan yang menggunakan struktur beton. Kelebihan struktur beton dibanding bahan konstruksi yang lain yaitu memiliki kuat desak yang tinggi. Namun demikian, beton juga memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik yang lebih rendah dari kuat tekannya. Berat beton menjadi bagian terbesar dari beban struktur, oleh karena itu banyak penelitian tentang beton ringan untuk mengurangi berat jenis beton sehingga beton menjadi lebih ringan. Berat jenis beton yang tinggi yaitu berkisar antara 2400 kg/m³, akan berpengaruh terhadap pembebanan struktur maka perlu diperhitungkan. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Berat jenis agregat yang mempunyai kepadatan kurang dari 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002).

Dalam penelitian ini akan mengkaji berat jenis, kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton ringan setelah diberi bahan tambah aluminium pasta dan serat *polyethylene*, sehingga dari penelitian ini diharapkan diperoleh struktur beton ringan yang daktail, durabilitas tinggi, dan mampu menahan gaya tarik dan tekan yang lebih tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen *portland*, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air (SNI 03-2834-2000).

Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m^3 . Pembuatan beton ringan biasanya dibuat dengan cara pemberian gelembung udara kedalam campuran betonnya, dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung dan sebagainya (Tjokrodinuljo, dalam penelitian M. Afaza 2014).

Beton Serat

Beton serat dapat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari semen portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya yang ditambah dengan agregat halus dan kasar, air, dan diperkuat dengan serat (Hannant, dalam penelitian Dini Rhomdoni 2014).

Beton Foam

Beton *foam* adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah *admixture* tertentu yaitu dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya (Husin, dan Setiaji, 2008).

Beton Gas

Proses pembuatan beton ringan gas adalah dengan cara menambahkan zat pengembang berupa aluminium pasta karena jika dicampurkan dengan campuran untuk beton ringan, pasta aluminium bereaksi dengan kalsium hidroksida atau kapur non aktif dengan air dan membentuk hidrogen. Dengan pemberian pasta aluminium dalam adukan maka akan timbul reaksi kimia yang melepas sejumlah gas dan setelah adukan mengeras maka terbentuk struktur berpori sehingga lebih ringan (Scheffler dan Colombo, 2005).

Pasta Aluminium

Proses kimia menyebabkan proses terbentuknya gas *hydrogen* yang membuat adonan mengembang membentuk pori-pori kecil, sehingga dari rekasi tersebut akan menimbulkan jejak pori-pori dalam beton yang sudah mengeras. Semakin banyak gas yang dihasilkan akan semakin banyak pori terbentuk dan beton akan semakin ringan (Subari, dkk 2006).

Serat Polyethylene

Serat *polyethylene* dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai kantong plastik. Pada umumnya *polyethylene* adalah material yang berwarna putih dan mengkilap, mempunyai density sebesar $0,96 \text{ ton/m}^3$ (Cement and Concrete Institute, 2001)

Pengujian

Kuat Tekan

Dalam perancangan komponen struktur beton bertulang, beton diasumsikan hanya menerima beban tekan saja. Dengan demikian, mutu beton selalu dikaitkan dengan kemampuannya dalam memikul beban tekan (atau istilahnya kuat tekan). Dalam penelitian ini menggunakan alat satu set Loading Frame, digunakan benda uji silinder diameter 100 mm x tinggi 200 mm sebanyak 3 buah benda uji tiap kadar campuran seratnya (Tri Mulyono, 2003).

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

Gaya P bekerja pada kedua sisi silinder sepanjang L dan gaya ini disebarkan seluas selimut silinder ($\pi.D.L$). secara berangsur-angsur pembebanan dinaikkan sehingga tercapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal, Dalam penelitian ini menggunakan alat *Universal Testing Machine*. digunakan benda uji silinder diameter 100 mm x tinggi 200 mm sebanyak 3 buah benda uji tiap kadar campuran seratnya (Dipohusodo, dalam penelitian Nurmantian Suryawan 2014).

Kuat tarik belah dihitung berdasarkan Persamaan 2.

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

Dengan :

- ft = 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 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 (Murdock, dalam penelitian Andi 2014).

Modulus elastisitas ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C-459, yaitu Modulus Chord. Adapun modulus elastisitas chord (E_c) dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris dari ASTM C-459 yang diberikan pada Persamaan

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \dots\dots\dots (3)$$

- dimana, S_2 = tegangan sebesar $0,4 f_c$
- S_1 = tegangan sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar 0,0000531 MPa
- ϵ_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Regangan (ϵ) yang terjadi diperhitungkan dengan Persamaan

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 0,0254 \dots\dots\dots (4)$$

- dimana, ΔL = penurunan arah longitudinal
- L = tinggi beton relatif (jarak antara dua strain gauge)
- 0,0254 = konversi satuan dial menjadi mm

METODOLOGI PENELITIAN

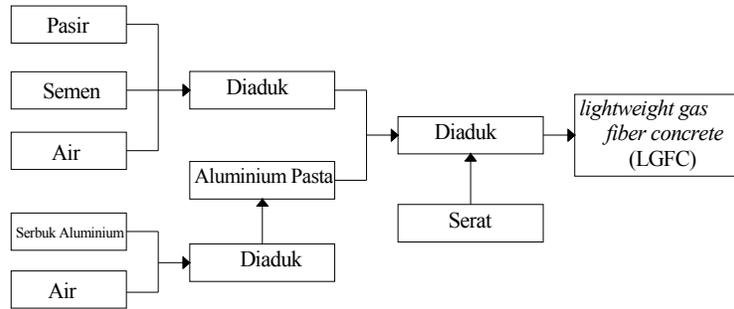
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, menggunakan silinder 10 cm x 20 cm dengan variasi serat 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75% dan 1%. berjumlah 3 buah per sampel. Pengujian dilakukan setelah beton ringan berumur 28 hari, data yang digunakan yaitu analisis statistik menggunakan program *Microsoft Excel*. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan serat *polyethylene* pada beton ringan berteknologi gas terhadap berat jenis, kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas.

Standar Penelitian dan Spesifikasi Bahan Dasar

Dalam Pengujian ini dilakukan terhadap agregat halus. Pengujian dilakukan dengan standar ASTM & SK SNI, sedangkan air yang digunakan dalam adukan beton sesuai dengan standar air dalam PBI 1971 pasal 3.6.

Tahapan dan Prosedur Pembuatan Beton Gas Berserat

Adapun prosedur pembuatan Beton Gas Berserat atau *lightweight gas fiber Concrete* (LGFC) seperti pada Gambar 4.



Gambar 1. Prosedur pembuatan beton gas berserat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Rancang Campuran Adukan Beton

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *trial error*, dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m³ akan di sajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan bahan beton ringan untuk 1m³.

Pasir		1081 kg
Semen		537 kg
Fly Ash		107 kg
Air		188 ltr
Pasta Aluminium	Serbuk Aluminium	0,06kg
	Air	0,18kg

Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Ringan teknologi gas

Setelah dilakukan pengujian terhadap berat jenis pada beton ringan *gas* dengan variasi campuran serat *polyethylene* dimana tiap variasi serat memiliki 3 sampel yang akan diuji. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.

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

No	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Jenis (kg/m ³)
1	0	KTME PET 0%	1	0,00155	2,900	1875,262
			2	0,00157	2,925	1863,057
			3	0,00158	2,910	1844,282
		KTB PET 0%	1	0,00160	2,905	1813,860
			2	0,00155	2,900	1875,262
			3	0,00157	2,915	1856,688
Rerata				0,00157	2,909	1854,735
2	0,25	KTME PET 0,25%	1	0,00157	2,896	1844,586
			2	0,00154	2,918	1896,336
			3	0,00160	2,885	1801,372
		KTB PET 0,25%	1	0,00154	2,908	1889,837
			2	0,00157	2,905	1850,318
			3	0,00158	2,890	1831,606
Rerata				0,00157	2,900	1852,343
3	0,5	KTME PET 0,50%	1	0,00157	2,895	1843,949

			2	0,00160	2,933	1831,343
			3	0,00157	2,937	1870,701
			1	0,00157	2,901	1847,771
		KT B PET 0,50%	2	0,00160	2,933	1831,343
			3	0,00157	2,937	1870,701
		Rerata		0,00158	2,923	1849,301
			1	0,00157	2,929	1865,605
		KT ME PET 0,75%	2	0,00160	3,015	1882,543
			3	0,00158	2,967	1880,407
4	0,75		1	0,00160	2,899	1810,114
		KT B PET 0,75%	2	0,00164	2,955	1800,078
			3	0,00160	2,925	1826,348
		Rerata		0,00158	2,923	1844,182
			1	0,00158	2,965	1879,139
		KT ME PET 1%	2	0,00160	2,925	1826,348
			3	0,00157	2,913	1855,414
5	1		1	0,00157	2,905	1850,318
		KT B PET 1%	2	0,00160	2,908	1815,733
			3	0,00161	2,910	1807,942
		Rerata		0,00159	2,921	1839,149

Dari hasil berat jenis diatas didapat nilai rata – rata berat jenis dari beton ringan *gas* adalah 1847,942 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.

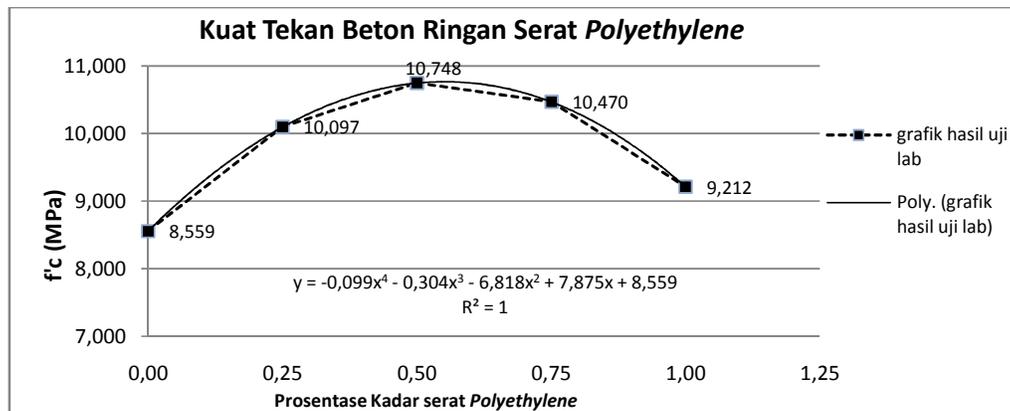
Hasil Pengujian Kuat Tekan

Setelah dilakukan pengujian terhadap kuat tekan pada beton ringan *gas* dengan variasi campuran serat *polyethylene*-dimana tiap variasi serat memiliki 3 sampel yang akan diuji .Hasil pengujian kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Kadar Serat	Kode Benda Uji	No Benda Uji	Luas Permukaan (mm ²)	P Maks (N)	f'c (Mpa)
1	0,00%	KTME PET 0%	1	7693,785	63000,000	7,877
			2	7850,000	70000,000	8,578
			3	7850,000	75250,000	9,222
		Rerata		7797,928	69416,667	8,559
2	0,25%	KTME PET 0,25%	1	7850,000	84000,000	10,294
			2	7693,785	89600,000	11,203
			3	8007,785	77000,000	8,793
		Rerata		7850,523	83533,333	10,097
3	0,50%	KTME PET 0,5%	1	7850,000	96700,000	11,850
			2	8007,785	98350,000	8,578
			3	7850,000	93000,000	11,815
		Rerata		7902,595	96016,667	10,748

4	0,75%	KTME PET 0,75%	1	7850,000	89250,000	10,937
			2	8007,785	82950,000	9,965
			3	7850,000	85750,000	10,508
			Rerata	7902,595	85983,333	10,470
5	1,00%	KTME PET 1%	1	7850,000	84150,000	10,312
			2	8007,785	73850,000	8,872
			3	7850,000	85250,000	8,451
			Rerata	7902,595	81083,333	9,212



Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Kadar Serat *Polyethylene*.

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.

Penurunan kuat tekan antara lain disebabkan karena adukan beton ringan yang tergantung dengan adanya penambahan volume *polyethylene* yang semakin besar, dan mempengaruhi daya ikat antara campuran beton dengan serat *polyethylene*.

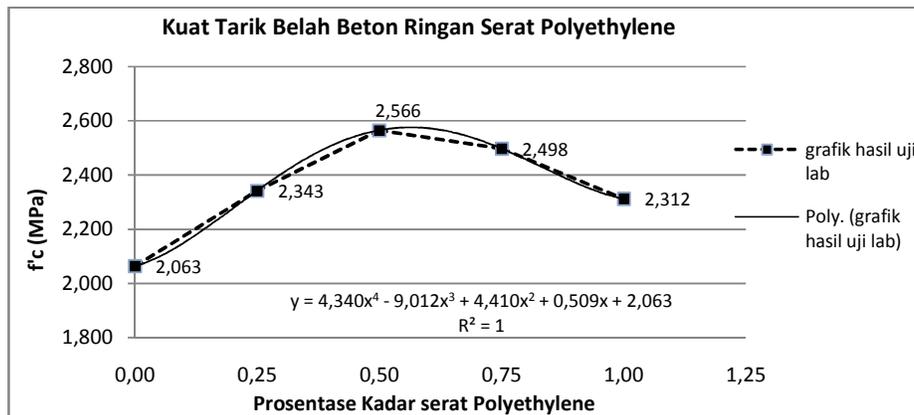
Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Setelah dilakukan pengujian terhadap kuat tarik belah pada beton ringan *gas* dengan variasi campuran serat *polyethylene* dimana tiap variasi serat memiliki 3 sampel yang akan diuji. Hasil pengujian kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah.

No	Kadar Serat	Kode Benda Uji	No Benda Uji	P Maks (N)	Ft (MPa)
1	0%	KTB PET 0%	1	76100	2,308
			2	63000	1,940
			3	63375	1,942
		Rata-rata	67492	2,063	
2	0,25%	KTB PET 0,25%	1	85400	2,643
			2	67900	2,080
			3	75600	2,305
		Rata-rata	76300	2,343	
3	0,50%	KTB PET 0,5%	1	86100	2,638

			2	77700	2,357
			3	88200	2,702
		Rata-rata		84000	2,566
4	0,75%	KT'B PET 0,75%	1	76650	2,325
			2	85925	2,568
			3	85750	2,601
		Rata-rata		82775	2,498
5	1%	KT'B PET 1%	1	87150	2,670
			2	63350	1,922
			3	77700	2,345
		Rata-rata		76067	2,312



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Dengan Kadar Serat *Polyethylene*.

Peningkatan kuat tarik belah terjadi karena adanya penambahan serat *polyethylene* 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 *polyethylene* yang mengikat antara beton terlalu banyak sehingga tegangan lekat antara beton ringan dengan serat *polyethylene* hasilnya menurun.

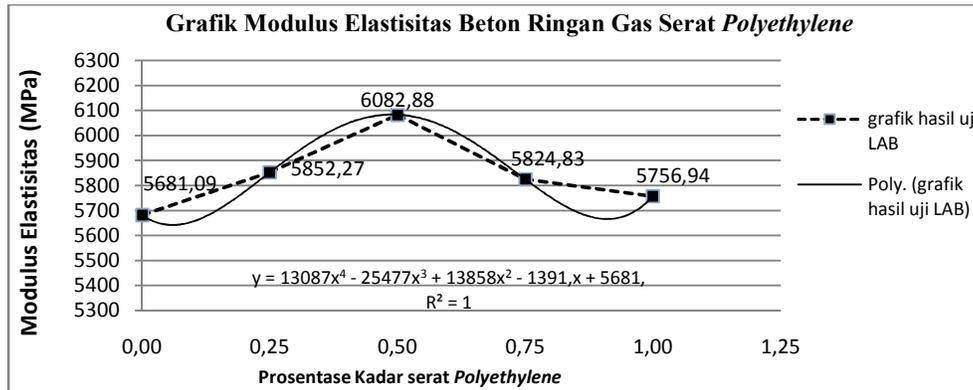
Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Setelah dilakukan pengujian terhadap modulus elastisitas pada beton ringan *gas* dengan variasi campuran serat *polyethylene* dimana tiap variasi serat memiliki 3 sampel yang akan diuji. Hasil pengujian kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas.

No.	Kadar Serat polyethylene	Kode Benda Uji	Ec Perhitungan (MPa)	Ec Rata-rata (MPa)
1	0,00	PET 0 - 1	6032,940	5681,093
		PET 0 - 2	5327,679	
		PET 0 - 3	5682,661	
2	0,25	PET 0,25 - 1	5558,789	5852,270
		PET 0,25 - 2	6162,994	
		PET 0,25 - 3	5835,029	
3	0,50	PET 0,50 - 1	6585,138	6082,885
		PET 0,50 - 2	5729,790	

		PET 0,50 - 3	5933,727	
		PET 0,75 - 1	5802,930	
4	0,75	PET 0,75 - 2	5876,919	5824,834
		PET 0,75 - 3	5794,651	
		PET 1 - 1	5862,131	
5	1,00	PET 1 - 2	5573,691	5756,942
		PET 1 - 3	5835,005	



Gambar 4. Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Dengan Kadar Serat *polyethylene*.

Kesimpulan

- Berat jenis rata-rata dari hasil pengujian beton ringan adalah 1847,942 kg/m³.
- Nilai kuat tekan beton ringan pada umur 28 hari dengan presentase serat 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1%, hasilnya beturut-turut adalah 8,559MPa; 10,097MPa; 10,748MPa; 10,470MPa; 9,212MPa, dengan peningkatan 17,964%; 25,573%; 22,329%; 7,626%, dari kuat tekan beton ringan dengan teknologi gas tanpa serat. Nilai optimum 10,794MPa dengan nilai maksimum 10,470MPa.
- Nilai kuat tarik belah beton ringan pada umur 28 hari dengan presentase serat 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1%, hasilnya beturut-turut adalah 2,063MPa; 2,343MPa; 2,566MPa; 2,498MPa; 2,312MPa, dengan peningkatan 13,534%; 24,346%; 21,071%; 12,067% dari kuat tekan beton ringan dengan teknologi gas tanpa serat. Nilai optimum 2,575 MPa dengan nilai maksimum 2,566MPa.
- Hasil nilai modulus elastisitas beton ringan pada umur 28 hari dengan presentase serat 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1%, hasilnya beturut-turut adalah 5681 MPa; 5852 MPa; 6083 MPa; 5825 MPa; 5757 MPa. Nilai optimum 6084 MPa dengan nilai maksimum 6083MPa.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Purnawan Gunawan, ST, MT. dan Ir. Slamet Prayitno, MT. Yang telah membimbing, member arahan dan masukan dalam penelitian ini.

Referensi

- Andi. 2014. Pengaruh Penambahan serat Polyester Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas, Surakarta.
- Cement and Concrete Institute. 2001. Fibre Reinforced Concrete, Middrand
- Dini. R. 2014. Pengaruh Penambahan serat Polypropylene Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas, Surakarta.
- Husin, A.dan Setiadji, R. 2008. "Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton".
- M. Afaza. 2014. Pengaruh Penambahan serat Polyethylene Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas, Surakarta.
- Mulyono, T. 2003. Teknologi beton, UNJ, Jakarta
- Nurmantian. S. 2014. Pengaruh Penambahan serat Nylon Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas, Surakarta.
- Scheffler dan Colombo, 2005. Celluler Cramics: Structure, Manufacturing, Properties and Application.
- SNI 03 2834 2000. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version).
- SNI 03 2847 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version).

Subari, dkk. 2006. Penambahan ALuminium Powder pada Beton Berserat Alam.