

PENGARUH PEMAKAIAN SERAT ECENG GONDOK TERHADAP KUALITAS MUTU BETON NORMAL

Faklav A. Nenometa, Agus Santosa, Mohammad Erfan

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

²⁾³⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

ABSTRAK

Dalam pembangunan di bidang sipil sangat didorong oleh perkembangan teknologi beton dan produk beton yang dihasilkan semakin inovatif, selain itu beton juga merupakan bahan yang dominan karena memiliki durability atau tingkat keawetan yang tinggi dibanding bahan material lain. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternative untuk dikembangkan baik dalam bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Sebab itu dalam perencanaan ini, dirasa perlu memodifikasi isian panel dinding Pre-cast memiliki spesifikasi yang cukup baik sebagai panel dinding dengan cara menambahkan material baru yang ramah terhadap lingkungan karena sifatnya yang dapat bertumbuh lagi yaitu eceng gondok (*Eichhornia crassipe*).

Untuk mengetahui pengaruh eceng gondok terhadap mutu beton dengan variasi eceng gondok 0,1%, 0,2%, 0,3% dan 0,4% dengan mutu rencana beton adalah $f_c' = 20$ MPa. Untuk pengujian kuat tekan dan tarik belah jumlah benda uji silinder dengan ukuran 30cm x15cm untuk masing-masing variasi berjumlah 3 buah sedangkan untuk pengujian kuat tarik lentur masing-masing variasi diwakili 5 benda uji balok dengan ukuran 60cm x 15cm x 6cm.

Berdasarkan hasil penelitian beton campuran eceng gondok untuk kekuatan tekan dan tarik belah mengalami penurunan dari beton normal sedangkan mengalami kenaikan pada kekuatan tarik lentur dengan prosentase optimum 0,1% sebesar 3,16 MPa. Namun dari hasil penelitian dan analisa ada pengaruh terhadap mutu beton tetapi tidak signifikan.

Kata kunci: precast wall, eceng gondok, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur

ABSTRACT

*In the development of the civilian sector, it is strongly driven by the development of concrete technology and the resulting concrete products are increasingly innovative, besides that concrete is also a dominant material because it has a high durability or durability compared to other materials. From the properties possessed by concrete that makes concrete as an alternative material to be developed both in physical form and the method of its implementation. Therefore, in this plan, it is deemed necessary to modify the contents of Pre-cast wall panels to have a pretty good specification as a wall panel by adding new materials that are friendly to the environment because it can grow again, that is water hyacinth (*Eichhornia crassipe*).*

To determine the effect of water hyacinth on the quality of concrete with a variation of water hyacinth 0.1%, 0.2%, 0.3% and 0.4% with the quality of the concrete plan is $f_c' = 20$ MPa. For compressive strength and tensile strength testing the number of cylindrical specimens with a size of 30cm x15cm for each variation amounted to 3 pieces while for testing the tensile strength of each variation represented 5 beam specimens with a size of 60cm x 15cm x 6cm.

Based on the results of the study the mixture of water hyacinth for compressive strength and split pull has decreased from normal concrete while increasing the flexural tensile strength with an optimum percentage of 0.1% of 3.16 MPa. However, the results of research and analysis have an influence on the quality of concrete but not significant..

Keywords: precast wall, water hyacinth, compressive strength, tensile strength, flexural tensile strength

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sangat diperlukan untuk meningkatkan pembangunan di segala bidang. Berkembangnya pembangunan di bidang sipil sangat didorong oleh perkembangan teknologi beton dan produk beton yang dihasilkan semakin inovatif, dengan metode pelaksanaan konstruksi yang paling cepat pelaksanaannya. Metode Pracetak atau Pre-cast merupakan suatu metode

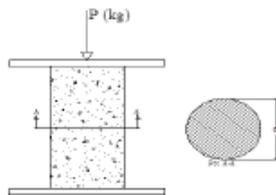
yang sering digunakan dan dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan yaitu dari segi kualitas, mutu, waktu dan biaya. Elemen bangunan yang sering dicetak menggunakan sistem precast yaitu salah satunya adalah dinding pracetak. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiennya. Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah dan mempunyai keawetan

serta kekuatan yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternative untuk dikembangkan baik dalam bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Sebab itu dalam perencanaan ini, dirasa perlu memodifikasi isian panel dinding Pre-cast dengan cara menambahkan material baru yang ramah terhadap lingkungan karena sifatnya yang dapat bertumbuh lagi yaitu eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Proses pembuatan beton tidak lepas dari reaksi-reaksi kimia yang terjadi, terutama dalam proses pemakaian bahan dasar berupa semen, agregat halus dan agregat kasar (SNI 03 – 2847 – 2002). Beton adalah hasil teknologi yang sederhana dan pengetahuan sangat kompleks. Oleh karena itu perlu diberi bahan tambahan, berdasarkan latar belakang diatas penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “pengaruh pemakaian serat eceng gondok terhadap kualitas mutu beton normal”.

TINJAUAN PUSTAKA

Uji Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras dengan benda uji berbentuk silinder. dengan tegangan tekan beton ($f'c$). Rumus yang digunakan untuk menentukan kuat tekan beton yaitu: $F'c = \frac{P}{A}$



Gambar 1. Skema Uji Kuat Tekan Beton

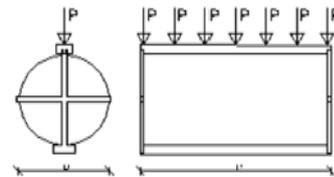
Dimana,

- $F'c$ = Kuat tekan benda uji (MPa)
- A = Luas Penampang (mm)
- P = Beban yang bekerja (N)

Uji Kuat Tarik Belah

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Benda uji yang digunakan berupa silinder yang direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Langkah-langkah pengujian sama seperti pengujian kuat tekan, hanya saja pada pengujian ini ditambahkan suatu lempengan plat besi agar dapat membagi beban merata pada panjang silinder. Beban maksimum P selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tarik belah beton (ft).

rumus yang digunakan untuk menentukan Kuat tarik belah yaitu : $T = \frac{2P}{\pi L, D}$



Gambar 2. Skema Uji Kuat Tarik Belah Beton

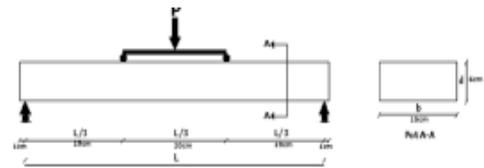
Keterangan:

- T = Kekuatan tarik belah (MPa)
- P = Gaya tekan yang bekerja (N)
- D = Diameter silinder (mm)
- L = Panjang / Tinggi silinder (mm)

Kuat lentur

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban sepanjang $1/3 L$ benda uji, benda uji yang digunakan adalah balok.

Rumus yang digunakan untuk menentukan kuat lentur beton yaitu: $\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$



Gambar 3. Skema Uji Kuat Tarik Lentur Beton

Keterangan:

- σ = Kuat lentur benda uji (MPa)
- P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji
- L = Jarak (bentangan) antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tang lintang pada arah horizontal (mm)
- d = Lebar tang lintang pada arah vertical (mm)

Pengujian Interval Kepercayaan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (Sudjana,2002; 496).

Dalam penelitian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Analisis Regresi

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana,2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $Y = a + bX + cX^2$. Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2 Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

METODOLOGI

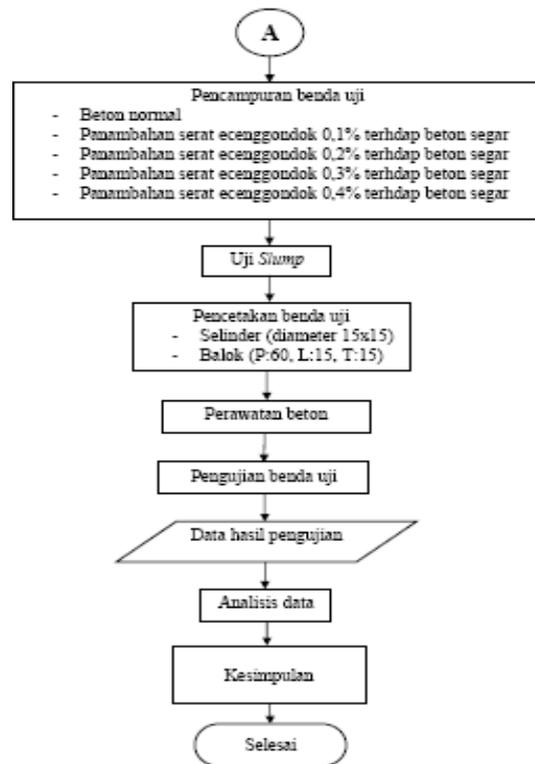
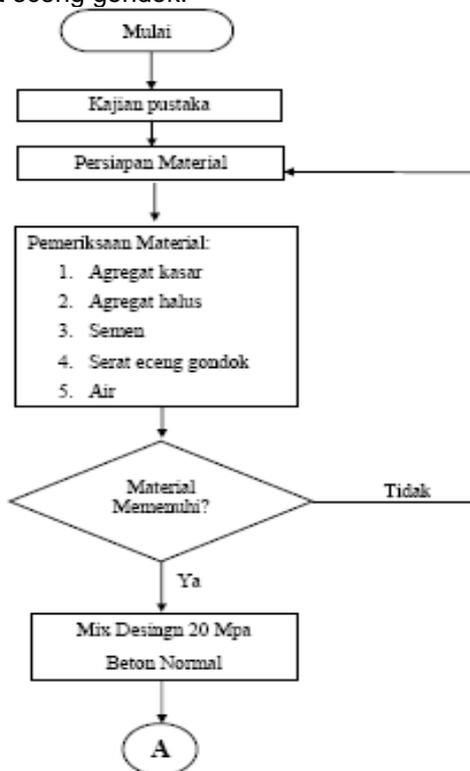
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang yang dimulai dari penguraian serat secere manual, pengujian bahan, rancangan campuran, pelaksanaan pengecoran, perawatan benda uji, dan Pengujian sampling.

Benda uji dibuat sebanyak 5 variasi komposisi serat eceng gondok terhadap presentasi beton segar yaitu 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3% dan 0,4%, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu peca) dan semen (PCC). Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan lentur pada benda uji dilakukan pada umur 28 hari. Jumlah benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah sebanyak 30 buah dan benda uji untuk

Pada penelitian ini pengujian terhadap benda uji untuk mengetahui kualitas beton yang diperoleh dilakukan terhadap pengujian kuat tekan beton yaitu dilakukan pada umur perawatan 28 hari.

Dalam analisa data, metode yang digunakan adalah metode Analisis Regresi yaitu dengan mengkaji hasil penelitian laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.

Sedangkan untuk pengujian hipotesis, digunakan uji Fisher (uji F) untuk melihat signifikansi perbedaan yang dihasilkan dengan penambahan serat eceng gondok.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan perancangan campuran (mix design) berdasarkan SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal), standar ini juga mengacu pada metode mix design ACI dan DOE atau yang biasa disebut metode British 1968. Perancangan Campuran Beton Mutu F'c = 20 MPa

Data Perencanaan

- F'c Rencana = 20 MPa
- Slump Rencana = 80-120 mm
- Agr. Kasar Maksimum = 40 mm
- Agregat Halus = Zone II
- Volume Beton = < 1000 m³
- Jenis Semen = Tipe I (PCC)
- Jenis Agregat Kasar = Dipecah
- Bj Agr. Halus (SSD) = 2,73
- Bj Agr. Kasar 20x30mm (SSD) = 2,73

Berdasarkan data perencanaan diketahui volume pekerjaan < 1000 m³, oleh karena itu standar deviasi yang dapat digunakan adalah baik 5,5 < S < 6,5. Jadi standar deviasi dipakai 6 MPa.

$$F'_{cr} = F'c + 1.34 \times S$$

$$= 20 + 1.34 \times 6 = 28.04 \text{ Mpa}$$

$$F'_{cr} = F'c + 2.33 \times S - 3.5 = 20 + 2.33 \times 6 - 3.5$$

$$= 30.48 \text{ Mpa}$$

Perhitungan F'cr diatas diambil yang terbesar yaitu 30.48 Mpa.

Keterangan :

- F'c : Kuat tekan rencana
- 1,64 : Ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%.
- S : Nilai deviasi

Hasil Pengujian Kuat tekan

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 hari

Kode Benda Uji	tanggal		Luas (cm ²)	Berat (kg)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat tekan Rata-Rata (Mpa)
	Pembuatan	Pengujian					
Te0%A1	27/4/19	24/5/19	17663	13.00	385	21.80	21.23
Te0%A2	27/4/19	24/5/29	17663	13.03	356	20.16	
Te0%A3	27/4/19	24/5/19	17663	13.19	384	21.74	
Te0.1%B1	21/5/19	18/6/19	17663	12.64	350	19.82	21.33
Te0.1%B2	21/5/19	18/6/19	17663	12.56	404	22.87	
Te0.1%B3	21/5/19	18/6/19	17663	12.58	376	21.29	
Te0.2%C1	22/5/19	19/6/19	17663	12.39	348	19.70	20.53
Te0.2%C2	22/5/19	19/6/19	17663	12.28	367	20.78	
Te0.2%C3	22/5/19	19/6/19	17663	12.61	373	21.12	
Te0.3%D1	23/5/19	20/6/19	17663	12.23	316	17.89	16.80
Te0.3%D2	23/5/19	20/6/19	17663	12.30	285	16.14	
Te0.3%D3	23/5/19	20/6/19	17663	12.17	289	16.36	
Te0.4%E1	24/5/19	21/6/19	17663	12.03	254	14.38	15.40
Te0.4%E2	24/5/19	21/6/19	17663	12.05	283	16.02	
Te0.4%E3	24/5/19	21/6/19	17663	11.90	279	15.80	

Sumber : Hasil peerhitungan

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 hari

Kode Benda Uji	tanggal		Berat (kg)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan Belah (Mpa)	Kuat Belah Rata-Rata (Mpa)
	Pembuatan	Pengujian				
Tb 0% A4	27/4/19	24/5/19	13.0	358	5.07	5.18
Tb 0% A5	27/4/19	24/5/29	13.0	356	5.04	
Tb 0% A6	27/4/19	24/5/19	13.2	384	5.44	
Tb 0.1% B4	21/5/19	18/6/19	12.6	350	4.95	5.33
Tb 0.1% B5	21/5/19	18/6/19	12.7	404	5.72	
Tb 0.1% B6	21/5/19	18/6/19	12.6	376	5.32	
Tb 0.2% C4	22/5/19	19/6/19	12.6	373	5.28	5.13
Tb 0.2% C5	22/5/19	19/6/19	12.4	348	4.93	
Tb 0.2% C6	22/5/19	19/6/19	12.3	367	5.19	
Tb 0.3% D4	23/5/19	20/6/19	12.2	316	4.47	4.20
Tb 0.3% D5	23/5/19	20/6/19	12.3	285	4.03	
Tb 0.3% D6	23/5/19	20/6/19	12.2	289	4.09	
Tb 0.4% E4	24/5/19	21/6/19	12.1	283	4.01	3.87
Tb 0.4% E5	24/5/19	21/6/19	11.9	279	3.95	
Tb 0.4% E6	24/5/19	21/6/19	12.0	258	3.65	

Sumber : Hasil peerhitungan

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Pada Umur 28 hari

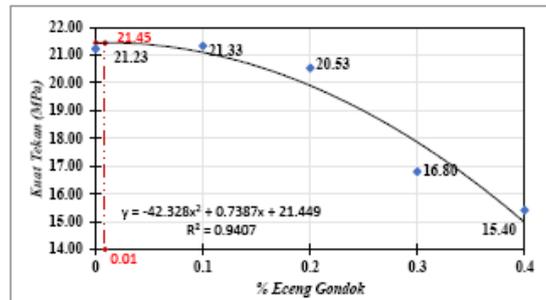
Tabel 4.16. Nilai Kuat Lentur Umur 28 hari

Kode benda uji	tanggal		Berat (gram)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (Mpa)	Keterangan Letak Patahan
	Pembuatan	Pengujian					
Le0%AA1	27/4/19	24/5/19	3563	15	2.67	2.70	Tengah
Le0%AA2	27/4/19	24/5/29	3574	17	3.02		Tengah
Le0%AA3	27/4/19	24/5/19	3462	17	3.02		Tengah
Le0%AA4	27/4/19	24/5/19	3558	12	2.13		Tengah
Le0%AA5	27/4/19	24/5/29	3693	15	2.67		Tengah
Le0.1%BB1	21/5/19	18/6/19	3523	16	2.84	2.92	Tengah
Le0.1%BB2	21/5/19	18/6/19	3681	18	3.20		Tengah
Le0.1%BB3	21/5/19	18/6/19	3333	19	3.38		Tengah
Le0.1%BB4	21/5/19	18/6/19	3460	11	1.96		Tengah
Le0.1%BB5	21/5/19	18/6/19	3528	18	3.20		Tengah
Le0.2%CC1	22/5/19	19/6/19	3483	17	3.02	2.70	Tengah
Le0.2%CC2	22/5/19	19/6/19	3342	16	2.84		Tengah
Le0.2%CC3	22/5/19	19/6/19	332	13	2.31		Tengah
Le0.2%CC4	22/5/19	19/6/19	3395	14	2.49		Tengah
Le0.2%CC5	22/5/19	19/6/19	3395	16	2.84		Tengah
Le0.3%DD1	23/5/19	20/6/19	3435	14	2.49	2.67	Tengah
Le0.3%DD2	23/5/20	20/6/20	3298	14	2.49		Tengah
Le0.3%DD3	23/5/19	20/6/19	3276	15	2.67		Tengah
Le0.3%DD4	23/5/19	20/6/19	3193	15	2.67		Tengah
Le0.3%DD5	23/5/19	20/6/19	3452	17	3.02		Tengah
L30.4%E1	24/5/19	21/6/19	3338	14	2.49	2.42	Tengah
L30.4%E2	24/5/19	21/6/19	3332	15	2.67		Tengah
L30.4%E3	24/5/19	21/6/19	3513	13	2.31		Tengah
L30.4%E4	24/5/19	21/6/19	3306	11	1.96		Tengah
L30.4%E5	24/5/19	21/6/19	3438	15	2.67		Tengah

Sumber : Hasil peerhitungan

PEMBAHASAN

Kuat Tekan



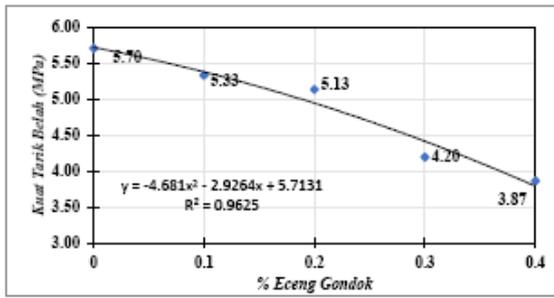
Gambar 5. Grafik Hubungan Penambah Eceng Gondok dengan Kuat Tekan

Terjadi penurunan nilai kuat tekan dengan semakin bertambahnya persentase penambahan eceng gondok.

Dari uji hipotesis didapatkan $t_{tabel} = 6,898$ yang lebih besar dari $t_{tabel} = 4,303$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara persentase penambahan serat pada beton.

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -42,328x^2 + 0,7387x + 21,449$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9407$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 94% nilai kuat tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh persentase penambahan serat eceng gondok.

Kuat Tarik Belah

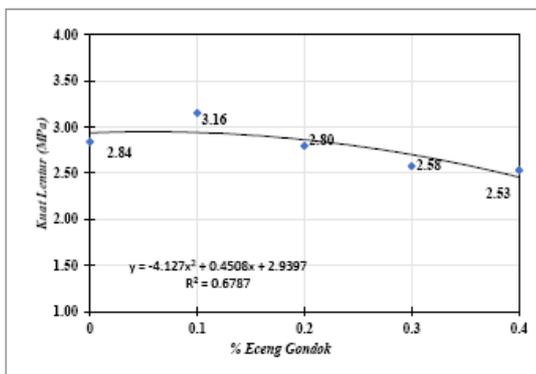


Gambar 5. Grafik Hubungan Penambah Eceng Gondok dengan Kuat Tarik Belah

Berdasarkan hasil analisis regresi, dihasilkan persamaan $y = -4,681 - 2.926x + 5.713$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar **0.9625** dan koefisien korelasi sebesar **0,9811**. Hal ini berarti bahwa 96,25% perubahan nilai kuat tarik belah dipengaruhi oleh eceng gondok sebagai bahan tambah pada campuran beton.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 8,779$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 4,303$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara presentase penambahan serat eceng gondok pada nilai kuat tarik belah beton.

Kuat Tarik Lentur



Gambar 6. Grafik Hubungan Penambah Eceng Gondok dengan Kuat Tarik Lentur

Dari uji hipotesis didapatkan $t_{hitung} = 2,517$ yang lebih kecil dari $t_{tabel} = 2,776$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara prosentase penambahan serat eceng gondok pada beton.

Besarnya pengaruh penambahan serat eceng gondok dibuktikan pada pengujian analisa regresi bahwa pada pengujian kuat tekan nilai determinasi (R^2) sebesar 0,67, yang berarti bahwa nilai hasil pengujian 67% dipengaruhi oleh serat eceng gondok sebanyak, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian dan perhitungan yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yang sehubungan dengan pengaruh yang terjadi akibat penambahan serat eceng gondok terhadap beton normal yang sesuai dengan rumusan masalah yaitu:

1. Ada pengaruh terhadap mutu beton tetapi tidak signifikan.
2. Perbedaannya yaitu dengan adanya campuran serat eceng gondok maka mutu beton semakin menurun.
3. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa nilai optimum dari campuran serat eceng gondok yaitu pada variasi campuran 0,1% dengan nilai rata-rata perbandingan kuat tekan beton normal dan beton yang memiliki campuran serat eceng gondok 0,1% yaitu 21Mpa : 21,33Mpa, kuat tarik belah 5,702Mpa : 5,33Mpa dan kuat lentur 2.84Mpa : 3,16Mpa.

SARAN

Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian beton tersebut bias digunakan sebagai dinding panel karena dengan adanya penambahan serat eceng gondok maka volume beton semakin bertambah.
2. Serat eceng gondok merupakan serat yang mempunyai daya serap air yang cukup tinggi sehingga disarankan sebelum pengecoran beton berserat eceng gondok perlu dibasahi dengan air sehingga serat eceng gondok tidak menyerap kadar air semen dari beton itu sendiri.
3. Ketelitian alat dan pelaksanaan penelitian harus sesuai prosedur yang ada hal ini sangat diperlukan untuk memperoleh data yang akurat.
4. Dalam penelitian ini serat yang digunakan memiliki panjang 5cm – 8cm sehingga disarankan dalam penelitian selanjutnya bisa menggunakan panjang serat eceng gondok dengan panjang 1cm – 4cm atau > 9cm.
5. Untuk peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengolah serat eceng gondok dengan lebih teliti, sehingga didapatkan serat eceng gondok murni yang tidak mengandung spons.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000), Badan Standarisasi Nasional.
 Anonim (2004). Semen portland (SNI 15-2049-2004), Badan Standarisasi Nasional.

- Anonim (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011), Badan Standarisasi Nasional
- Anonim (2004). Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder (SNI 2491:2014), Badan Standarisasi Nasional
- Anonim (2011). Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan (SNI 4431:2011), Badan Standarisasi Nasional
- Anonim (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000), Badan Standarisasi Nasional
- Anonim (2012). Metode uji partikel ringan dalam agregat (ASTM C 123-03, IDT.), Badan Standarisasi Nasional
- Anonim (2002). Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (Beta Version) Bandung: desember 2002
- Mulyono, Tri (2007). Teknologi beton, Yogyakarta
- M. Edwar Hidayat., Ismeddiyanto., Alex Kurniawandy., (2016) Pengaruh Penambahan Serat Kulit Bambu Terhadap Sifat Mekanik Beton, Bandung: Jawa Barat
- Nungraheni Melly (1017). Pengaruh pemakaian serat bendrat berkait (HOOKED) dengan perilaku beton pada beban berulang, Lampung: Universitas Lampung
- Putra, R.D.H.(2013). Ekstraksi serat selulosa dari tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes*) dengan variabel palarut, Depok: Universiti Indonesia
- Sukoyo, (2011). Peningkatan kuat tarik beton dengan penambahan fiber baja, Vol.7 Jl.Prof. H. Sudarto, S.H: Tembalang Semarang
- Tjokrodinuljo. K. (2013). Teknologi Beton. Yogyakarta. <http://www.Onesearch.id>
- Yohanes L.D. Adiarto., Tri Basuki., (2004). Pengaruh penambahan serat nylon terhadap kinerja beton. Media komunikasi tekni ksispil. <http://www.doi.org/mktv.v12i2.1951>