

STUDI KARAKTERISTIK BETON SERAT ECENG GONDOK

(Study Of The Characteristics On Water Hyacinth Fiber Concrete)

Risal Albert Saluria¹,Erniati Bachtiar^{2*}, Erdawaty²

¹ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Fajar, Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah no. 101, Makassar, 90231

² Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Fajar, Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah no. 101, Makassar, 90231

*) email Penulis Korespondensi : erni@unifa.ac.id

ABSTRAK

Teknologi konstruksi beton diarahkan bersifat berkelanjutan dan ramah lingkungan. Serat eceng gondok sebagai bahan tambah beton, diketahui bahwa serat eceng gondok dapat dicampur dalam beton sehingga kemungkinan dapat menambah kuat tarik belah pada beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh serat eceng gondok sebagai bahan tambah pada sifat fisik (*slump test, bleeding, segregation*) dan sifat mekanik (kuat tekan dan kuat tarik belah) beton yang menggunakan serat eceng gondok sebagai material tambahan pada beton. Variasi penelitian untuk substitusi agregat halus yaitu 1% dengan variasi panjang serat 4 cm, 6 cm dan 8 cm. Jumlah benda uji masing 3 buah setiap variasi panjang. Pengujian sifat mekanik beton (kuat tekan dan kuat tarik belah) dilakukan pada umur 28 hari. Beton yang menggunakan serat eceng gondok mengalami penurunan kuat tekan pada panjang serat 4 cm, 6 cm dan 8 cm berturut sebesar 29,43 MPa, 31,42 MPa dan 31,85 MPa dari kuat tekan BN 37,79 MPa. Beton yang menggunakan serat eceng gondok mengalami kenaikan kuat tarik belah pada panjang serat 4 cm, 6 cm dan 8 cm berturut sebesar 2,77 MPa, 2,84 MPa dan 3,03 MPa dari kuat tekan BN 2,63 MPa. Menurunnya kuat tekan beton dan meningkatnya kuat tarik belah pada beton dipengaruhi oleh adanya substitusi serat pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton. Serat eceng gondok dengan variasi panjang serat eceng gondok.

Kata Kunci : Beton, Serat Eceng Gondok, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

ABSTRACT

Concrete construction technology is directed to be sustainable and environmentally friendly. Hyacinth fibers as added concrete, it is known that the water hyacinth fibers can be mixed in concrete so that it is possible to increase the tensile strength of the concrete. The purpose of this study was to determine the effect of water hyacinth fibers as added material on physical properties (Slumptest,bleeding, segregation) and mechanical properties (compressive strength and tensile strength) of concrete using water hyacinth fibers as an additional material in concrete. Research variation for fine aggregate substitution is 1% with a fiber length variation of 4 cm, 6 cm and 8 cm. The number of test pieces is 3 pieces for each length variation. Testing the mechanical properties of concrete (compressive strength and tensile strength) is carried out at 28 days. Concrete that uses water hyacinth fibers has decreased compressive strength on fiber lengths of 4 cm, 6 cm and 8 cm respectively by 29.43 MPa, 31.42 MPa and 31.85 MPa from BN 37.79 MPa compressive strength. Concrete that uses water hyacinth fiber has increased tensile strength of 4 cm, 6 cm and 8 cm fiber length respectively by 2.77 MPa, 2.84 MPa and 3.03 MPa from compressive strength of BN 2.63 MPa. Decreased of the compressive strength and increased of the tensile strength of the Fiber Concrete due to the substitutions of the water hyacinth fiber as fines aggregate in the concrete mixer with the length of Water Hyacinth fibers.

Keywords: Concrete, Water Hyacinth Fiber, Compressive Strength, Split Tensile Strength

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material yang paling banyak dibutuhkan dalam dunia konstruksi. Ini disebabkan banyaknya kelebihan beton yaitu material mudah diperoleh dan mudah dikerjakan dibandingkan dengan material lainnya seperti kayu dan baja dan biaya pembuatannya relatif murah dan tidak perlu memerlukan perawatan yang khusus. Kebutuhan beton semakin meningkat seiring dengan pembangunan infrastruktur yang semakin meningkat. Material penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, halus, semen dan pasir serta air. Material penyusun beton adalah sumber daya alam yang suatu saat akan habis dengan melihat kebutuhan dunia konstruksi semakin hari semakin tinggi.

Inovasi teknologi beton ke arah ramah lingkungan maka material penyusun beton yang akan digunakan seyogyanya memanfaatkan material yang ramah lingkungan. Penelitian yang mengganti semen baik sebagian dengan menggunakan limbah ampas tebu sebagai pengganti semen (Bachtiar, E dkk., 2019), dan mengganti semen secara seluruhnya dengan menggunakan fly ash yang diaktivasi dengan activator (E. Bachtiar, 2019, 2020; E. Bachtiar dkk., 2018) serta mengganti agregat kasar dengan menggunakan limbah cangkang kemiri (Erniati dkk., 2017). Dengan pemanfaatan limbah-limbah menjadi material penyusun beton secara berkelanjutan menuju dunia konsturksi yang ramah lingkungan.

Beton memiliki salah satu kelemahan beton adalah memiliki kuat tarik yang sangat kecil sehingga bersifat getas. Beton normal memiliki kuat tarik sebesar 9 – 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1996). Dari kelemahan beton tersebut, maka pada struktur beton diberikan tulangan untuk memikul beban sehingga beton dan tulangan tersebut bersama-sama memikul beban yang bekerja pada struktur tersebut. Untuk menaikkan kuat tarik suatu beton maka perlu penambahan serat. Serat untuk beton dapat menggunakan serat alami non alami. Serat alami sangat mudah diperoleh dari tumbuhan atau tanaman yang banyak tumbuh di sekitar lingkungan kita.

Salah satu permasalahan kota Makassar adalah permasalahan tumbuhan eceng gondok (*Water Hyacinth*) yang sangat liar tumbuh di perairan sehingga semua aliran sungai di tumbuhi tumbuhan berlebihan sehingga menjadi akan menjadi limbah yang dapat merusak kelestarian sungai. Eceng gondok merupakan salah satu tanaman perairan mengapung yang memiliki kemampuan berkembang biak sangat cepat. Tanaman air ini sangat berpeluang untuk dimanfaatkan selama populasinya dapat dikendalikan, sebaliknya tanaman tersebut akan merusak lingkungan jika populasinya tidak dikendalikan dengan baik karena akan

merusak ekosistem di lingkungan perairan tersebut dengan mempercepat proses pendangkalan dan mengganggu transportasi perairan.

Kandungan lignin yang tinggi pada tanaman eceng gondok memungkinkan pengolahan eceng gondok menjadi produk yang bermanfaat dan memiliki nilai guna tinggi seperti serat yang memiliki kekuatan lentur tinggi. Karakteristik eceng gondok memiliki massa jenis sebesar $0,25 \text{ g/cm}^3$, sifat putih (*whiteness*) sebesar 22,2%, kehalusan (*fineness*) sebesar 35μ , dan kuat tarik sebesar (*tensile strength*) sebesar 18-33 MPa (Putera, 2012).

Penelitian pemanfaatan eceng gondok sebagai substitusi semen dan atau sebagai bahan tambah pada beton telah dilakukan dengan hasil bahwa dengan menambahkan eceng gondok maka dapat mengurangi berat dan kekuatan dari beton (Jayadi, 2018; Rusliana, 2019). Penelitian sebelumnya eceng gondok memanfaatkan serat eceng gondok dalam pembuatan batako berlubang, dari hasil penelitian bahwa penambahan serat eceng gondok akan menurunkan kuat tekan dan kuat tekan yang dihasilkan lebih kecil dari persyaratan minimum standard mutu III SNI 03-0349-1989 (Therti dkk., 2012). Penelitian sebelumnya dengan pemanfaatan serat eceng gondok dapat digunakan pada beton berkualitas rendah dengan kata lain beton non structural atau beton struktur rendah (Affandy & Lubis, 2018).

Paper ini membahas tentang pemanfaatan tanaman liar perairan eceng gondok sebagai serat pada beton. Campuran beton segar yang menggunakan eceng gondok sebagai serat dievaluasi dalam paper ini, disamping itu juga dipaparkan hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan variasi panjang serat eceng gondok.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan lokal yang ada di sekitar kota Makassar yakni eceng gondok, semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan air. Bahan eceng gondok sebelum digunakan sebagai serat dilakukan pengeringan terlebih dahulu, kemudian eceng gondok tersebut dililit setelah dililit baru dipotong sesuai panjang yang diinginkan. Adapun variasi panjang serat 4 cm, 6 cm dan 8 cm.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan kapasitas 50 kg, satu set saringan, oven, mesin abrasi *Los Angeles*, kuas, sekop, ember, kerucut abram, batang penusuk, mistar, cetakan beton (selinder), *Universal Testing Machine*, gunting dan alat pendukung lainnya.

2.2 Prosedur penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yakni 1) persiapan bahan dan alat, 2) Membuat serat eceng gondok, 3) karakteristik agregat halus dan kasar, 4) perencanaan campuran, 5) pembuatan sampel, 6) perawatan (*curing*), 7) uji sifat mekanik (uji kuat tekan dan kuat tarik belah), 8) rekapitulasi data dan 9) Analisis data dan membuat kesimpulan.

Perencanaan campuran (*mix design*) menggunakan metode DOE (*Development of Environment*). Hasil *mix design* diperoleh komposisi campuran material beton normal seperti pada Tabel I.

TABEL I
KOMPOSISI CAMPURAN MATERIAL BETON (1 m³)

No	Bahan	Kebutuhan	Satuan
1	Air	225	Liter
2	Semen	703,125	Kg
3	Pasir	501,5588	Kg
4	Kerikil	1018,316	Kg

Benda uji dibuat dengan beberapa variasi panjang serat yakni 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Jumlah serat 1% dari jumlah pasir. Penambahan serat ini menjadi substitusi sebagai pasir pada campuran beton. Masing-masing variasi dibuat 3 benda uji. Disamping itu dibuat benda uji beton normal tanpa serat (0%) sebagai sampel standar beton. Jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
JUMLAH SAMPEL BETON SERAT ECENG GONDOK

No	Persentase serat eceng gondok terhadap aggregate halus (%)	Variasi panjang serat eceng gondok (cm)	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah	Jumlah
1	0	0	3	3	6
2		4	3	3	6
3	1	6	3	3	6
4		8	3	3	6

Pengujian kuat tekan menggunakan standar SNI 03-1974-1990 dan kuat tarik belah berdasarkan SNI 03-2491-2002. Uji kuat tekan dan kuat tarik belah benda uji menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian kekuatan beton dilakukan pada saat umur beton 28 hari setelah dilakukan perawatan selama 28 hari.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian *Slump Test*, *Segregation* dan *Bleeding*

Uji *slump test* dilakukan pada beton segar sebelum terjadi ikatan pada beton. Uji *slump test* ini dilakukan untuk mengetahui *workability* suatu campuran beton sehingga perlu diketahui konsistensi/kekakuan dari campuran beton dalam kondisi segar (*fresh concrete*) dengan uji *slump test*. Konsistensi dari suatu campuran beton menunjukkan berapa jumlah air yang digunakan.

Pengujian *slump test* pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 (dua) kali untuk masing-masing variasi sebagaimana yang dipaparkan pada Tabel III. Ketentuan nilai *slump* untuk beton normal dalam perhitungan *mix design* antara 7,5 – 15 cm. Sebagaimana terlihat pada Tabel III hasil nilai *slump test* memenuhi syarat sesuai rencana *mix design*. Dari Tabel III terlihat penambahan serat pada beton mempengaruhi nilai *slump test*, semakin panjang serat maka semakin meningkat nilai *slump test*-nya.

TABEL III
HASIL NILAI SLUMP TEST

Kode Sampel	Variasi Campuran (%)	Test Slump I	Test Slump II	Nilai Rata-Rata (cm)
BN	0	10,2	10,7	10,45
BS-4	4	10,5	10,9	10,70
BS-6	6	10,7	11,2	10,95
BS-8	8	10,9	11,4	11,15

Terjadinya *segregation* dan *bleeding* pada suatu campuran memperlihatkan kualitas suatu campuran tidak bagus yang akan mengakibatkan turunnya nilai kekuatan suatu beton. *Segregation* terjadi jika terjadi pemisahan butir agregat halus dan agregat kasar serta semen pada campuran. Jadi *segregation* adalah kecenderungan butir-butir memisahkan diri dari suatu campuran adukan beton. Umumnya segregasi terjadi diakibatkan oleh beberapa hal yakni kurangnya semen, air terlalu banyak, ukuran agregat sangat besar melebihi dari 40 mm serta permukaan butir agregat kasar halus.

Bleeding adalah kecenderungan campuran naik keatas atau memisahkan diri pada beton segar yang baru saja dipadatkan atau dengan kata lain *bleeding* terjadi jika naiknya air ke permukaan campuran sehingga campuran tidak homogen. Pada penelitian ini, campuran beton segar yang dibuat baik campuran beton normal maupun beton yang menggunakan serat

eceng gondok terlihat secara fisik tidak terjadi *segregation* dan *bleeding*. Dan itu terlihat sangat jelas perencanaan mutu yang diinginkan mencapai 40 MPa.

3.2 Kuat Tekan Beton

Kualitas suatu beton dapat dilihat dari sifat mekanik beton. Kuat tekan beton adalah salah satu sifat mekanik beton. Nilai kuat tekan beton merupakan besarnya gaya atau beban per satuan luas permukaan, dimana pembebanan tersebut yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan beton sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya. Disamping itu kuat tekan dipengaruhi juga dengan sifat mikrostruktur, porositas dan umur beton.

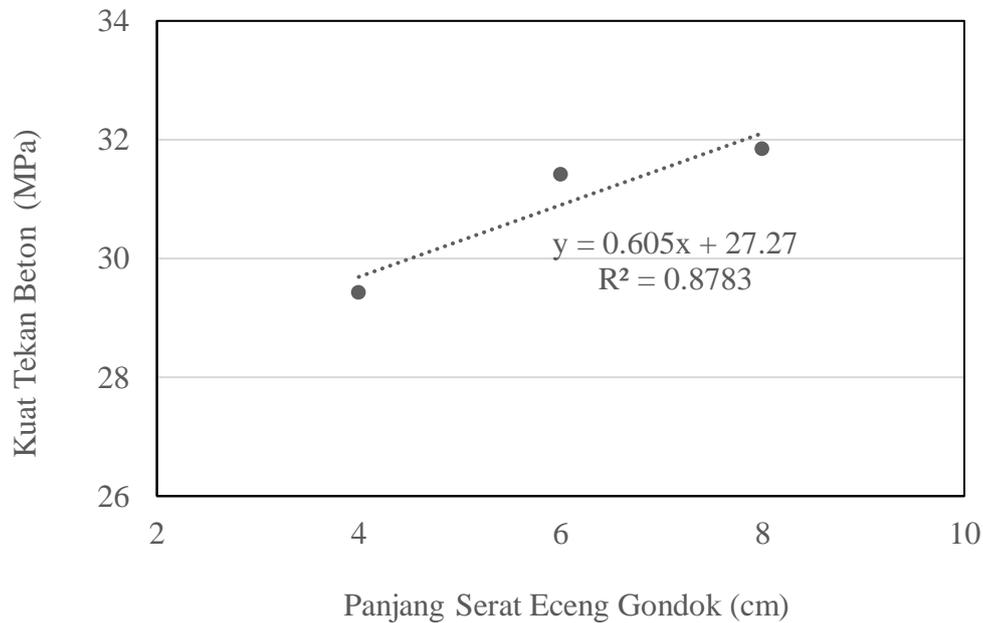
TABEL IV.
REKAPITULASI NILAI KUAT TEKAN BETON SERAT ECENG GONDOK
Kuat Tekan Beton (MPa)

No	BN	BS		
		4 cm	6 cm	8 cm
1	43,18	32,48	34,71	32,74
2	36,69	27,77	20,70	30,57
3	33,50	28,03	38,85	32,23
Nilai Rata-rata	37,79	29,43	31,42	31,85

Hasil uji kuat tekan yang telah dihitung dilakukan rata-rata dari tiga sampel. Adapun hasil rekapitulasi kuat tekan beton serat eceng gondok dapat dilihat pada Tabel IV. Terlihat nilai kuat tekan pada Tabel IV, bahwa nilai kuat tekan turun akibat adanya substitusi serat dalam beton. Penurunan kuat tekan beton serat eceng gondok untuk variasi 4 cm, 6 cm dan 8 cm adalah berturut-turut sebesar 22,12%, 16,86% dan 15,72% dari kuat tekan beton normal 37,79 MPa. Jika dilihat dari variasi panjang serat eceng gondok, kuat tekan beton yang tertinggi terjadi pada beton yang menggunakan panjang serat eceng gondok sebesar 8 cm. Dengan demikian semakin panjang serat maka semakin tinggi kuat tekan beton.

Hubungan antara panjang serat dengan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 1, dimana panjang serat eceng gondok memiliki hubungan dengan membentuk persamaan linier $y = 0,605x + 27,27$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,878$. Dengan demikian pengaruh panjang serat eceng gondok sebagai substitusi pasir terhadap nilai kuat tekan beton adalah

signifikan, semakin panjang serat eceng gondok maka semakin tinggi nilai kuat tekan, meskipun nilai kuat tekan turun dibandingkan nilai kuat tekan beton normal.



Gambar 1. Hubungan Variasi Panjang Serat dengan Kuat Tekan

3.3 Kuat Tarik Belah Beton

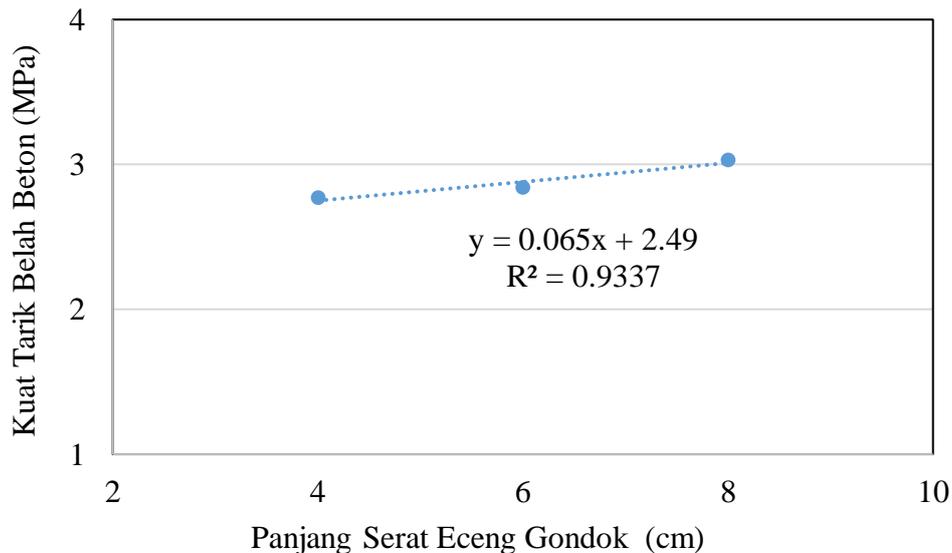
Kuat tarik belah beton merupakan salah satu sifat mekanik yang tak kalah pentingnya pada beton. Kuat tarik belah pada beton normal memiliki hubungan dengan kuat tekan sebesar 9 – 15% (Dipohusodo, 1996). Nilai kuat tarik belah beton diperoleh dengan melakukan uji pembelahan silinder dengan memberikan beban tekan ditengah secara merata di seluruh bagian panjang dari silinder hingga terbelah dua dari ujung ke ujung. Untuk hasil rekapitulasi perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V
REKAPITULASI NILAI KUAT TARIK BELAH (MPa)

No	Kuat Tarik Belahbeton			
	BN	BS 1%		
		4 cm	6 cm	8 cm
1	2,803	2,803	2,866	3,185
2	2,866	2,866	3,025	3,025
3	2,229	2,627	2,627	2,866
Nilai rata-rata	2,63	2,77	2,84	3,03

Catatan : kuat tarik belah disyaratkan 9 – 15% dari kuat tekan

Terlihat nilai kuat tekan pada Tabel V, bahwa nilai kuat tarik belah meningkat akibat adanya substitusi serat sebagian pasir dalam beton. Peningkatan kuat tarik belah beton serat eceng gondok untuk variasi 4 cm, 6 cm dan 8 cm adalah berturut-turut sebesar 5,32%, 7,98% dan 15,21% dari kuat tarik belah beton normal 2,63 MPa. Jika dilihat dari variasi panjang serat eceng gondok, kuat tarik belah beton yang tertinggi terjadi pada beton yang menggunakan panjang serat eceng gondok sebesar 8 cm. Dengan demikian semakin panjang serat maka semakin tinggi kuat tarik belah beton.



Gambar 2. Hubungan Kuat Tarik Belah dan Variasi Panjang Serat Eceng Gondok

Hubungan antara panjang serat dengan kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 2, dimana panjang serat eceng gondok memiliki hubungan dengan membentuk persamaan linier $y = 0,605x + 2.49$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.934$. Dengan demikian pengaruh panjang serat eceng gondok sebagai substitusi pasir terhadap nilai kuat tarik belah beton adalah signifikan, semakin panjang serat eceng gondok maka semakin tinggi nilai kuat tarik belah. Nilai kuat tarik belah meningkat setelah adanya substitusi serat eceng gondok.

Gambar 2 dan Tabel IV menjelaskan bahwa kuat tarik belah beton normal dan beton serat dengan variasi panjang serat 4, 6, dan 8 cm mendapatkan hasil kuat tarik belah meningkat sebesar. Hasil kuat tarik belah memenuhi yang disyaratkan namun yaitu 9 – 15% dari kuat tekan beton, rata-rata persentase nilai kuat tarik belah sebesar 9,32% dari kuat nilai kuat tekannya. Peningkatan kuat tarik belah beton serat eceng gondok untuk variasi 4 cm, 6 cm dan 8 cm adalah berturut-turut sebesar 5,32%, 7,98% dan 15,21% dari kuat tarik belah beton normal 2,63 MPa.

IV. KESIMPULAN

Karakteristik beton segar serat eceng gondok memenuhi syarat yakni rata-rata *slump test* 10,7 cm, serta tidak terjadi *segregation* dan *bleeding* pada campuran beton segar. Nilai kuat tekan turun akibat adanya substitusi serat dalam beton. Penurunan kuat tekan beton serat eceng gondok untuk variasi 4 cm, 6 cm dan 8 cm adalah berturut-turut sebesar 22,12%, 16,86% dan 15,72% dari kuat tekan beton normal sebesar 37,79 MPa. Pada pengujian kuat tarik belah, beton normal tidak memenuhi untuk syarat kuat tarik belah yaitu mendapatkan hasil 2,63 MPa, dimana disyaratkan 9-15% dari kuat tekan beton. Berbanding terbalik dengan beton serat yang memenuhi syarat, dengan variasi panjang 4 cm, 6 cm dan 8 cm mendapatkan hasil berturut-turut 2,77 MPa, 2,84 MPa dan 3,03 MPa dari kuat tarik belah beton normal diisyaratkan sebesar 2,63 MPa. Pengaruh serat eceng gondok sebagai material substitusi sebagian pasir terhadap beton normal dan kuat tarik belah bahwa variasi panjang serat eceng gondok sangat berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, N., & Lubis, Z. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Alami Eceng Gondok Terhadap Kuat Tekan Beton Berkualitas Rendah. *UKARsT*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v2i1.262>
- Bachtiar, E. (2019). *Material Ramah Lingkungan*.
- Bachtiar, E. (2020). The connection between oven curing duration and compressive strength on C-type fly ash based-Geopolymer mortar. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(5), 1–6.
- Bachtiar, E., Darwan, -, Marzuki, I., Setiawan, A. M., Yunus, A. I., & Gusty, S. (2019). *Potency of Sugarcane Bagasse Ash Partial Substitution of Cement in Concrete*. 165(ICMEMe 2018), 27–31. <https://doi.org/10.2991/icmeme-18.2019.7>
- Bachtiar, E., Marzuki, I., Nur Khaerat, N., & Al, E. (2018). Potensi Limbah Fly Ash Batu Bara PLTU di Sulawesi Selatan sebagai Bahan Dasar Mortar Geopolimer. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2018(2), 37–42.
- Dipohusodo, I. (1996). *Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Departemen PU RI, Gramedia Pustaka Utama.
- Erniati, Selpedi, Upe, A., & Erdawaty. (2017). Pengaruh Cangkang Kemiri sebagai Pengganti Agregat Terhadap Kuat Terhadap sifat Mekanik Beton. *Techno Entrepreneur Acta*, 2(2), 103–109.
- Jayadi, S. (2018). Pengaruh Penambahan Serbuk Enceng Gondok Terhadap Karakteristik Beton. In *Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta*.

- Putera, R. D. H. (2012). *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dengan Variasi Pelarut*. Universitas Indoensia, Jakarta.
- Rusliana, T. N. (2019). *Pengaruh Penggunaan Abu Eceng Gondok Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. Universitas Mercu Buana.
- Therti, C. E., Daryati, & Bachtiar, G. (2012). Batako Berlubang Terhadap Kuat Tekan Batako Menurut Sni 03-0349-1989. *Jurnal Menara*, VII(2), 18–28.
- Standar Nasional Indonesia (03-2847-2002) : Syarat Air Yang Digunakan Campuran Beton, *Badan Standar Nasional*.
- Standar Nasional Indonesia (03-1972-1990) : Metode Pengujian Slump Beton, *Badan Standar Nasional*.
- Standar Nasional Indonesia (1974-1990) : Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, *Badan Standar Nasional*.
- Standar Nasional Indonesia (03-2491-2002) : Metode Pengujian Kuat Tarik Belah, *Badan Standar Indonesia*.
- Affandy, N., & Lubis, Z. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Alami Eceng Gondok Terhadap Kuat Tekan Beton Berkualitas Rendah. *UKaRsT*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v2i1.262>
- Bachtiar, E. (2019). *Material Ramah Lingkungan, Fakultas Teknik UNIFA & Tohar Media, Makassar*.
- Bachtiar, E. (2020). The connection between oven curing duration and compressive strength on C-type fly ash based-Geopolymer mortar. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(5), 1–6.
- Bachtiar, E., Darwan, -, Marzuki, I., Setiawan, A. M., Yunus, A. I., & Gusty, S. (2019). *Potency of Sugarcane Bagasse Ash Partial Substitution of Cement in Concrete*. 165(ICMEMe 2018), 27–31. <https://doi.org/10.2991/icmeme-18.2019.7>
- Bachtiar, E., Marzuki, I., Nur Khaerat, N., & Al, E. (2018). Potensi Limbah Fly Ash Batu Bara PLTU di Sulawesi Selatan sebagai Bahan Dasar Mortar Geopolimer. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2018(2), 37–42.
- Dipohusodo, I. (1996). *Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Departemen PU RI, Gramedia Pustaka Utama.
- Erniati, Selpedi, Upe, A., & Erdawaty. (2017). Pengaruh Cangkang Kemiri sebagai Pengganti Agregat Terhadap Kuat Tekan terhadap sifat Mekanik Beton. *Techno Entrepreneur Acta*, 2(2), 103–109.
- Jayadi, S. (2018). Pengaruh Penambahan Serbuk Eceng Gondok Terhadap Karakteristik Beton. In *Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta*.
- Putera, R. D. H. (2012). *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dengan Variasi Pelarut*. Universitas Indoensia, Jakarta.

Rusliana, T. N. (2019). *Pengaruh Penggunaan Abu Eceng Gondok Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. Universitas Mercu Buana.

Therti, C. E., Daryati, & Bachtiar, G. (2012). Batako Berlubang Terhadap Kuat Tekan Batako Menurut Sni 03-0349-1989. *Jurnal Menara*, VII(2), 18–28.