

INVESTIGASI WORKABILITY DAN KUAT TEKAN MORTAR *ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES* (ECC)

Muhammad Yudha Pratama Siregar, Muhammad Aswin, Gina Cynthia Raphita Hasibuan

Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Email: Pratomayd1996@gmail.com, muhammad.aswin@usu.ac.id

Abstrak

Mortar ECC merupakan material komposit yang tersusun dari semen, pasir, air, superplasticizer, material cementitious dan tidak menggunakan batu kerikil. Untuk mendukung pembuatan mortar ECC yang ramah lingkungan maka dalam penelitian ini digunakan limbah berupa abu cangkang sawit (ACS) sebagai material cementitious. Penelitian ini dilakukan dengan kajian eksperimental guna mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang sawit dalam campuran mortar ECC. Ada 3 variasi campuran mortar ECC yaitu AME, EM dan TEM dengan variasi persentase abu cangkang sawit yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen. Pengujian kuat tekan mortar ECC dilakukan pada umur 3 hari, menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm. Berdasarkan hasil dari pengujian, diperoleh kuat tekan optimum sebesar 42,66 MPa pada tipe EM dengan persentase ACS sebesar 10%.

Kata Kunci: Mortar, *Engineered Cementitious Composites* (ECC), *Workability and compressive strength*.

Abstrak

Mortar ECC merupakan material komposit yang tersusun dari semen, pasir, air, superplasticizer, material cementitious dan tidak menggunakan batu kerikil. Untuk mendukung pembuatan mortar ECC yang ramah lingkungan maka dalam penelitian ini digunakan limbah berupa abu cangkang sawit (ACS) sebagai material cementitious. Penelitian ini dilakukan dengan kajian eksperimental guna mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang sawit dalam campuran mortar ECC. Ada 3 variasi campuran mortar ECC yaitu AME, EM dan TEM dengan variasi persentase abu cangkang sawit yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen. Pengujian kuat tekan mortar ECC dilakukan pada umur 3 hari, menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm.

How to cite:	Muhammad Yudha Pratama Siregar, Muhammad Aswin, Gina Cynthia Raphita Hasibuan (2022) Investigasi Workability dan Kuat Tekan Mortar Engineered Cementitious Composites (ECC), (7) 10, http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i10.13078
E-ISSN:	2548-1398
Published by:	Ridwan Institute

Berdasarkan hasil dari pengujian, diperoleh kuat tekan optimum sebesar 42,66 MPa pada tipe EM dengan persentase ACS sebesar 10%.

Keywords: *Mortar, Engineered Cementitious Composites (ECC), Workability and compressive strength.*

Pendahuluan

Perkembangan teknologi konstruksi di Indonesia semakin meningkat, salah satunya pada teknologi ECC. Li dan Kanda (1998) menjelaskan bahwa bahan penyusun ECC menggunakan bahan yang sama dengan Fiber Reinforced Concrete (FRC). Bahan penyusunnya yaitu bahan pengikat (semen), bahan pengisi (pasir), serat (fiber) serta beberapa bahan kimia aditif. Volume serat yang digunakan dalam campuran ECC tidak lebih besar dari 2%.

Untuk menjaga ketersediaan yang berkelanjutan pada material-material pembentuk mortar, maka perlu adanya inovasi baru terhadap material-material alternatif lain, sehingga kebutuhan mortar di masa depan yang akan datang dapat terpenuhi serta dapat menciptakan mortar yang ramah terhadap lingkungan. Komposisi campuran mortar ECC banyak divariasikan dengan penambahan material material lain seperti abu cangkang sawit dan superplasticizer untuk mereduksi penggunaan semen dan meningkatkan kekuatan mortar ECC. Tuanakotta (2018) menyebutkan bahwa bahan-bahan material ECC mirip dengan FRC tetapi komposisi serat ECC jauh lebih sedikit dengan tetap mempertahankan karakteristik yang diinginkan yaitu durabilitas dan mechanical properties mortar ECC.

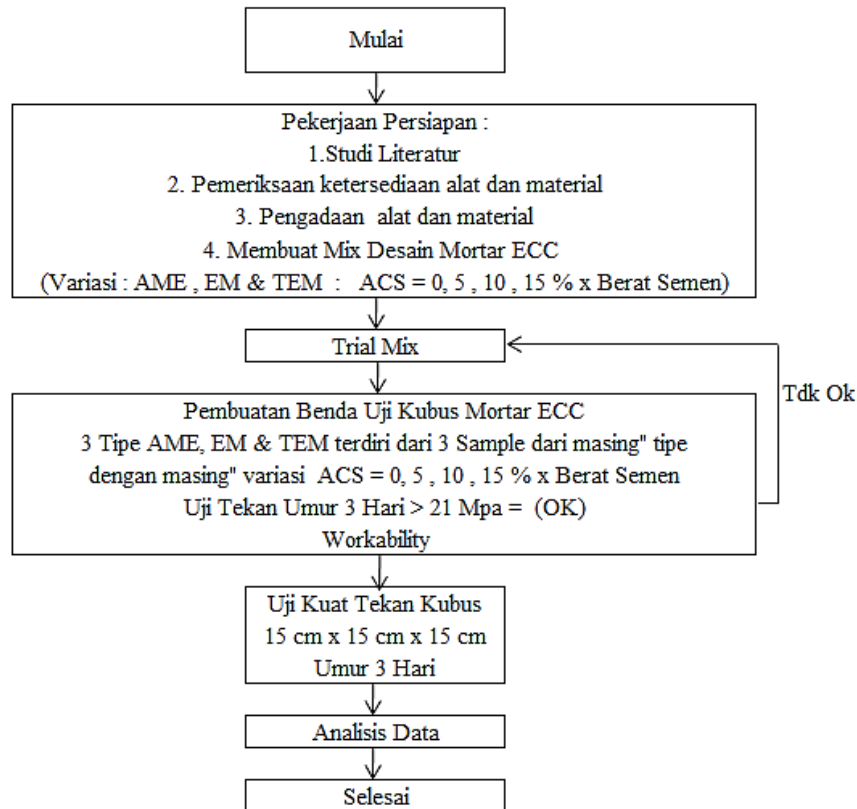
Mortar ECC merupakan hasil pencampuran air, semen, pasir, superplasticizer dan material cementitious, yang mana dalam penelitian ini menggunakan abu cangkang sawit. *Engineered Cementitious composite* (ECC) merupakan komposit dengan kuat tarik dan sifat daktilitas yang tinggi dengan memanfaatkan campuran antara semen, air, pasir halus, fiber dan material cementitious sebagai material pembentuknya. Seiring perkembangan dunia konstruksi dibutuhkan inovasi dalam membuat material konstruksi sebagai bahan material konstruksi baru, ECC (*Engineered Cementitious composite*) dapat menjadi pilihan yang baik untuk pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan baik dari aspek sosial, ekonomi dan lingkungan (Li, 2003).

Penelitian tentang mortar ECC ini perlu dikaji dan dikembangkan. Banyak peluang yang bisa diandalkan tentang pemanfaatan mortar ECC ini untuk penggunaannya sebagai material bahan bangunan, seperti bata, paving block, material grouting dan sebagainya. Penelitian-penelitian terkait juga sudah dilakukan (Fatimah, 2022; Frisda, 2022; Harsan, 2022; Rizki Harahap, 2022). Oleh karena itu, maka pada penelitian ini, akan dikaji tentang workability dan kuat tekan dari mortar ECC berdasarkan tiga tipe adukan mortar ECC yang berbeda, yang mana tiap tipe memiliki variasi persentase abu cangkang sawit sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%. Sedangkan tipe adukan mortar ECC dibedakan atas jumlah pasir halus dan jumlah semen yang digunakan. Sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih memadai tentang pengembangan

mortar ECC.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan kajian yang bersifat eksperimental dengan tahapan-tahapan atau prosedur kegiatan dari awal sampai telah terangkum dalam suatu bagan alir atau flowchart. Tahapan-tahapan kegiatan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

A. Memeriksa Ketersediaan Material dan Alat

Material yang digunakan untuk membentuk mortar ECC adalah semen, pasir, air, superplasticizer dan abu cangkang sawit. Semen yang digunakan adalah tipe I. Abu cangkang sawit yang diperoleh dari pertanian Deli Serdang Sumatera Utara di hasilkan dari proses pembakaran dan hanya menggunakan mesin los angeles yang dilakukan selama ± 30 menit. Selanjutnya peralatan yang digunakan dalam pembuatan mortar ECC antara lain mixer bor, alat uji slump test, alat uji flowability, cetakan kubus dengan ukuran 15x15x15cm, timbangan dan mesin uji tekan.

B. Mix Design

Mix design pada penelitian ini mengacu dari referensi penelitian sebelumnya. Untuk mencapai properties adukan ECC yang memadai, maka dilakukan trial mix di

laboratorium. Mix proportion adukan Tipe AME, EM dan TEM dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Mix Properties AME, EM dan TEM Variasi 0%, 5%, 10% dan 15%

Kode Spesimen	Semen (kg)	Abu Cangkang Sawit (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Superplasticizer (kg)
AME 0%	10.720	-	4.449	11.792	0.075
AME 5%	10.467	0.523	4.344	11.513	0.167
AME 10%	10.239	1.024	4.249	11.263	0.256
AME 15%	10.011	1.502	4.155	11.012	0.34
EM 0%	9.570	0.990	4.157	9.570	0.247
EM 5%	10.134	0.507	4.256	10.134	0.162
EM 10%	9.898	0.99	4.157	9.898	0.247
EM 15%	9.673	1.451	4.063	9.673	0.329
TEM 0%	10.275	0	4.624	10.275	0.072
TEM 5%	10.034	0.502	4.515	10.034	0.161
TEM 10%	9.803	0.98	4.411	9.803	0.245
TEM 15%	9.583	1.437	4.312	9.583	0.326

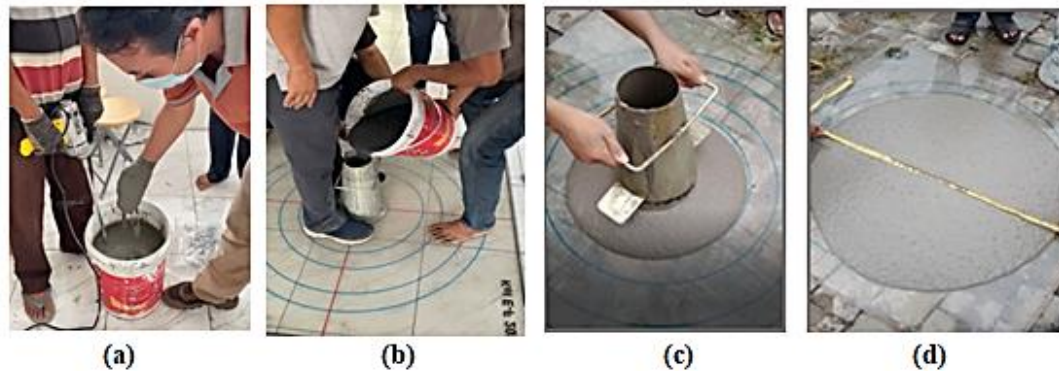
C. Trial Mix

Pelaksanaan *trial mix* memiliki tujuan agar variasi komposisi dari campuran mortar ECC sesuai dengan apa yang diharapkan, baik dari segi workability maupun kuat tekan pada umur 3 hari. Pengujian workability dilakukan untuk memeriksa kecacakan dari adukan segar mortar ECC. Slump flow T500 dan diameter flowability diukur. Setelah itu, adukan segar mortar ECC dimasukkan dalam cetakan kubus berukuran 15x15x15 cm.

Prosedur pengujian workability yang dilakukan dapat dijelaskan sbb:

1. Pengujian workability dilakukan untuk melihat dan menganalisa kemampuan mengalir campuran beton segar yang di hasilkan berdasarkan uji slump-flow test. Pengujian ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa mix design rencana dapat mendukung salah satu sifat ECC yaitu self compacting atau kemampuan memadatkan sendiri tanpa perlu perlakuan khusus terhadap campuran. Workability yang baik pada campuran dapat diketahui apabila campuran secara visual jika tersebar merata dan mengalir di tangan saat diangkat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2(a).
2. Selanjutnya pengujian slump flow dan T500 dilakukan dengan menggunakan alat uji kerucut abrams dan meja persegi akrilik seperti pada Gambar 2(b).
3. Kerucut abrams selanjutnya diletakkan di tengah dan diisi dengan mortar ECC fresh tanpa getaran atau pemadatan. Selanjutnya, waktu flowability campuran spesimen/mortar ECC dihitung waktunya menggunakan stopwatch (T500). Saat kerucut abrams dinaikkan setinggi ± 30 cm, stopwatch dimulai. Kerucut abrams dinaikkan secara vertikal dengan perlahan (tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat) dilihat pada Gambar 2(c).

4. Setelah benda uji spesimen ECC berhenti, ukur diameter jangkauan mortar ECC. Pada diameter dengan rentang terbesar, pengukuran dilakukan 2 kali. Sampel kemudian dikumpulkan kembali ke dalam ember, dan dicampur sekali lagi selama sekitar ± 1 menit seperti ditunjukkan pada Gambar 2(d).



Gambar 2. Pengujian workability

Standard pengujian diameter flowability dan T500 pada penelitian ini mengacu pada ketentuan EFNARC (2002) sebagaimana tertera pada Tabel 2.

Tabel 2
Slump Test & T500 (EFNARC 2005)

Test Method	Test Purpose	Typical Range		Unit
		Minimum	Maximum	
Slump Flow	Flow Ability	650	800	mm
T ₅₀₀ – Slump Flow	Flow Ability	2	5	sec
V – Funnel	Filling Ability	6	12	sec
L – Box (H ₂ /H ₁)	Passing Ability	0.8	1	–

Pembuatan Benda Uji Kubus Mortar ECC

Setiap tipe mortar ECC memiliki 4 variasi ACS yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%, yang mana setiap variasi ACS dibuat 3 benda uji kubus. Tabel matriks benda uji mortar ECC dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3
Matriks benda uji mortar ECC

Tipe	Sample	Variasi				Jumlah Benda Uji
		0%	5%	10%	15%	
AME	1	1	1	1	1	12
	2	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	
Tipe	Sample	Variasi				Jumlah Benda Uji
		0%	5%	10%	15%	
EM	1	1	1	1	1	12
	2	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	
Tipe	Sample	Variasi				Jumlah Benda Uji
		0%	5%	10%	15%	
TEM	1	1	1	1	1	12
	2	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	
Total						36

Hasil dan Pembahasan

Flowability adukan segar mortar ECC

Berdasarkan hasil pengujian workability pada adukan segar mortar ECC, baik Tipe AME, EM dan TEM, nilai-nilai slump flow T500 dan diameter flowability dapat dilihat pada Tabel 4-6.

Tabel 4
Hasil Pengujian *Slump Flow* Mortar ECC (Tipe AME)

No.	Kode Benda Uji	Komposisi ACS Mortar ECC (%)	Diameter Rata-Rata (cm)	Waktu Flowability T500 (det)
1	AME-0	0	106.50	0.34
2	AME-5	5	103	0.68
3	AME-10	10	99	0.91
4	AME-15	15	93	1.24

Tabel 5
Hasil Pengujian *Slump Flow* Mortar ECC (Tipe EM)

No	Kode Benda Uji	Komposisi ACS Mortar ECC (%)	Diameter Rata-rata (cm)	Waktu Fowability T500 (det)
1	EM-0	0	101	0.28
2	EM-5	5	98	0.56
3	EM-10	10	90	0.85
4	EM-15	15	88	1.18

Tabel 6
Hasil Pengujian *Slump Flow Test* Mortar ECC (Tipe TEM)

No	Kode Benda Uji	Komposisi ACS Mortar ECC (%)	Diameter Rata-rata (cm)	Waktu Fowability T500 (det)
1	TEM-0	0	104	0.45
2	TEM-5	5	103	0.85
3	TEM-10	10	102	1.12
4	TEM-15	15	100	1.39

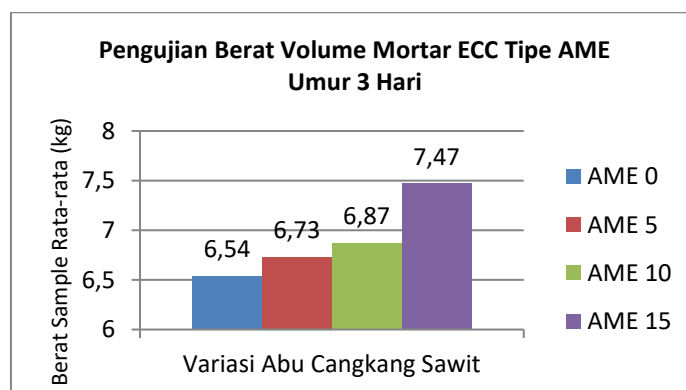
Berdasarkan hasil pengujian workability tersebut, dapat dilihat bahwa semua adukan mortar ECC menunjukkan workability yang baik, dan sudah sesuai dengan ketentuan EFNARC (2002).

Pengujian Berat Volume Mortar ECC umur 3 hari

Pengujian berat volume dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan beratvolume setiap variasi benda uji ECC. Nilai berat volume dapat dilihat pada Tabel 7-9. serta dapat dilihat barchart dibawah ini.

Tabel 7
Hasil Pengujian Berat Volume Mortar ECC Tipe AME Umur 3 Hari

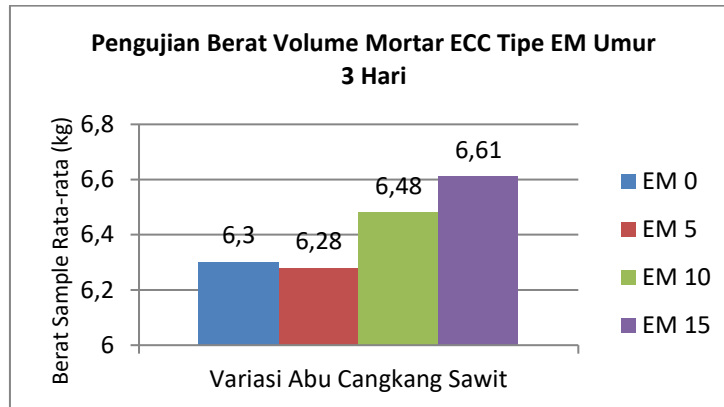
No.	Variasi	Berat Sampel (kg)			Rata-rata (kg)
		1	2	3	
1	AME - 0 %	7.45	7.5	7.45	7.47
2	AME - 5 %	8.8	6.82	6.86	7.49
3	AME - 10 %	6.58	6.88	6.72	6.73
4	AME - 15 %	6.45	6.52	6.65	6.54



Gambar 3. Hasil pengujian berat volume Mortar ECC Tipe AME

Tabel 8
Hasil Pengujian Berat Volume Mortar ECC Tipe EM Umur 3 Hari

No.	Variasi	Berat Sampel (kg)			Rata-rata (kg)
		1	2	3	
1	EM - 0 %	6.28	6.34	6.28	6.3
2	EM - 5 %	6.24	6.28	6.32	6.28
3	EM - 10 %	6.6	6.78	6.06	6.48
4	EM - 15 %	6.58	6.56	6.7	6.61

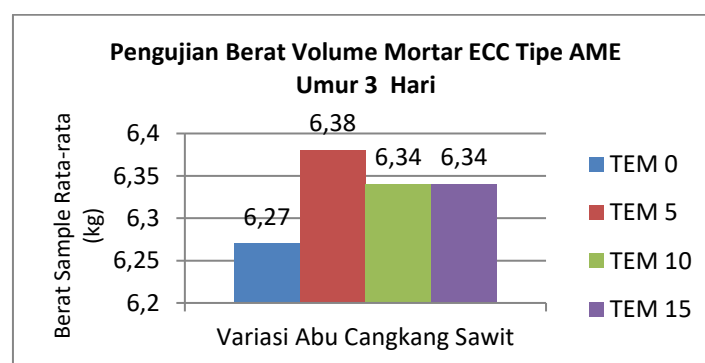


Gambar 4. Hasil pengujian berat volume Mortar ECC Tipe EM

Tabel 9

Hasil Pengujian Berat Volume Mortar ECC Tipe TEM Umur 3 Hari

No.	Variasi	Berat Sampel (kg)			Rata-rata (kg)
		1	2	3	
1	TEM - 0 %	6.14	6.4	6.28	6.27
2	TEM - 5 %	6.46	6.4	6.28	6.38
3	TEM - 10 %	6.22	6.42	6.38	6.34
4	TEM - 15 %	6.32	6.4	6.3	6.34



Gambar 5. Hasil pengujian berat volume Mortar ECC Tipe TEM

Kesimpulan dari 3 tabel tipe dan variasi diatas maka didapat rata rata berat mortar ECC pada umur 3 hari adalah 6.60 kg, dan berat mortar ECC yang paling besar adalah pada tipe AME variasi 5% seberat 7.49 kg.

Kuat Tekan Mortar ECC

Investigasi Workability dan Kuat Tekan Mortar Engineered Cementitious Composites (ECC)

Pengujian kuat tekan mortar ECC dilakukan di Laboratorium Rekayasa Beton USU dengan menggunakan *compressive testing machine* yang berkapasitas 3000 kN. Pengujian kuat tekan dilakukan pada mortar ECC berumur 3 hari. Alat uji tekan digunakan untuk pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah mengukur kekuatan tekan mortar ECC lalu mencatat hasil uji kuat tekan dari masing masing tipe dan variasi mortar ECC, Sehingga dapat membuat perbandingan hasil kuat tekan dari masing masing tipe dan variasi mortar ECC.

Keterangan: Kuat Tekan adalah jumlah beban yang disampaikan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur/runtuh ketika dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin pembebanan. Kuat tekan dinyatakan dalam satuan *MPa*, dimana pada beban maksimal (*maxload*) yang dinyatakan dalam *kN*, dan *A* adalah luas penampang benda uji berbentuk kubus dinyatakan dalam *mm²*.

Rumus perhitungan yang digunakan untuk mencari kuat tekan mortar ECC tersebut menurut SNI 03-0691-1996.

$$\text{Kuat Tekan} = P/A \quad (1)$$

Keterangan :

P = Beban Tekan (N).

A = Luas Bidang Tekan (*mm²*).



Gambar 6. Pengujian kuat tekan

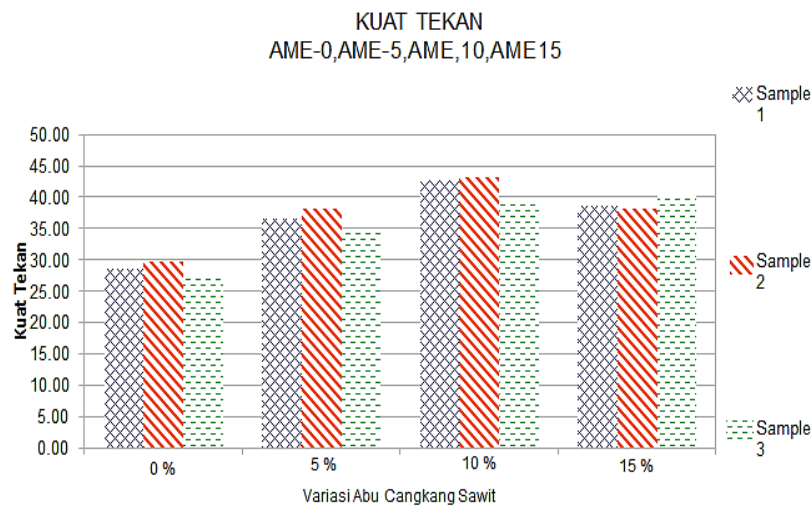
Beban tekan (P) yang dinyatakan dalam kN diperoleh dengan menggunakan mesin kuat tekan. gambar keretakan atau reruntuhan benda uji mortar ECC kubus akibat uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 7.



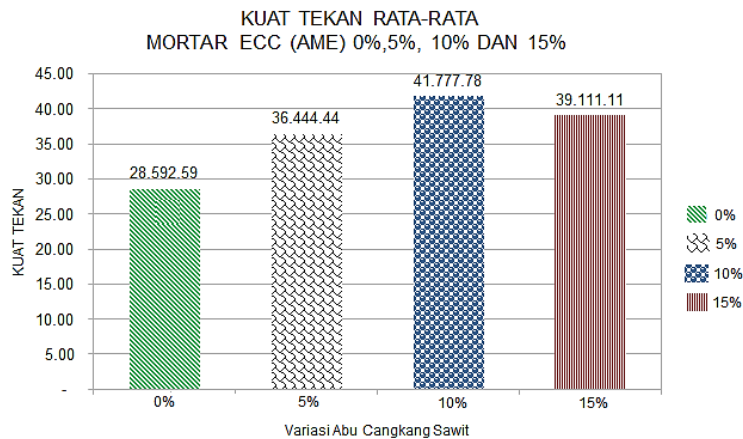
Tabel 10

Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar ECC Tipe AME Umur 3 hari

No	Mix	Kuat Tekan (MPa)			Kuat Tekan
	Properties	1	2	3	Rerata (N/mm ²)
1	AME-0	28.44	29.78	27.56	28.59
2	AME-5	36.44	38.22	34.67	36.44
3	AME-10	42.67	43.11	39.56	41.78
4	AME-15	38.67	38.22	40.44	39.11



Gambar 8. Kuat Tekan AME-0, AME-5, AME-10, AME-15 pada umur 3 hari



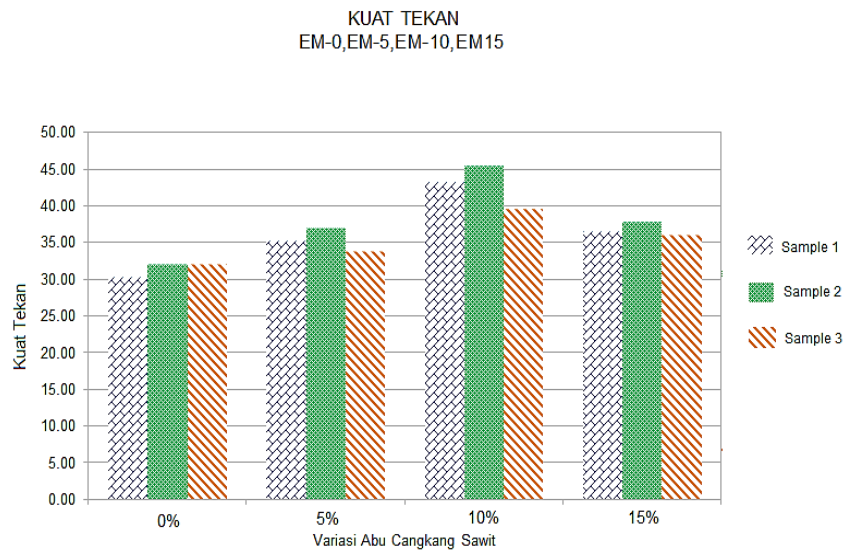
Gambar 9. Kuat Tekan Rata-rata Mortar ECC (AME) pada umur 3 hari

Tabel 11

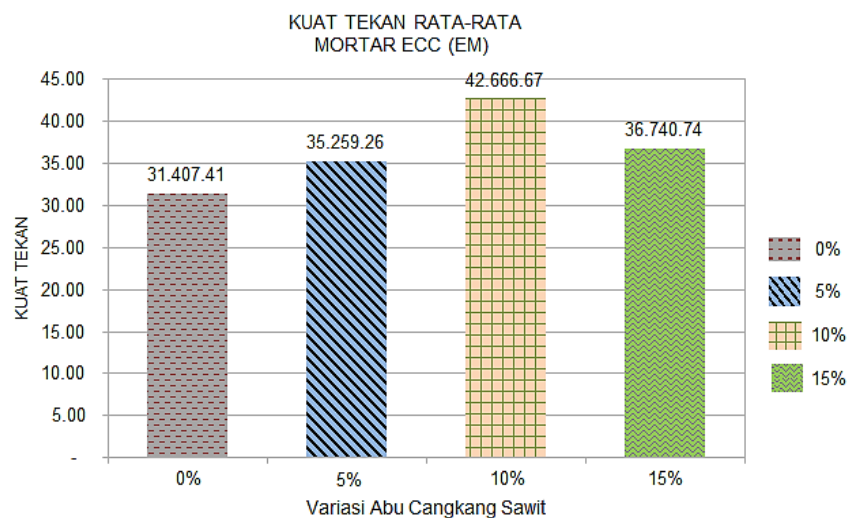
Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar ECC Tipe EM pada Umur 3 hari

No	Mix	Kuat Tekan (Mpa)			Kuat Tekan
	Properties	1	2	3	Rerata (N/mm ²)
1	EM – 0	30.22	32.00	32.00	31.41
2	EM – 5	35.11	36.89	33.78	35.26

3	EM – 10	43.11	45.33	39.56	42.67
4	EM – 15	36.44	37.78	36.00	36.74



Gambar 10. Kuat Tekan EM-0, EM-5, EM-10, EM-15 pada umur 3 hari



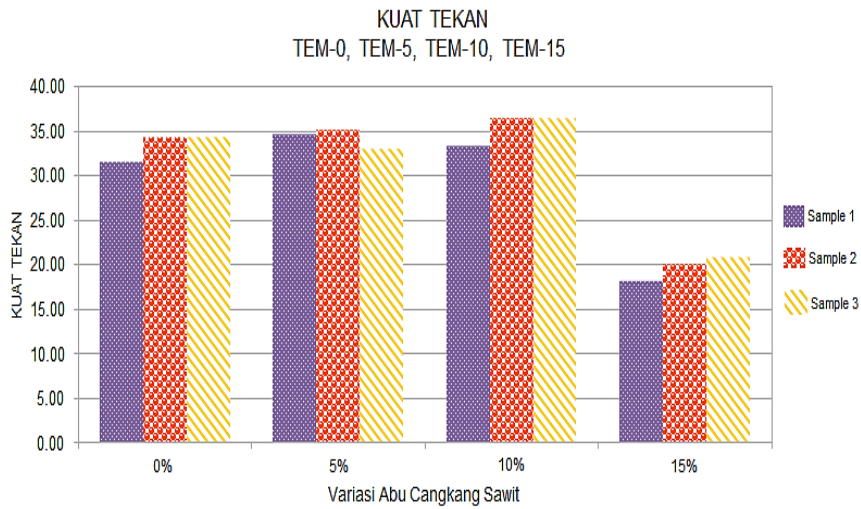
Gambar 11: Kuat Tekan Rata-rata Mortar ECC (EM) pada umur 3 hari

Tabel 12

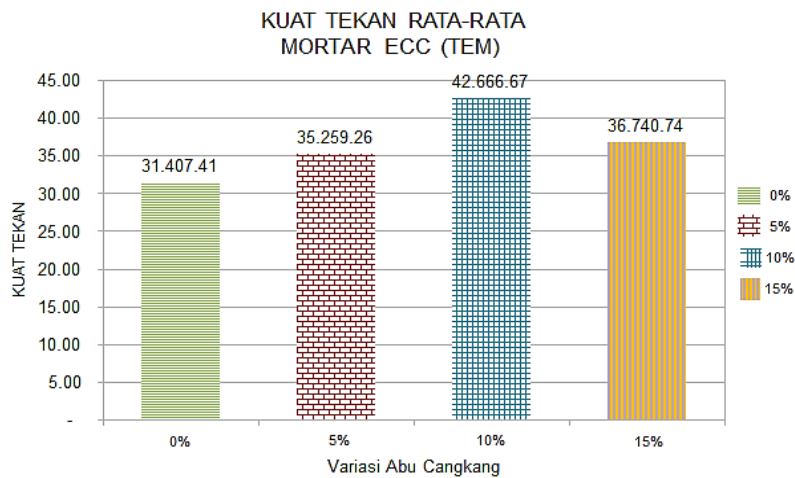
Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar ECC Tipe TEM pada Umur 3 hari

No	Mix Properties	Kuat Tekan (Mpa)			Kuat Tekan
		1	2	3	Rerata (N/mm ²)
1	TEM – 0	31.56	34.22	34.22	33.33
2	TEM – 5	34.67	35.11	32.89	34.22
3	TEM – 10	33.33	36.44	36.44	35.41

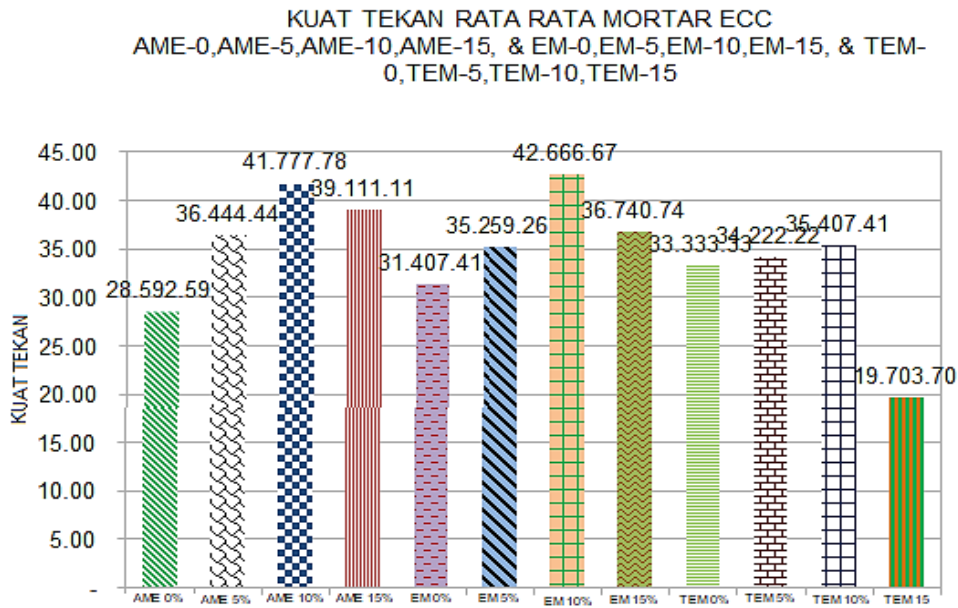
4	TEM – 15	18.22	20.00	20.89	19.70
---	----------	-------	-------	-------	-------



Gambar 12: Kuat Tekan TEM-0, TEM-5, TEM-10, TEM-15 pada umur 3 hari



Gambar 13. Kuat Tekan Rata-rata Mortar ECC (TEM) pada umur 3 hari



Gambar 14. Kuat Tekan Rata-rata Mortar ECC (AME, EM & TEM)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Hasil dari *workability* pada pembuatan mortar ECC baik, *slump test* dan T500 mortar ECC pada penelitian ini juga diperoleh nilai yang sesuai dengan standart yang ditentukan oleh EF-NARC 2005 yaitu dengan rata rata nilai slump flow 98,95 cm dan nilai T500 adalah 0,82 detik. (2) Hasil rata rata dari uji berat volume mortar ECC umur 3 hari pada masing masing tipe dan variasi adalah seberat 6.60 kg, dan berat mortar ECC yang paling besar adalah pada tipe AME variasi 5% seberat 7,49 kg. (3) Hasil dari kuat tekan mortar ECC pada penelitian ini adalah baik yaitu rata rata lebih besar dar 21 MPa. Nilai rata rata yang diperoleh dari uji kuat tekan mortar ECC pada umur 3 hari Tipe AME yang paling besar adalah 41,77 MPa pada variasi 10%. Selanjutnya nilai rata rata yang diperoleh dari uji ekan mortar ECC tipe EM yang paling besar adalah 42,66 MPa pada variasi 10%. Dan nilai rata rata yang diperoleh dari mortar ECC tipe TEM yang paling besar adalah 35,40 MPa pada variasi 10%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan nilai kuat tekan dari rata rata keseluruhan mortar ECC yang paling baik adalah pada Tipe AME variasi 10% yaitu 42,66 MPa.

BIBLIOGRAFI

- Azhari, Denny. 2018. "Analisis Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)(Studi Penelitian)."
- Harahap, Fatimah Insani, Muhammad Aswin, and Ahmad P. M. Tarigan. 2022. "Evaluasi Kuat Tekan Pada Bata ECC Dan Bata-CR ECC Berbasis Silica Fume Dan Abu Sekam Padi." *Siklus: Jurnal Teknik Sipil* 8(2):248–60.
- Putra, Yoga Kencana, Mirka Pataras, and Edi Kadarsa. 2021. "Analisa Perbandingan Aspal Modifikasi Crumb Rubber Dan Lateks SIR 20 Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)."
- Rahmaniar, Rahmaniar, and Nesi Susilawati. 2018. "Pemanfaatan Limbah Padat Crumb Rubber Untuk Pembuatan Tegel Karet Menggunakan Bahan Pengisi Dari Pasir Kuarsa." *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 29(2):128–36.
- Setiaji, Dica Hermawan, Sugeng Riyanto, and Dandung Novianto. 2021. "Pengaruh Limbah Ban Karet Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 2(2):175–81.
- Wiranata, Arya, M. Iwan Fermi, and Bahruddin Bahruddin. 2018. "Pengaruh Mastikasi Karet Terhadap Karakteristik Campuran Aspal-Karet Spesifikasi Teknis (Crumb Rubber)." *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Dan Sains* 5:1–7.
- Wuisan, Yoel, Kevin Ronaldo Gotama, Paravita Sri Wulandari, and Harry Patmadjaja. 2018. "Pengaruh Ukuran Serbuk Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Emulsi Dingin Dengan Filler Fly Ash Tipe-C." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil* 7(2):304–11.

Copyright holder:

Muhammad Yudha Pratama Siregar (2022)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

