

EFEK PENINGKATAN PERSENTASE PENGGUNAAN CRUMB RUBBER PADA ADUKAN SEGAR CRUMB RUBBER-ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES (CR-ECC) TERHADAP SLUMPFLOW

Fery Hamonangan Hasibuan^{1*}, Muhammad Aswin², Gina Cynthia Raphita Hasibuan³

Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia^{1,2,3}

Email: feryhamonangan.hasibuan@gmail.com*

Abstrak

Komposit yang memiliki sifat dan perilaku tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton sering dikenal dengan sebutan engineered cementitious composites (ECC). ECC biasanya terbuat dari semen, air, pasir silika, material cementitious, serat, dan bahan tambah lainnya dengan proporsi tertentu. Istilah mortar ECC digunakan karena ECC tersebut tidak menggunakan serat. Abu cangkang sawit (ACS) digunakan sebagai material cementitious pada riset ini. Sedangkan sebagai pengganti serat, digunakan crumb rubber (dengan proporsi 2,5%; 5%; 7,5%; 10% dan 12,5% dari berat semen) untuk membentuk CR-ECC. Workability diukur berdasarkan uji slumpflow yaitu pengukuran T500 dan diameter slumpflow. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau penggunaan variasi crumb rubber terhadap slumpflow adukan segar CR-ECC yang berbasis abu cangkang sawit. Berdasarkan hasil dari pengujian slumpflow, diperoleh diameter sebaran slumpflow rata-rata (D) dari adukan segar CR-ECC terletak antara 710 mm sampai dengan 930 mm, sedangkan waktu sebaran slumpflow (T500) dari adukan segar CR-ECC yaitu berkisar antara 0,90 detik sampai dengan 1,68 detik. Hasil pengujian slumpflow dari adukan segar CR-ECC menunjukkan workability yang baik, dan sudah sesuai dengan ketentuan standar. Penggunaan crumb rubber dapat mempengaruhi workability karena factor daya serapnya terhadap air, namun keterlibatan penggunaan superplasticizer ternyata sangat berperan dalam mempertahankan workability adukan segar CR-ECC, sekalipun nilai faktor air semen (f.a.s) konstan.

Kata kunci: mortar ECC; abu cangkang sawit, crumb rubber, slumpflow

Abstract

Composites that have better tensile properties and behavior compared to concrete are often known as engineered cementitious composites (ECC). ECC is usually made from cement, water, silica sand, cementitious material, fiber and other added materials in certain proportions. The term ECC mortar is used because ECC does not use fiber. Palm shell ash (ACS) was used as a cementitious material in this research. Meanwhile, as a substitute for fiber, crumb rubber is used (with a proportion of 2.5%; 5%; 7.5%; 10% and 12.5% of the cement weight) to form CR-ECC. Workability is measured based on the slumpflow test, namely measuring T500 and slumpflow diameter. The aim of this research is to review the use of crumb rubber variations in the slumpflow of fresh CR-ECC mix based on palm shell ash. Based on the results of the slumpflow test, the average slumpflow distribution diameter (D) of the CR-ECC fresh mix is between 710 mm to 930 mm, while the slumpflow distribution time (T500) of the CR-ECC fresh mix is around 0.90 seconds up to 1.68 seconds. The slumpflow test results of the CR-ECC fresh mix show good workability, and are in accordance with standard requirements. The use of crumb rubber can affect workability due to its water absorption factor, but the involvement of the use of superplasticizer turns out to

How to cite: Hasibuan, et al. (2024). Efek Peningkatan Persentase Penggunaan Crumb Rubber pada Adukan Segar Crumb Rubber-Engineered Cementitious Composites (CR-ECC) terhadap Slumpflow. *Syntax Literate*. (9)6. <http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i6>

E-ISSN: 2548-1398

Efek Peningkatan Persentase Penggunaan Crumb Rubber pada Adukan Segar Crumb Rubber-Engineered Cementitious Composites (CR-ECC) terhadap Slumpflow

be very important in maintaining the workability of fresh CR-ECC mix, even though the cement water factor (f.a.s.) value is constant.

Keywords: ECC mortar; palm shell ash, crumb rubber, slumpflow

Pendahuluan

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan di Indonesia, dan juga negara-negara lainnya. Hal ini dikarenakan beton mempunyai kelebihan-kelebihan, di antaranya yaitu material penyusunnya mudah didapat, pelaksanaannya cukup sederhana, tahan terhadap api, serta mempunyai kuat tekan yang dapat disesuaikan dengan perencanaan. Biasanya beton terbuat dari campuran agregat kasar (kerikil atau batu pecah), agregat halus (pasir), semen, air, dan bahan tambahan lainnya, dengan proporsi tertentu. Pada saat pengerjaan adukan beton di lapangan, dan berhubung penggunaan air yang dibatasi, maka diperlukan bahan admixture (tambah) yaitu berupa superplasticizer (SP), untuk memudahkan pekerjaan pengadukan.

Sejalan dengan perkembangan teknologi beton, para peneliti melakukan inovasi beton secara menerus dan berkelanjutan, dalam upaya untuk peningkatan kualitas beton, baik sifat mekanikal maupun perilakunya. Salah satu produk yang dikembangkan hingga saat ini yaitu *engineered cementitious composite* (ECC). Li (2008) melaporkan bahwa salah satu ciri khas ECC yaitu tidak menggunakan kerikil. ECC merupakan suatu komposit yang terdiri dari air, semen, pasir, material cementitious dan bahan tambah lain, serta yang diperkuat dengan serat. Agregat kasar tidak digunakan karena cenderung mempengaruhi daktilitas dari komposit tersebut. Kadar serat yang digunakan berkisar 2% atau kurang. ECC dapat menjadi salah satu pilihan yang baik untuk pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan, baik dari aspek sosial, ekonomi dan lingkungan.

Penelitian ECC yang dilakukan oleh Aswin, et al. (2024) menyebutkan bahwa ECC dapat dikembangkan dengan menggunakan pasir sungai lokal, silica fume (SF), fly ash (FA) bervolume sedang hingga tinggi, dan serat polivinil alkohol (PVA). Kajian yang dilakukan meliputi evaluasi workability, serta kuat tekan ECC pada umur pengujian 1, 7, 28, 60, dan 180 hari. Berdasarkan hasil penelitian, ditunjukkan bahwa adukan segar ECC mengalami peningkatan workability dengan meningkatnya kandungan FA. Lebih lanjut, beberapa penelitian lain (Frisda et al., 2022; M. R. Harahap et al., 2022; Hasudungan & Aswin, 2022) menunjukkan bahwa tingkat workability dari adukan segar ECC dapat dipengaruhi oleh penggunaan material cementitious seperti fly ash, silica fume, abu cangkang sawit maupun abu sekam padi. Namun demikian persentase kandungan SP yang digunakan dapat memberikan stabilitas konsistensi dari workability adukan segar mortar ECC. Selain itu, Fatimah (2022) menyatakan bahwa penggunaan crumb rubber sebesar 10% atau lebih akan menurunkan workability dari adukan segar ECC. Kelecekan adukan dapat dibantu dengan menambah persentase dari kandungan SP. Kemudian, Khed et al. (2018) menemukan bahwa dengan membandingkan terhadap penggunaan ukuran butiran crumb rubber yang lebih besar, ternyata penambahan crumb rubber yang berukuran lebih halus ke dalam adukan segar ECC memberikan kekuatan tekan yang lebih kuat dan workability yang lebih baik. Al-Fakih, et al. (2021) telah menjelaskan dengan lebih lebih lengkap pengaruh penggunaan crumb rubber terhadap adukan segar ECC.

Sementara itu, sejak beberapa tahun lalu, sejumlah proyek konstruksi skala penuh yang mengaplikasikan ECC telah dilakukan pada berbagai negara di dunia. Di Amerika Serikat, pelat penghubung ECC skala penuh pertama dibangun di Michigan (Fischer & Li, 2002; Kim et al., 2004; M. D. Lepech & Li, 2009; M. Lepech & Li, 2005). Selanjutnya,

ECC telah digunakan pada balok coupling beton bertulang yang menghubungkan dua shear wall dari bangunan residential di pusat kota Tokyo - Jepang, yaitu Menara Glorio Roppongi 27 lantai dan Menara Nabeaure 41 lantai di Yokohama (Kunieda & Rokugo, 2006; Li, 2006, 2009).

Sebelumnya sudah dilakukan efek penggunaan variasi persentase abu cangkang sawit terhadap workability mortar ECC (tanpa serat), yang mana diperoleh slumpflow yang cukup memadai. Terkait dengan limbah ban bekas yang cukup banyak jumlahnya di masyarakat, maka perlu dikaji pemanfaatan limbah ban tersebut. Pada penelitian ini, pemanfaatan limbah ban berupa crumb rubber (berbentuk serbuk dengan ukuran butiran tertentu). Ada kemungkinan slumpflow adukan segar ECC akan menurun jika menggunakan crumb rubber karena efek daya serap airnya. Untuk itu, akan dikaji lebih lanjut efek penggunaan crumb rubber tersebut dengan berbagai variasi persentase. Untuk menjaga stabilitas konsistensi adukan segar ECC maka pada penelitian ini juga akan dikaji pengaruh penggunaan superplasticizer terhadap workability adukan. Parameter workability adukan segar CR-ECC hanya ditinjau dari diameter slumpflow (D) dari adukan segar CR-ECC dan waktu slumpflow (T500) dari adukan segar CR-ECC saja. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau penggunaan variasi crumb rubber terhadap slumpflow adukan segar CR-ECC yang berbasis abu cangkang sawit.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yangmana terbagi atas beberapa tahapan kegiatan, mulai dari pekerjaan persiapan sampai pengujian dan analisis data.

Pengadaan Material dan Peralatan

Persiapan pengadaan material yang digunakan untuk membuat adukan segar CR-ECC adalah semen, air, pasir, abu cangkang sawit, superplasticizer, dan crumb rubber. Semen yang digunakan adalah semen Ordinary Portland Cement (OPC) Tipe-1. Superplasticizer yang digunakan adalah berjenis PolyCarboxylate Eter (PCE) Sika Viscocrete 3115N berbentuk cair buatan PT. Sika Indonesia. Abu cangkang sawit diperoleh dari perkebunan Kabupaten Serdang Bedagai propinsi Sumatera Utara yang dihasilkan dari proses pembakaran dan hanya menggunakan abu cangkang sawit dengan lolos saringan no. 30 atau diameter 0,6 mm. Selanjutnya pengadaan peralatan yang digunakan dalam pembuatan adukan segar CR-ECC adalah timbangan digital, bor mixer, kerucut Abrams, alat uji meja flowability, alat ukur meteran, stopwatch dan sebagainya.

Mix Design

Mix design merupakan proses dalam menentukan proporsi (komposisi) yang tepat untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan dalam suatu campuran agar menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan teknis diinginkan. Pada penelitian ini mix design dilakukan dengan menggunakan superplastizer dengan penambahan variasi crumb rubber dan abu cangkang sawit yang diberi kode yaitu FRC, CRE, TCRE.

Mix proportion dari CR-ECC (FCR, CRE, TCRE) dibuat berdasarkan trial and error di lab dan referensi yang terkait. Mix proportion CR-ECC ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel-1: Mix Proportion CR-ECC

CR-ECC	Semen (kg)	Abu Cangkang Sawit (ACS) (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Super plasticizer (SP)(kg)	Crumb rubber (CR) (kg)	Persentase CR (%) dari berat semen	Persentase ACS (%) dari berat semen	Persentase SP (%) dari berat semen
FCR-0	10.239	1.024	4.249	11.263	0.256	0	0	10	2,5
FCR-1	10.149	1.015	4.212	11.164	0.254	0.254	2,5	10	2,5

Efek Peningkatan Persentase Penggunaan Crumb Rubber pada Adukan Segar Crumb Rubber-Engineered Cementitious Composites (CR-ECC) terhadap Slumpflow

CR-ECC	Semen (kg)	Abu Cangkang Sawit (ACS) (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Super plasticizer (SP)(kg)	Crumb rubber (CR) (kg)	Persentase CR (%) dari berat semen	Persentase ACS (%) dari berat semen	Persentase SP (%) dari berat semen
FCR-2	10.043	1.004	4.168	11.047	0.251	0.502	5	10	2,5
FCR-3	9.996	0.996	4.134	10.957	0.249	0.747	7,5	10	2,5
FCR-4	9.866	0.987	4.094	10.852	0.247	0.987	10	10	2,5
FCR-5	9.779	0.978	4.058	10.757	0.244	1.222	12,5	10	2,5
CRE-0	9.898	0.990	4.157	9.898	0.247	0	0	10	2,5
CRE-1	9.802	0.980	4.117	9.802	0.245	0.245	2,5	10	2,5
CRE-2	9.707	0.971	4.077	9.707	0.243	0.485	5	10	2,5
CRE-3	9.615	0.961	4.038	9.615	0.240	0.721	7,5	10	2,5
CRE-4	9.524	0.952	4.000	9.524	0.238	0.952	10	10	2,5
CRE-5	9.435	0.944	3.963	9.435	0.236	1.179	12,5	10	2,5
TCRE 0	9.803	0.980	4.411	9.803	0.245	0	0	10	2,5
TCRE-1	9.709	0.971	4.369	9.709	0.243	0.243	2,5	10	2,5
TCRE-2	9.615	0.961	4.327	9.615	0.240	0.481	5	10	2,5
TCRE-3	9.524	0.952	4.286	9.524	0.238	0.714	7,5	10	2,5
TCRE-4	9.435	0.944	4.246	9.435	0.236	0.944	10	10	2,5
TCRE-5	9.347	0.935	4.206	9.347	0.234	1.168	12,5	10	2,5

Pembuatan Adukan Segar Crumb Rubber ECC

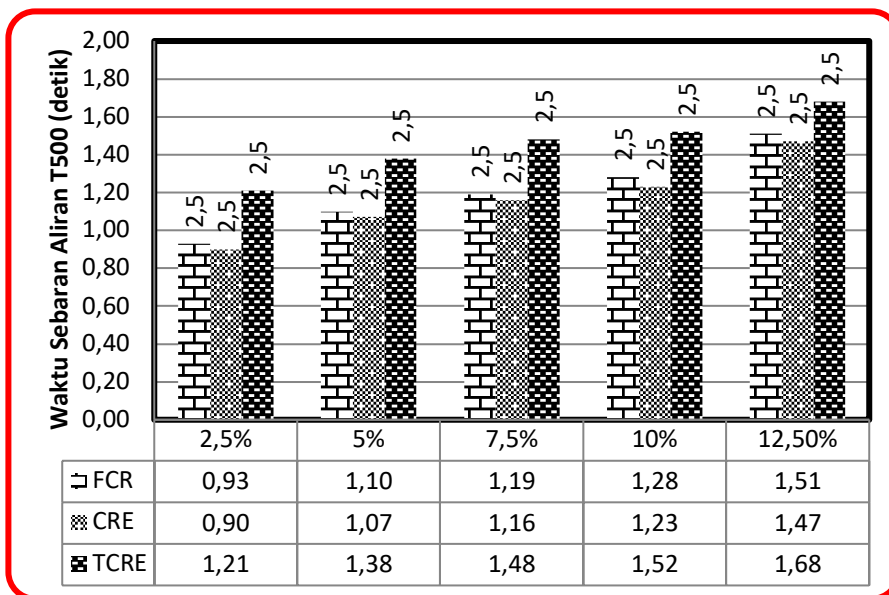
Semua bahan yang terkait dicampur dalam wadah kering, kemudian diaduk rata sampai tercapai konsistensi adukan yang diharapkan. Proses pencampuran biasanya membutuhkan waktu sekitar 12 menit. Kemudian adukan segar CR-ECC dimasukkan ke dalam kerucut Abrams, dan diangkat perlahan. Selanjutnya diukur waktu sebaran adukan segar (T500) dan diameter sebaran adukan segar rata-rata. Prosedur pelaksanaan uji workability dapat dilihat pada Gambar 1.



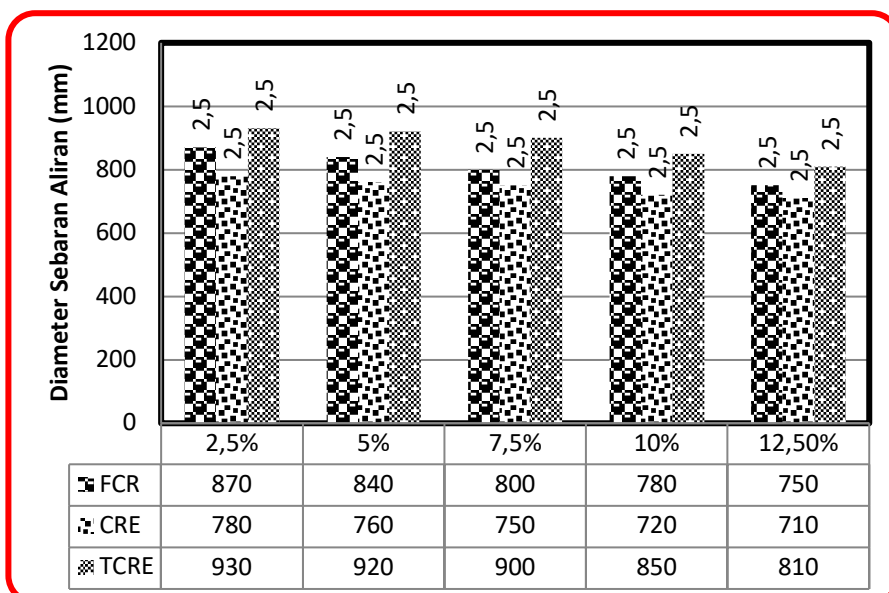
Gambar 1: Pengujian workability pada adukan segar CR-ECC

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian workability pada adukan segar CR-ECC (FCR, CRE, dan TCRE), maka didapat nilai diameter sebaran (slumpflow) dan waktu sebaran T500 rata-rata seperti yang ditampilkan pada Gambar 2-3.



Gambar 2: T500 pada adukan segar CR-ECC



Gambar 3: Diameter Slumpflow pada adukan segar CR-ECC

Berdasarkan hasil pengujian workability tersebut, dapat dilihat bahwa T500 waktu sebaran adukan mengalami peningkatan setiap ada penambahan crumb rubber, tetapi diameter sebaran aliran semakin menurun. Hal ini disebabkan karena sifat crumb rubber yang dapat menyerap air. Namun demikian, karena penggunaan SP, semua adukan segar CR-ECC menunjukkan workability yang baik, walaupun dengan nilai faktor air semen (f.a.s) yang konstan. Secara general, workability dari adukan segar CR-ECC sudah sesuai dengan ketentuan EFNARC (EFNARC, 2002, 2005).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengujian slumpflow, diperoleh diameter sebaran rata-rata adukan segar CR-ECC yaitu berkisar antara 710 mm sampai dengan 930 mm, dan waktu sebaran (T500) adukan

Efek Peningkatan Persentase Penggunaan Crumb Rubber pada Adukan Segar Crumb Rubber-Engineered Cementitious Composites (CR-ECC) terhadap Slumpflow

segar CR-ECC berkisar antara 0,90 detik sampai dengan 1,68 detik. Hasil pengujian slumpflow adukan segar CR-ECC menunjukkan workability yang baik, dan sudah sesuai dengan ketentuan standar EFNARC. Penggunaan crumb rubber pada adukan CR-ECC dapat mengurangi kemampuan workability (kemudahan adukan) daripada adukan segar CR-ECC karena crumb rubber bersifat menyerap air. Untuk mengatasi hal tersebut maka penggunaan superplasticizer (SP) sangat membantu dalam meningkatkan kemampuan workability dari adukan segar CR-ECC.

BIBLIOGRAPHY

- Al-Fakih, A., Mohammed, B. S., & Liew, M. S. (2021). On rubberized engineered cementitious composites (R-ECC): A review of the constituent material. *Case Studies in Construction Materials*, 14, e00536.
- Aswin, M., Özkılıç, Y. O., Aksoylu, C., & Al-Fakih, A. (2024). Evaluating Bulky PVA-ECC Mortar Developed with River Sand, Silica Fume, and High-Volume Fly Ash: A Focus on Short-and Long-Term Compressive Strength. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1–19.
- EFNARC. (2002). *Guidelines for self-compacting concrete*.
- EFNARC. (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use, The Self-Compacting Concrete European Project Group*.
- Fischer, G., & Li, V. C. (2002). Effect of matrix ductility on deformation behavior of steel-reinforced ECC flexural members under reversed cyclic loading conditions. *Structural Journal*, 99(6), 781–790.
- Frisda, T., Aswin, M., & Tarigan, A. P. M. (2022). Potensial penggunaan bata ECC berbasis silica fume dan abu cangkang sawit berdasarkan kuat tekan. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 261–271.
- Harahap, F. I., Aswin, M., & Tarigan, A. P. M. (2022). Evaluasi Kuat Tekan pada Bata ECC dan Bata-CR ECC Berbasis Silica Fume dan Abu Sekam Padi. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 248–260.
- Harahap, M. R., Aswin, M., Hasibuan, G. C. R., & Al-Fakih, A. (2022). STUDIES ON EARLY COMPRESSIVE STRENGTH OF ECC MORTAR COMPOSED BY RICE HUSK ASH AND SILICA FUME. *Journal of Syntax Literate*, 7(10).
- Hasudungan, H. I., & Aswin, M. (2022). Investigasi Kuat Tekan Paving Block-Ecc Oktagonal Berbasis Fly Ash dan Abu Sekam Padi. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(11), 1353–1365.
- Khed, V. C., Mohammed, B. S., & Nuruddin, M. F. (2018). Effects of different crumb rubber sizes on the flowability and compressive strength of hybrid fibre reinforced ECC. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140, 12137.
- Kim, Y. Y., Fischer, G., & Li, V. C. (2004). Performance of bridge deck link slabs designed with ductile engineered cementitious composite. *Structural Journal*, 101(6), 792–801.
- Kunieda, M., & Rokugo, K. (2006). Measurement of crack opening behavior within ECC under bending moment. *International RILEM Workshop on High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites in Structural Applications*, 313–321.
- Lepech, M. D., & Li, V. C. (2009). Application of ECC for bridge deck link slabs. *Materials and Structures*, 42, 1185–1195.

- Lepech, M., & Li, V. C. (2005). Design and field demonstration of ECC link slabs for jointless bridge decks. *Proceedings of the Third International Conference on Construction Materials: Performance, Innovations and Structural Implications, Vancouver*, 22–24.
- Li, V. C. (2006). Bendable Composites. *STRUCTURE*, 45.
- Li, V. C. (2008). *Engineered cementitious composites (ECC) material, structural, and durability performance*.
- Li, V. C. (2009). Damage tolerant ECC for integrity of structures under extreme loads. *Structures Congress 2009: Don't Mess with Structural Engineers: Expanding Our Role*, 1–10.

Copyright holder:

Fery Hamonangan Hasibuan, Muhammad Aswin,
Gina Cynthia Raphita Hasibuan (2024)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

