

HARMONY IN PROGRESS:

**INTEGRATING SCIENCE, TECHNOLOGY,
AND
SOCIAL INNOVATION
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**



**e-Book of Extended Abstract
Negeri Sembilan International (NSIEx) & Research Symposium
2025**

YST012 - PENGGUNAAN SISA BUANGAN KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS DI DALAM KONKRIT

Dhiraj A/L V.Krishnan*, Muhammad Ilman Hakim Mustaza, Muhammad Aznor Atiyah Azman, Nur Aliah Nadirah Abd Rasid, Nur Alysa Husna Mohd Firdaus, dan Sital Balqis Abdul Kadir

Km 14, Jalan Pantai, Politeknik Port Dickson, 71050 Si Rusa, Negeri Sembilan

*Penulis koresponden: dhiraj416515@gmail.com

ABSTRAK

Kaca adalah bahan padat yang tembus cahaya, biasanya terbuat dari pasir silika (SiO_2) yang dilebur bersama bahan lain seperti soda (natrium karbonat) dan kapur (kalsium karbonat), seterusnya didinginkan dengan cepat agar tidak membentuk kristal. Kaca digunakan secara meluas dalam kehidupan seharian dalam pelbagai cara, termasuk sebagai peralatan makan, bahan binaan, dan dalam peralatan elektronik. Kaca yang tidak efisien digunakan lagi, adalah merupakan bahan sisa buangan bagi masyarakat yang berpotensi dijadikan sebagai bahan tambah agregat halus dalam campuran konkrit. Kajian ini dijalankan untuk menilai kesan penambahan serbuk sisa buangan kaca sebagai bahan tambah dalam campuran konkrit terhadap sifat kekuatan mampatan, ketahananlasakan permukaan konkrit serta penilaian kualiti dan integriti bahan konkrit. Serbuk sisa buangan kaca yang digunakan adalah hasil daripada proses pengisaran sisa buangan kaca sehingga menjadi partikel halus, lalu ditambah ke dalam campuran konkrit pada kadar 0%, 15%, dan 25% daripada berat pasir. Penggunaan bahan ini dilihat sebagai satu pendekatan mampan yang bukan sahaja berpotensi meningkatkan prestasi konkrit, malah membantu mengurangkan sisa buangan kaca yang mencemari alam sekitar. Ujian-ujian utama yang dijalankan dalam kajian ini merangkumi ujian kekuatan mampatan konkrit pada usia 7 dan 28 hari, ujian ketahananlasakan permukaan pada usia 28 hari serta ujian penilaian kualiti dan integriti bahan konkrit juga pada usia 28 hari. Hasil kajian menunjukkan bahawa penambahan serbuk sisa buangan kaca memberi kesan kepada ciri-ciri fizikal konkrit. Bagi ujian kekuatan mampatan, ketahananlasakan permukaan konkrit serta ujian penilaian kualiti dan integriti bahan konkrit, nilai ujian meningkat pada bahan tambah sisa buangan kaca 15% dan 25%. Secara keseluruhannya, kajian ini berpotensi memberikan sumbangan kepada bidang pembinaan mampan melalui penggunaan bahan tambah daripada sisa kitar semula, serta membuka ruang untuk penambahbaikan dalam reka bentuk campuran konkrit. Dapatan kajian ini juga dapat dijadikan sebagai rujukan oleh pelajar, penyelidik, dan pihak industri dalam memilih bahan tambahan alternatif yang mesra alam dan berprestasi tinggi.

Kata kunci: *Sisa Buangan Kaca, Kekuatan Mampatan, Ketahananlasakan Permukaan, Penilaian Kualiti dan Integriti Bahan*

PENGENALAN

Konkrit ialah bahan binaan yang paling meluas digunakan dalam industri pembinaan, terutamanya dalam pembinaan bangunan, jambatan, jalan raya dan pelbagai struktur kejuruteraan awam. Ia terdiri daripada campuran simen, air, pasir dan agregat kasar yang apabila digabungkan akan membentuk bahan pepejal yang tahan tekanan. Kekuatan, kebolehcapaian, kos rendah dan ketahanannya menjadikan konkrit pilihan utama dalam pelbagai projek pembinaan. Kunci untuk menghasilkan konkrit yang kuat, tahan lama dan seragam terletak pada kawalan komponen asasnya dengan teliti [1].

Dalam usaha meningkatkan prestasi konkrit, kajian ke atas penggunaan bahan tambahan mula mendapat perhatian. Salah satu bahan tambahan yang berpotensi ialah serbuk sisa buangan kaca. Sehubungan itu, satu inovasi bahan pembinaan yang diperolehi daripada pengisaran kaca buangan sehingga menjadi partikel halus, seterusnya dikombinasi dengan agregat halus sebagai bahan tambah di dalam konkrit pada gred M25. Proses menghasilkan konkrit dengan bahan tambah sisa kaca adalah dengan mencampurkan bersama air, simen, agregat halus dan agregat kasar mengikut nisbah 1:1:2 pada gred M25. Nisbah ini digunakan setelah membuat penilaian dan perbincangan mengenai kajian terdahulu.

Menurut sumber daripada Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Malaysia menyatakan bahawa pada tahun 2024 sebanyak 2.7% daripada 39,000 tan sisa pepejal harian terdiri daripada sisa kaca [2]. Justeru, penggunaan serbuk sisa buangan kaca sebagai bahan tambahan bukan sahaja memberi nilai tambah dari segi sifat mekanikal konkrit, tetapi juga menyumbang kepada aspek kelestarian alam sekitar dengan mengitar semula sisa kaca. Hasil kajian ini dapat memberi manfaat bagi pihak-pihak yang terlibat dalam industri pembinaan di negara ini dari segi pengurangan kos pembinaan kerana menggunakan bahan buangan (kitar semula) sisa buangan kaca. Selain itu, melalui kajian ini pembuangan sisa pepejal khususnya sisa buangan kaca dapat dikurangkan kerana digunakan dalam pembinaan. Kajian ini sejajar dengan konsep pembangunan hijau (*Green Building Index*) yang memberi perhatian pada aspek kecekapan tenaga, kualiti persekitaran dalaman, kelestarian perancangan dan pengurusan tapak binaan, bahan dan sumber, kecekapan air dan juga inovasi [3].

OBJEKTIF

Objektif kajian ini dijalankan adalah untuk mengenalpasti kekuatan mampatan konkrit dengan bahan tambah sisa kaca, di samping menguji tahap ketahanan lasakan permukaan konkrit berkenaan melalui ujian *Rebound Hammer* seterusnya membuat penilaian kualiti dan integriti bahan konkrit dengan bahan tambah sisa kaca melalui pengukuran halaju gelombang ultrasonik pada kapasiti bahan tambah sisa kaca 0%, 15% dan 25% daripada agregat halus.

PENERANGAN TENTANG PROJEK

Penyediaan bahan dan kaedah kajian penting bagi memastikan kajian dapat dijalankan dengan sempurna. Bahan-bahan yang digunakan dalam kajian ini ialah simen, air, agregat kasar dan agregat halus dan sisa buangan kaca. Kaedah yang digunakan dalam kajian

ini ialah pengawetan sampel, ujian kekuatan mampatan, ujian ketahananlasakan permukaan konkrit serta penilaian kualiti dan integriti bahan kokrit.

Reka bentuk campuran konkrit dan bahan tambah sisa kaca

Reka bentuk campuran adalah proses yang dilakukan untuk memilih bahan konkrit yang paling sesuai dan menentukan kuantiti relatifnya untuk mencapai kekuatan yang diinginkan. Proses menghasilkan konkrit dengan bahan tambah sisa kaca adalah dengan mencampurkan air, simen, agregat halus, bahan tambahan sisa kaca dan agregat kasar mengikut nisbah 1:1:2. Jadual 1 menunjukkan komposisi campuran konkrit dengan bahan tambah sisa kaca bagi 15 sampel.

Jadual 1: Komposisi campuran konkrit dengan bahan tambah sisa kaca bagi 15 sampel

Peratusan Sisa Kaca (%)	Simen (kg)	Air (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Sisa Kaca (kg)
0	10.13	3.5	20.26	10.13	0
15	10.13	3.5	20.26	8.61	1.52
25	10.13	3.5	20.26	7.60	2.53

Ujian Kekuatan Mampatan

Ujian kekuatan mampatan bertujuan untuk menentukan keupayaan konkrit dalam menahan beban tekanan sebelum mengalami kegagalan struktur. Ujian ini dilakukan pada spesimen campuran konkrit dan sisa kaca yang telah diawet pada tempoh 7 hari hingga 28 hari. Jadual 2 menunjukkan keputusan ujian kekuatan mampatan.

Jadual 2: Keputusan ujian kekuatan mampatan campuran konkrit dan bahan sisa kaca

Peratusan Sisa Kaca (%)	Kekuatan Mampatan (MPa)	
	7 Hari Pengawetan	28 Hari Pengawetan
0	24.0	29.0
15	28.2	31.2
25	31.1	34.9

Ujian Ketahananlasakan Permukaan Konkrit

Ujian ketahananlasakan permukaan konkrit dijalankan bertujuan untuk menilai keupayaan permukaan konkrit menahan kesan fizikal seperti geseran, penghausan, dan tindakan mekanikal berulang yang berlaku semasa penggunaan struktur binaan. Ujian ini dilakukan pada spesimen campuran konkrit dan sisa kaca yang telah diawet pada tempoh 28 hari. Jadual 3 menunjukkan keputusan ujian ketahananlasakan permukaan konkrit berkenaan.

Jadual 3: Keputusan ujian ketahananlasakan permukaan konkrit dengan campuran sisa kaca

Peratusan Serbuk Sisa Buangan Kaca (%)	Purata Kelajuan Nadi Ultrasonic (km/s)	Kualiti dan Integriti Konkrit
0	3.60	Kurang memuaskan
15	3.68	Baik
25	3.80	Baik

Jadual 4: Keputusan ujian penilaian kualiti dan integriti bahan konkrit dengan campuran sisa kaca

Peratusan Sisa Kaca (%)	Kekuatan Mampatan Permukaan Konkrit (MPa)
0	19.1
15	22.1
25	23.6

Ujian Penilaian Kualiti dan Integriti Konkrit

Ujian penilaian kualiti dan integriti bahan konkrit campuran sisa kaca dilakukan pada hari ke-28 pengawetan. Ujian ini dilakukan menggunakan mesin pengukuran hadlaju gelombang ultrasonik. Jadual 4 menunjukkan hasil keputusan ujian bagi sampel yang diuji.

PEMBAHARUAN

Dalam kajian ini, produk konkrit ini diperbaharui dengan penambahan serbuk sisa buangan kaca sebagai bahan tambahan dalam campuran konkrit yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan pada konkrit. Dalam usaha meningkatkan kelestarian bahan binaan, sebanyak 15% dan 25% serbuk sisa buangan kaca digunakan sebagai bahan gantikan separa kepada pasir. Kaca adalah bahan buatan manusia yang mengambil masa untuk terurai. Terdapat beberapa keunikan pada produk ini, antaranya ialah sisa buangan kaca telah diekstrak menjadi serbuk sisa buangan kaca serta dapat memberi impak positif kepada alam sekitar. Oleh itu, dengan mengitar semula kaca menjadi serbuk sisa buangan dan menggunakannya di dalam industri pembinaan, ia dapat mengurangkan jumlah buangan sisa kaca di tapak pelupusan. Selain itu, campuran konkrit bersama sisa buangan kaca mempunyai keistimewaan daripada aspek kekuatan mampatan dan ketahananlasakan permukaan berbanding konkrit konvensional. Sementara itu, bagi penilaian kualiti dan integriti bahan, campuran konkrit dengan sisa buangan kaca ini kadar keronggaan (honey comb) adalah semakin kecil dan di tahap baik.

KESIMPULAN

Kajian ini menilai kesan penambahan serbuk sisa buangan kaca sebagai bahan tambah dalam campuran konkrit pada kadar 15% dan 25% daripada pasir berbanding sampel kawalan (0%). Penilaian prestasi dijalankan melalui ujian kekuatan mampatan pada

tempoh pengawetan 7 dan 28 hari, ujian ketahananlasakan permukaan serta ujian penilaian kualiti dan integriti konkrit. Keputusan ujian kekuatan mampatan menunjukkan peningkatan kekuatan apabila campuran konkrit dengan kandungan serbuk sisa buangan kaca 15% meningkat kekuatannya sebanyak 7% berbanding sampel kawalan. Sementara itu, pada kadar kandungan konkrit bersama serbuk sisa buangan kaca 25% kekuatannya meningkat 20% daripada sampel kawalan. Seterusnya, bagi ujian ketahananlasakan permukaan konkrit, terdapat peningkatan yang ketara pada kekuatan permukaan konkrit campuran sisa buangan kaca pada kadar 15% dan 25% berbanding sampel kawalan. Bagi, ujian penilaian kualiti dan integriti bahan campuran konkrit dengan sisa buangan kaca, kadar keronggaan adalah semakin berkurang apabila sisa buangan kaca meningkat dalam campuran konkrit. Secara keseluruhannya, hasil kajian membuktikan bahawa penggunaan serbuk sisa buangan kaca sebagai bahan tambah dalam konkrit dapat meningkatkan kekuatan permukaan, kualiti dalaman, dan kekuatan mampatan konkrit, khususnya pada kadar 25%.

RUJUKAN

- Somayaji, S. (2001). *Civil Engineering Materials* (2nd ed.). Pearson.
- Zainal, F. (2024, 2 Januari). *39,000 Tons of Solid Waste Daily*. The Star. <https://www.thestar.com.my/news/nation/2024/01/02/39000-tonnes-of-solid-waste-daily>
- Ghafar, S. L. M. A., Hussein, M. Z., & Zakaria, Z. A. B. (2016). Synthesis and characterization of cockle shell-based calcium carbonate aragonite polymorph nanoparticles with surface functionalization. *Journal of Nanomaterials*, 2017, 20–22. <https://doi.org/10.1155/2017/8196172>