

KINERJA BETON MENGANDUNG AGREGAT KASAR DAUR ULANG LIMBAH BONGKAHAN BETON

Syahrul¹

¹Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda
Email : syahrulsipil@rocketmail.com

ABSTRACT

Concrete waste generated from construction and demolition is a major problem generated in large quantities. The use of waste concrete as a substitute for conventional aggregate materials is a way to reduce waste generated from construction and sample testing and reduce exploration of natural materials, which have an impact on the environment and damage natural. Waste concrete can be recycled and can be used for various purposes. The use of coarse aggregate ranges from 70 to 80% in concrete mixes so the reuse of recycled concrete coarse aggregate has been widely reported, but few studies have focused on recycling and extracting value from concrete grains. The laboratory test method used several parameters to determine the physical properties of the concrete mixture and the characteristics of the compressive strength of cube concrete 150 mm x 150 mm x 150 mm with a sample size of 12 samples for 0%, and 12 samples for 100% recycled aggregate. The compressive strength of concrete was reviewed 3 and 28 days after treatment according to SNI. The compressive strength of recycled concrete aggregates increased by 11.54% at the age of 3 days and decreased by 27.64% at the age of 28 days.

Keywords: Concrete waste, Natural Aggregate, Characteristics, Strength

ABSTRAK

Limbah beton yang dihasilkan dari konstruksi dan pembongkaran merupakan masalah utama yang dihasilkan dalam jumlah besar, penggunaan limbah beton sebagai pengganti bahan agregat konvensional adalah cara untuk mengurangi limbah yang dihasilkan dari konstruksi dan pengujian sampel dan mengurangi eksplorasi bahan alam, yang memiliki berdampak pada lingkungan dan merusak alam. Limbah beton dapat didaur ulang dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Penggunaan agregat kasar berkisar antara 70 hingga 80% dalam campuran beton sehingga penggunaan kembali agregat kasar beton daur ulang telah banyak dilaporkan, tetapi hanya sedikit penelitian yang berfokus pada daur ulang dan ekstraksi nilai dari butiran beton. Metode uji laboratorium yang digunakan dengan beberapa parameter untuk mengetahui sifat fisik campuran beton dan karakteristik kuat tekan beton kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm dengan ukuran sampel 12 sampel untuk 0%, dan 12 sampel untuk 100 % agregat daur ulang. Kuat tekan beton ditinjau pada 3 dan 28 hari setelah perawatan sesuai SNI. Kuat tekan agregat beton daur ulang meningkat sebesar 11,54% pada umur 3 hari dan menurun sebesar 27,64% pada umur 28 hari.

Kata kunci : Limbah beton, Agregat alami, Karakteristik, Kekuatan tekan

1. PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu bahan bangunan paling umum di dunia dan sesuai dengan pergeseran dunia ke ekonomi sirkular, ada kebutuhan peningkatan penggunaan kembali dan daur ulang beton (Eckbo *et al*, 2022). Limbah beton yang dihasilkan dari konstruksi dan pembongkaran merupakan masalah utama karena diproduksi dalam jumlah yang sangat besar. Saat ini sebagian besar didaur ulang karena biasanya dihancurkan dan disortir berdasarkan ukuran, untuk menghasilkan agregat beton daur ulang bermutu rendah (Ding *et al*, 2022).

Daur ulang beton memainkan peran kunci dalam peta jalan keberlanjutan, baik untuk meningkatkan keberlanjutan sektor konstruksi, dan mengurangi dampak yang terkait dengan eksploitasi sumber daya alam yang belum pernah terjadi sebelumnya, seperti kerikil dan pasir, di antara mineral lainnya (Zaccardi *et al*, 2022). Selain itu, peraturan dan peraturan dumping yang ketat bertujuan untuk memperkuat upaya dan komitmen industri untuk meningkatkan

Corresponding Author

E-mail Address : syahrulsipil@rocketmail.com

pemanfaatan kembali atau tingkat daur ulang limbah mereka untuk menanggapi tujuan nol limbah. Praktek penimbunan, bukanlah alternatif terbaik dan tidak dianjurkan di dunia di mana konsep-konsep yang muncul seperti ekonomi sirkular, peningkatan kelestarian lingkungan ditekankan untuk mencapai tujuan tanpa limbah (Sithole *et al.* 2022).

Beton paling sering digunakan dalam konstruksi bangunan dan jalan. Campuran beton tradisional terdiri dari empat unsur, yaitu air, semen, agregat halus (FA), dan agregat kasar (CA) (Meena *et al.*, 2022). Agregat alami yang digunakan untuk membuat beton, kira-kira 70%-80% volume (Tangaramvong *et al.*, 2021). Karena volume beton yang besar membutuhkan agregat kasar dan halus dalam jumlah besar, pemanfaatan bahan limbah dalam beton dapat membantu melestarikan sumber daya alam sambil menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan untuk masalah pembuangan limbah (Bamigboye *et al.*, 2022).

Faktanya, seperti yang diharapkan dari sifat agregat kasar daur ulang (terutama sifat kasar dan sudut dari agregat), hasil kemampuan kerja biasanya lebih rendah daripada ketika hanya agregat alami yang digunakan dan jika tindakan yang tepat tidak diambil untuk mengatasi situasi ini, beton biasanya memiliki kekuatan dan daya tahan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beton yang diproduksi dengan agregat alami. Bahkan, kebutuhan hidrasi yang lebih tinggi dari beton ini menyebabkan peningkatan rasio w/c, dan akibatnya, kualitas beton akan lebih rendah (Miraldo *et al.*, 2021).

Secara khusus, sifat-sifat agregat kasar daur ulang meliputi kemampuan kerja beton segar, sifat fisik dan kimia (yaitu densitas, kedalaman karbonasi, dan penetrasi ion klorida), sifat mekanik (yaitu kuat tekan, lentur, dan kuat tarik belah serta modulus elastisitas), dan panjang- kinerja jangka (yaitu ketahanan pembekuan-pencairan, ketahanan reaksi alkali-silika, mulur, dan susut kering) (Wang *et al.*, 2021). Kinerja beton yang mengandung agregat limbah konstruksi telah dipelajari secara luas sejak lama. Beton yang mengandung agregat limbah memiliki workabilitas yang lebih rendah dari beton normal karena kemampuan penyerapan air yang tinggi dan angularitas permukaan (Khatab *et al.*, 2021).

Penelitian tentang kinerja beton menggunakan agregat kasar dari limbah bongkahan beton, dengan persentase 0, dan 100%, kekuatan tekan 28 hari beton penggunaan agregat kasar limbah bongkahan beton menurun 27,64 % terhadap kekuatan tekan beton dengan material alami. Dalam makalah ini, kami menganalisis kinerja beton dengan penggunaan agregat kasar daur ulang bongkahan beton dan membandingkan kekuatan tekan beton agregat kasar alami dengan tinjauan kuat tekan 3 dan 28 hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sebagian besar infrastruktur di dunia dibangun dengan beton. Karena interaksi yang kompleks antara beton dan lingkungan dan tidak adanya perawatan yang tepat waktu, banyak struktur beton dalam keadaan rusak. Ketika struktur beton dihancurkan atau direnovasi, daur ulang beton adalah metode yang semakin umum untuk memanfaatkan puing-puing. Selanjutnya, daur ulang beton memberikan pendekatan untuk menjaga pembangunan berkelanjutan dalam struktur beton. Ada beberapa sumber agregat beton daur ulang. Sumber yang paling umum adalah beton dari Limbah Konstruksi dan Pembongkaran (C&DW) (Nedeljkovic *et al.*, 2021).

Agregat beton daur ulang

Beton adalah bahan komposit yang terdiri dari semen, agregat alam (kasar dan halus) dan air dalam beberapa proporsi tertentu tergantung pada desain campuran. Agregat kasar memberikan massa dan kekuatan, agregat halus (pasir) mengisi rongga dan menambah kekuatan (Dalal *et al.*, 2022). Salah satu bahan yang banyak diteliti untuk digunakan sebagai pengganti agregat alami dalam beton adalah limbah daur ulang bongkahan beton yang dihancurkan.

Salah satu kesulitan dalam penerapan agregat daur ulang beton dalam praktiknya adalah kontrol air agregat daur ulang isi. Penyerapan air yang tinggi dan heterogenitas agregat daur ulang menyebabkan kesulitan untuk menentukan air yang akurat dari formula. Selain itu, penyerapan air, antara akhir pencampuran dan pengecoran di lokasi, dapat mengubah kemampuan kerja beton selama pengangkutan. Memang, ditunjukkan bahwa agregat daur ulang dapat menyerap antara 100 detik dan 1 jam hingga 5% air dari campuran (Le, H. B., & Bui, Q. B. 2020). Dan terdapat penelitian sebelumnya yang menggunakan agregat kasar dari limbah bongkahan konstruksi beton.

Penelitian Abera tahun 2022, menyatakan faktor pemadatan dan perilaku terkait lainnya dari bahan beton yang dihasilkan dari bahan agregat daur ulang sebagai substitusi 100% untuk bahan agregat alam jauh lebih rendah dari tingkat kinerja yang diharapkan. Penggantian material agregat daur ulang ke material agregat konvensional hingga 35% dapat menyebabkan penurunan kekuatan tekan minimum dalam waktu pemeraman 28 hari. Ini adalah sekitar

kurang dari 30% penurunan kekuatan jika dibandingkan dengan kekuatan agregat normal. Penyelidikan merekomendasikan berdasarkan kinerja bahan beton yang mengandung bahan daur ulang dari puing-puing C&D sebagai pengganti bahan alami. Memasukkan material ini ke dalam pekerjaan beton hingga 40% tidak akan menyebabkan kerusakan besar pada struktur ringan proyek teknik sipil. Dan juga dapat diterapkan pada konstruksi jalan untuk pergerakan kendaraan ringan (Abera, 2022).

Penelitian Dabiri dan rekan tahun 2022, menyatakan dalam hal jenis (ukuran) agregat, penggantian agregat kasar dengan agregat daur ulang menyebabkan lebih banyak pengurangan kekuatan tekan daripada agregat halus atau penggantian agregat halus dan kasar. Dengan mempertimbangkan umur pengujian beton, untuk beton dengan agregat halus daur ulang pengurangan kuat tekan 3 hari lebih tinggi dari kuat tekan 7 dan 28 hari sedangkan untuk beton yang menggabungkan beton kasar atau beton daur ulang halus dan kasar, penurunan kuat tekan 28 hari lebih tinggi dari 3 dan 7 hari (Dabiri *et al*, 2022).

Penelitian Arun dan rekan tahun 2021, menyatakan, menggunakan agregat kasar daur ulang yang dikumpulkan dari beton yang dihancurkan. Dalam beton, agregat kasar menyumbang volume utama beton. Daur ulang agregat kasar akan menjadi pilihan ideal untuk mengurangi jumlah limbah beton yang dibuang ke tempat pembuangan akhir. Fokus utama penelitian ini adalah mencari perubahan kuat tekan kombinasi beton yang dibutuhkan dengan menggunakan agregat kasar daur ulang sebagai pengganti agregat kasar alami dan membandingkan kekuatan beton agregat kasar daur ulang dengan kekuatan beton agregat kasar alami (Arun *et al*, 2021)

3. METODOLOGI

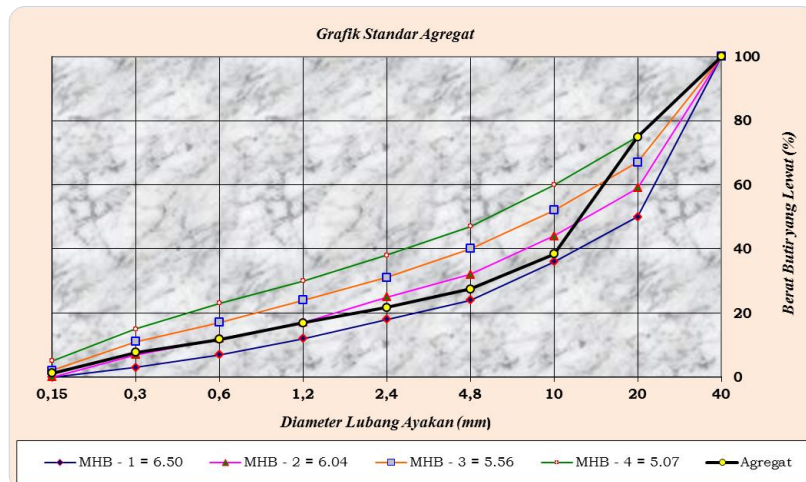
Pemeriksaan laboratorium guna mengetahui sifat dasar bahan agregat daur ulang dan bahan agregat alami. Metode standar juga digunakan untuk menghasilkan bahan sampel. Penggunaan agregat kasar limbah bongkahan beton dan agregat kasar alami, pasir perlu diuji sifat fisik bahan tersebut guna memberikan kontribusi pada kekuatan tekan beton. Agregat adalah komponen penting dari beton, dan karakteristiknya memiliki pengaruh penting pada kinerja beton segar dan beton yang mengeras, seperti ukuran partikel, bentuk, dan gradasi (Yan *et al*, 2020). Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat kasar limbah bongkahan beton dan agregat kasar alami, pasir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat

<i>Parameter</i>	<i>Hasil</i>			<i>Syarat</i>	<i>Metode</i>
	<i>Agregat kasar alami</i>	<i>Agregat kasar limbah bongkahan beton</i>	<i>Pasir</i>		
Berat jenis	2,767	2,622	2,644	≥. 2,5	SNI 1969-2008 SNI 1970-2008
Penyerapan	1,647	3,145	1,750	Max. 3 % Max. 2 %	SNI 1969-2008 SNI 1970-2008
Berat isi	1,55	1,50	1,67		SNI 03 4804 1998
Kadar air	0,732	0,741	1,165		SNI 03 1971 1990
Kadar lumpur	1,738	1,374	1,087	Max. 1 % Max. 5 %	SNI 03 1971 1990 SNI 03 2816 1992
Abrasi	25,40	27,05	-	Max. 27 %	SNI 2417 2008
			-	-	-

Distribusi ukuran partikel untuk produk dari setiap pengujian adalah diukur menggabungkan pengayakan manual untuk material (Fladvad *et al*, 2020). Distribusi ukuran partikel ditentukan melalui analisis saringan (Ray *et al*, 2021).

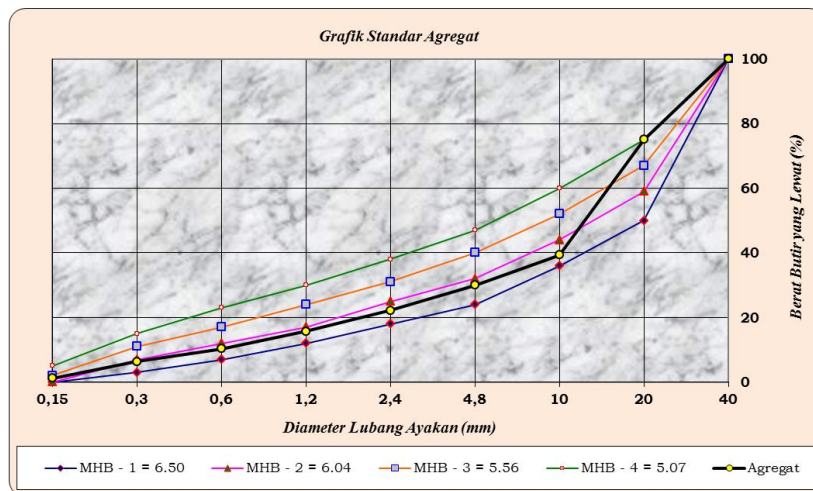
Hasil analisa saringan agregat gabungan (agregat kasar alami) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gradasi gabungan agregat kasar alami

Gradasi atau distribusi ukuran partikel pasir mempengaruhi sifat-sifat beton seperti kerapatan pengepakan, kandungan rongga, kemampuan kerja dan kekuatan (Sabih *et al*, 2016). Gradasi berupa sebaran butir agregat dalam satuan persentase, agregat kasar material lolos ayakan ukuran 20 mm, dan pasir lolos ayakan 4,75 mm (Syahrul *et al*, 2021). Pada penelitian ini dilakukan pengujian analisis saringan agregat kasar limbah bongkahan beton, agregat kasar alami dan pasir, serta modulus berdasarkan Standar Nasional Indonesia.

Hasil analisa saringan agregat gabungan (agregat kasar limbah bongkahan beton) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Gradasi gabungan agregat kasar limbah

Rasio campuran bahan yang digunakan untuk beton kontrol adalah 1 ; 1.57 ; 4.24 (semen ; pasir ; agregat kasar). Desain pencampuran masing-masing (Liu *et al*, 2021). Target kekuatan tekan beton 24,5 MPa atau 250 Kg/cm² dengan tinjauan 28 hari, kubus dimensi 150 mm x 150 mm x 150 mm. Kuat tekan merupakan salah satu sifat mekanik utama beton. Kuat tekan dihitung dengan *ultimate* beban dibagi dengan luas penampang yang menahan beban dan dinyatakan dalam megapascal (MPa) (Gil *et al*, 2022).

Jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah sampel

<i>Agregat kasar limbah bongkahan beton (%)</i>	<i>Umur 3 hari</i>	<i>Umur 28 hari</i>	<i>Total</i>
0	6	6	12
100	6	6	12
Total sampel			24

Pengujian kekuatan tekan kubus dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Uji tekan kubus beton

Sesuai desain campuran. Setelah pencampuran beton, yang dilakukan secara bertahap memaksimalkan kemampuan kerja beton (Cuesta *et al.*, 2022). Persiapan dan proporsi campuran merupakan proses penimbangan jumlah sampel kering, semua bahan semen agregat kasar, pasir, dicampur dalam mixer selama 8 – 10 menit dengan rasio komposisi beton 1 ; 1.57 ; 4.24. Rasio air semen (Mohe *et al.*, 2022), sebesar 0,63 dan konstan digunakan pada campuran 0 % dan 100 % agregat kasar limbah bongkahan beton. Proporsi campuran beton merupakan parameter penting untuk menentukan kemampuan penyerapan air dari beton. Peran masing-masing komponen individu menentukan kelayakan proses (Sahoo *et al.*, 2021).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terkait kinerja beton menggunakan agregat kasar alami dan agregat kasar limbah bongkahan beton diperoleh beberapa cakupan hasil pengujian.

Modulus halus butir

Modulus halus butir merupakan nilai indeks yang digunakan untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butiran material beton, modulus halus butir dideskripsikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butiran material betonyang tertahan diatas ayakan dan dibagi seratus. Hasil analisa gradasi gabungan modulus halus butir pasir 3,593 dan modulus halus agregat kasar alami 6,987. Nilai modulus halus butir campuran 6,00 sehingga persentasi berat pasir terhadap agregat kasar alami 41,00 %. Hasil modulus halus butiran agregat kasar alami dan pasir dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Modulus halus butiran

Ayakan (mm)	Agregat kasar alami		Pasir	
	Tertahan (%)	Tertahan komulatif (%)	Tertahan (%)	Tertahan komulatif (%)
40	0,00	0,00	0,00	0,00
20	35,34	35,34	0,00	0,00
10	45,09	80,42	15,67	15,67
4,8	13,00	93,42	5,97	21,65
2,4	2,84	96,26	12,83	34,48
1,2	1,22	97,48	13,71	48,19
0,6	0,49	97,93	16,55	64,74
0,3	0,41	98,33	12,73	77,47
0,15	1,22	99,55	19,59	97,06
Sisa	0,49	-	2,94	-
Jumlah	100	698,74	100	359,26

Hasil analisa gradasi gabungan modulus halus butir pasir 3,593 dan modulus halus agregat kasar alami 6,731. Nilai modulus halus butir campuran 6,00 sehingga persentasi berat pasir terhadap agregat kasar alami 30,35 %. Hasil modulus halus butiran agregat kasar limbah bongkahan beton dan pasir dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Modulus halus butiran

Ayakan (mm)	Agregat kasar limbah bongkahan beton		Pasir	
	Tertahan (%)	Tertahan komulatif (%)	Tertahan (%)	Tertahan komulatif (%)
40	0,00	0,00	0,00	0,00
20	32,57	32,57	0,00	0,00
10	41,75	74,32	15,67	15,67
4,8	10,44	84,76	5,97	21,65
2,4	6,26	91,02	12,83	34,48
1,2	4,18	95,20	13,71	48,19
0,6	2,09	97,29	16,55	64,74
0,3	1,25	98,54	12,73	77,47
0,15	0,84	99,37	19,59	97,06
Sisa	0,63	-	2,94	-
Jumlah	100	673,07	100	359,26

Rancangan campuran

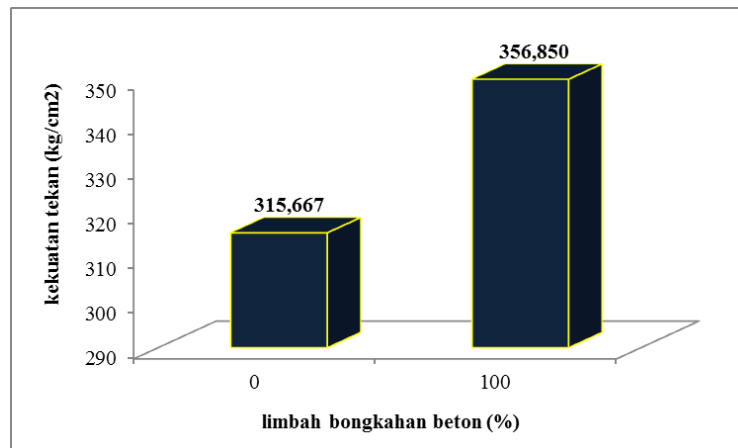
Desain campuran bertujuan untuk mendapatkan berat setiap material beton yaitu semen, agregat kasar, pasir, dan air. Pengaruh proporsi pencampuran pasta semen pada kekuatan tekan sangat besar (Park *et al*, 2022). Desain campuran beton biasanya dilakukan sesuai dengan prosedur standar yang ditentukan dalam kode yang dikembangkan oleh lembaga yang diakui seperti Lembaga Penelitian Bangunan (Joshua *et al*, 2020). Komposisi campuran beton sesuai prosedur Standar Nasional Indonesia dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi campuran beton (m³)

Material	Persentasi agregat kasar limbah bongkahan beton	
	0 %	100 %
Semen	325,39 kg	316,83 kg
Agregat kasar	1380,43 kg	1344,14 kg
Pasir	510,57 kg	497,15
Air	205 liter	199,61 liter
Perbandingan	1 ; 1,57 ; 4,24	1 ; 1,57 ; 4,24

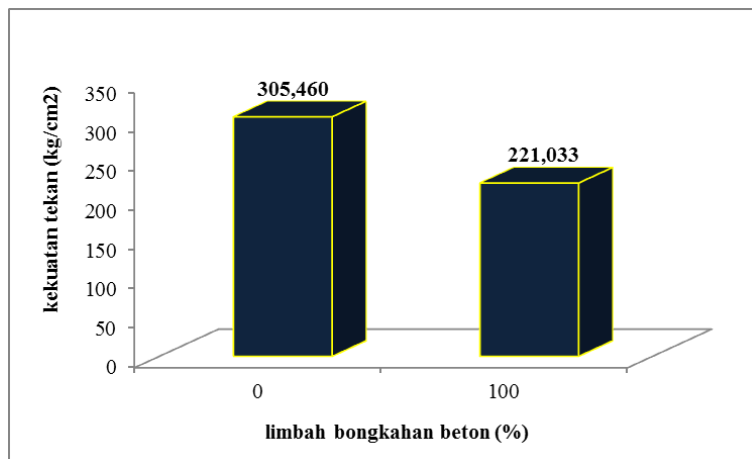
Kekuatan tekan

Hasil pengujian yang diperoleh dari kuat tekan untuk semua campuran beton direpresentasikan secara grafis (Panda *et al.*, 2020). Kekuatan tekan dari beton normal (Zhu *et al.*, 2020) atau 0% agregat limbah lebih rendah sebesar 11,54 % terhadap kekuatan tekan beton agregat kasar limbah bongkahan beton pada umur 3 hari. Kekuatan tekan beton 28 hari 0 % agregat kasar limbah meningkat 27,64 % terhadap kekuatan tekan 100 % agregat kasar limbah bongkahan beton. Hasil kekuatan tekan beton umur 3 hari dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kekuatan tekan beton 3 hari

Hasil kekuatan tekan beton umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kekuatan tekan beton 28 hari

Berat satuan

Berat satuan digunakan untuk mengevaluasi campuran beton 0 % dan 100 % agregat kasar limbah bongkahan beton. Berat satuan campuran beton ditentukan pada 3 dan 28 hari perawatan air dengan mengukur berat dan volume benda uji. Timbangan otomatis digunakan untuk mengukur berat sedangkan dimensi spesimen diukur menggunakan jangka sorong (Azeez *et al.*, 2019). Hasil berat satuan beton dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Berat isi beton

5. KESIMPULAN

Kinerja beton berbahan agregat kasar limbah bongkahan beton, umur 3 hari memiliki kekuatan beton meningkat 11,54 % lebih tinggi terhadap beton berbahan agregat alami, umur 28 hari kekuatan beton menurun 27,64 % terhadap beton agregat alami. Hal tersebut ada zona transisi antara permukaan agregat berupa mortar lama yang melekat pada agregat limbah bongkahan beton sehingga penyerapan, porositas tinggi dan berpengaruh pada permeabilitas beton yang mengarah rendahnya kekuatan tekan beton di umur 28 hari atau lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- Abera, Y. S. A. (2022). "Performance of concrete materials containing recycled aggregate from construction and demolition waste". *Result and Materials* (14) 100278, <https://doi.org/10.1016/j.riama.2022.100278>.
- Arun, A., Chekravarty, D., & Murali, K. (2021). "Comparative analysis on natural and recycled coarse aggregate concrete". *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.352>.
- Azees M. O., Ahmad S., Al-dulaijan S. U., Maslehuddin M., Naqvi A. A. (2019). "Radiation Shielding Performance of Heavy-Weight Concrete Mixtures". *Construction and Building Materials* (224) 284-291, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.077>.
- Bamigboye, G., Tarverdi, K., Adigun, D., Daniel, B., Okorie, U., & Adediran, J. (2022). "An appraisal of the mechanical, microstructural, and thermal characteristics of concrete containing waste PET as coarse aggregate". *Cleaner Waste Systems* (1) 100001, <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100001>.
- Cuesta V. R., Evangelista L., Brito J. D., Skaf M., Manso J. M. (2022). "Shrinkage Prediction of Recycled Aggregate Structural Concrete With Alternative Binder Through Partial Correction Coefficients". *Cement and Concrete Composite* (129) 104506, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104506>.
- Dabiri, H., Kioumars, M., Kheyroddin, A., Kandari, A., & Sartipi, F. (2022). "Compressive strength of concrete with recycled aggregate; a machine learning-based evaluation". *Cleaner Materials* (3) 100044, <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100044>.
- Dalal, S. P., Dalal, P., Motiani, R., & Solanki, V. (2022). "Experimental investigation on recycling of waste pharmaceutical blister powder as partial replacement of fine aggregate in concrete". *Resource, Conservation & Recycling Advances* (14) 200076, <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200076>.
- Ding, T., Wong, H., Qiao, X., & Cheeseman, C. (2022). "Depeloving circular concrete: acid treatment of waste concrete fines". *Journal of Cleaner Production* (365) 132615, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132615>.
- Eckbo, C., Okkenhaug, G., & Hale, S. E. (2022). "The effects of soil organic matter on leaching of hexavalent chromium from concrete waste: batch and column experiments". *Journal of Environmental Management* (309) 114708, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114708>.

- Fladvad M., and Onnela T. (2020). "Influence of Jaw Crusher Parameters on the Quality of Primary Crushed Aggregates". *Minerals Engineering* (151) 106338, <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106338>.
- Gil, J. P., Palencia, C., Monteiro, N. S., & Garcia, R. M. (2022). "To predict the compressive strength of self compaction concrete with recycled aggregates utilizing ensemble machine learning models". *Case Studies in Construction Materials* (16) e01046, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01046>.
- Joshua O., Olusola K. O., Ndaku D. O., Ede A. N., Olofinnade O. M., and Job O. F. (2020). "Modified Mix Design Development Specification Batched by Volume from Specified Mix Design by Weight Towards Improved Concrete Production". *Methodsx* (7) 100817, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100817>.
- Khatab, H. R., Al-Samaraie, M. I. A., Muhammed, Z. Q., Al-Samaraie, A. A. (2021). "Teh influence of waste of concrete masonry units as coarse aggregate on concrete properties". *Material Today: Proceedings* (42) 1810-1815, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.186>.
- Le, H. B., & Bui, Q. B. (2020). "Recycled aggregate concretes a state of the art from the microstructure to the structural performance". *Construction and Building Materials* (257) 119522, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119522>.
- Liu, Z., Chin, C. S., & Xia, J. (2021). "Improving recycled coarse aggregate (RAC) and recycled coarse aggregate concrete (RCAC) by biological denitrification phenomenon". *Constructuion and Building Materials* (301) 124338. <https://doi.org/10.106/j.conbuildmat.2021.124338>.
- Meena, R. V., Jain, J. K., Chouhan, H. S., & Beniwal, A. S. (2022). "Use of waste ceramics to produce sustainable concrete: a review". *Cleaner Materials* (4) 100085, <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100085>.
- Miraldo, S., Lopes, S., Torgal, F. P., & Lopes, A. (2021). "Advantages and shortcomings of the utilization of recycled wastes As aggregates in structural concretes". *Construction and Building Materials* (298) 123729, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123729>.
- Mohe N. S., Shewalul Y. W., and Agon E. C. (2022). "Experimental Investigation on Mechanical Properties of Concrete Using Different Sources of Water for Mixing and Curing Concrete". *Case Studies in Construction Materials* (16) e00959, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00959>.
- Nedeljkovic, M., Visser, J., Savija, B., Valcke, S., & Schlangen, E. (2021). "Use of fine recycled concrete aggregates in concrete: a critical review". *Journal of Building Engineering* (38) 102196, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102196>.
- Panda K. C., Behera S., and Jena S.(2020). "Effect of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of Concrete Containing Crushed Seashell as Fine Aggregate". *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.049>.
- Park S., Moges K. A., Wu S., Pyo S. (2022). "Characteristics of Hybrid Alkaline Cement Composite with High Cement Content: Flash Set and High Compressive Strength". *Journal of Materials Research and Technology* (17) 1582 1597.
- Ray, S., Haque, M., Rahman, M.M., Sakib, M. N., & Rakib, K. A. (2021). "Experimental investigation and SVM-based prediction of compressive and splitting tensile strength of ceramic waste aggregate concrete". *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.08.010>.
- Sabih G., Tarefder R. A., and Jamil S. M. (2016). "Optimization of Gradation and Fine Modulus of Naturally Fine Sands for Improved Performance as Fine Aggregate in Concrete". *Procedia Engineering* (145) 66-73, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.016>.
- Sahoo A. K., and Kar B. B. (2021). "Water Absorptivity and its Impact on Various Properties of the Concrete Materials". *Materials Today: Proceeding*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.474>.
- Sithole, N. T., Tsotetsi, N. T., Mashifana, T., & Sillanpaa. M. (2022). "Alternative cleaner production of sustainable concrete from waste foundry sand and slag". *Journal of Cleaner Production* (336) 130399, <https://doi.org/10.1016/j.clepro.2022.130399>.
- Syahrul., Tjaronge M. W., Djamaluddin R., Amiruddin. A. A. (2021). "Flexural Behavior of Normal and Lightweight Concrete Composite Beam". *Civil Engineering Journal*, e-ISSN: 2476-3055, Vol 7, No 03, March, <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2021-03091673>.
- Tangaramvong, S., Nuaklong, P., Khine, M. T., & Jongvivatsakul, P. (2021). "The influences of granite industry waste on concrete properties with different strength grades". *Case Studies in Construction Materials* (15) e00669, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00669>.

- Wang, B., Yan, L., Fu, Q., & Kasal, B. (2021). "A comprehensive review on recycled aggregate and recycled aggregate concrete". *Resources, Conservation & Recycling* (171) 105565, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105565>.
- Yan W., Cui W., and Qi L. (2020). "Effect of Aggregate Gradation and Mortar Rheology on Static Segregation of Self-Compaction Concrete". *Construction and Building Materials* (259) 119816, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119816>.
- Zaccardi, Y. A. V., Marsh, A. T. M., Sosa, M. E., Zega, C. J., Belie, N. D., & Bernal, S. A. (2022). "Complete re-utilization of waste concretes-valorisation pathways and research needs". *Resources, Conservation & Recycling* (177) 105955, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105955>.
- Zhu L., Zhao C., and Dai J. (2020). "Prediction of Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete Based on Gray Correlation Analysis". *Construction and Building Materials* (273) 121750, <https://doi.org/10.106/j.conbuildmat.2020.121750>.