

## Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan

### *Utilization of Ceramic Waste as Alternative Fine Aggregate in Green Concrete*

Rofikatul Karimah<sup>1</sup>, Yunan Rusdianto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang  
Alamat korespondensi: Jalan Raya Tlogomas No. 246 Malang  
email: lintangsmahabella@umm.ac.id

#### **Abstract**

*Green concrete is a concrete that is composed of materials that do not harm the environment. It can be made by replacing the aggregates that make up the concrete with waste materials. In this study, sand as fine aggregate is replaced with fragments of the ceramic waste from the installation of floor and wall tiles. Ceramic waste potential as alternative fine aggregates will be examined through concrete absorption, density (unit weight), and compressive strength. A total of 36 concrete cylinders with diameters of 15 centimetres and 30 centimetres in height was used in this experiment. Concrete fine aggregate was replaced with ceramic waste with variations of 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, and 15% from the total fine aggregate. Fly ash was added to the concrete mix to improve the properties of fresh and hardened concrete. The experiment result found that the concrete absorption was increasing along with the higher level of fine aggregate replacement. On the other hand, increasing the replacement level of fine aggregate with ceramic waste resulted in a reduced unit weight of the specimen. Concrete specimen with 9% ceramic waste replacement has the highest compressive strength, however, the compressive strength decreased at a higher replacement level. From the experiment, the ceramic waste can be used as alternative fine aggregates but only to a certain extent of replacement.*

**Keywords:** *Alternative fine aggregate; Ceramic Waste; Green Concrete*

#### **Abstrak**

Beton ramah lingkungan adalah beton yang tersusun dari material yang tidak menimbulkan kerusakan pada lingkungan. Salah satunya dapat dicapai dengan mengganti agregat penyusun beton dengan material limbah. Pada studi ini, penggunaan agregat halus berupa pasir digantikan dengan limbah keramik yang berasal dari sisa pekerjaan pemasangan keramik lantai dan dinding. Potensi limbah keramik sebagai alternatif pengganti agregat halus akan diperhitungkan dari segi absorpsi beton, densitas (*unit weight*) beton dan kuat tekan beton. Spesimen yang digunakan berupa 36 buah silinder beton berukuran 15 x 30 cm. Penggantian limbah keramik sebagai agregat halus divariasikan dengan persentase 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dari total kebutuhan agregat halus. Material *pozzolan* berupa *fly ash* turut ditambahkan dalam campuran beton untuk memperbaiki properti beton segar dan beton keras. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi persentase penggantian agregat halus dengan limbah keramik, nilai absorpsi beton semakin mengalami kenaikan. Sementara itu, *unit weight* beton menurun seiring penambahan persentase limbah keramik sebagai pengganti pasir. Spesimen dengan persentase campuran limbah keramik 9% dari total agregat halus memiliki kuat tekan tertinggi, namun kuat tekan menurun di persentase penggantian yang lebih tinggi. Dari hasil eksperimen, limbah keramik dapat digunakan sebagai alternatif agregat halus namun hanya hingga batas penggantian tertentu.

**Kata kunci:** Agregat halus alternatif; Beton ramah lingkungan; Limbah keramik

Please cite this article as:

Karimah, R. & Rusdianto, Y. (2021). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Beton Ramah Lingkungan. *Media Teknik Sipil*, 19(1), 17-23. doi:<https://doi.org/10.22219/jmts.v19i1.15386>

## PENDAHULUAN

Beton ramah lingkungan merupakan beton yang bahan penyusunnya berasal dari material yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Solusi yang biasanya ditawarkan adalah dengan mengganti material yang aman bagi lingkungan sekitar (Wicaksono & Sudjati, 2012). Berkembangnya bidang konstruksi bangunan berdampak kepada rusaknya alam akibat eksploitasi yang berlebihan. Agregat kasar menjadi salah satu yang terkena imbas dari eksploitasi yang berlebihan sehingga diprediksi persediaan di alam akan semakin berkurang. Di samping itu, kelemahan beton sebagai bahan konstruksi salah satunya adalah mempunyai berat sendiri yang besar, dengan penyumbang berat terbesar yaitu agregat kasar. Agregat kasar mempunyai persentase 70-75% dari keseluruhan volume massa padat beton. Untuk mendapatkan berat jenis yang lebih kecil dan ringan, dapat dilakukan dengan mengganti sebagian agregat kasar berupa kerikil dengan bahan alternatif lain. Studi pendahuluan oleh Karimah (2017) menunjukkan bahwa penggunaan limbah keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar menghasilkan spesimen beton dengan berat jenis yang lebih kecil dibandingkan beton konvensional. Selain itu, beton dengan pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar dapat memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton konvensional (Karimah, 2017). Penggunaan limbah sebagai material alternatif turut menjadi solusi bagi masalah ketersediaan bahan alami yang terus menurun.

Selain sebagai material alternatif pengganti agregat kasar, limbah keramik memiliki potensi untuk digunakan sebagai material pengganti agregat halus atau *alternative fine aggregate*. Limbah keramik dapat dipecah atau dihancurkan hingga berbentuk butiran dengan modulus kehalusan atau *fineness modulus* menyerupai pasir alami. Namun, limbah keramik memiliki kandungan tanah liat yang dapat memberikan dampak negatif pada proses pembuatan beton (Kirthika et al., 2019). Agregat halus dari limbah keramik berpotensi memiliki penyerapan air yang tinggi. Penyerapan air harus diperhitungkan mengingat agregat akan menyerap air pada saat bersentuhan dengan pasta semen. Apabila kadar air rendah, maka

*workability* beton dapat berkurang (Widyawati, 2011). Selain itu, penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus mungkin dapat menimbulkan masalah durabilitas beton akibat kandungan tanah liat yang ada pada limbah keramik (Kirthika et al., 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi limbah keramik sebagai alternatif pengganti agregat halus dilihat dari segi absorpsi beton, *unit weight* beton dan kuat tekan beton.

*Fly ash* banyak digunakan sebagai bahan campuran semen karena mudah didapat, memiliki harga yang murah dan memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. *Fly ash* memiliki karakteristik yaitu kebutuhan air yang rendah dan mereduksi rasio air semen (*water/cement ratio*) dimana tetap menghasilkan konsistensi yang sama sehingga meningkatkan *workability* beton segar (S.O., 2016). Penambahan *fly ash* ke dalam campuran beton diharapkan dapat mengurangi masalah *workability* beton segar yang dapat timbul akibat tingginya penyerapan limbah keramik. Selain itu, *fly ash* diketahui dapat mereduksi absorpsi air pada beton akibat adanya reaksi *pozzolanic* yang membuat pori beton menjadi lebih rapat (Sun et al., 2019), sehingga dapat memberikan dampak positif terhadap durabilitas dan kekuatan beton.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan persiapan pengadaan bahan beton yaitu semen, *fly ash*, limbah keramik, agregat kasar dan air. Limbah keramik yang digunakan untuk agregat halus berasal dari sisa pekerjaan pemasangan keramik lantai dan dinding. Limbah keramik ini kemudian dihancurkan dengan *hammer* hingga mendapat agregat dengan tingkat kehalusan yang menyerupai pasir. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian bahan-bahan pembentuk beton. Selanjutnya adalah tahap pelaksanaan, pembuatan campuran beton dan pembuatan benda uji silinder beton. Dalam penelitian ini digunakan 36 silinder beton berukuran 15 x 30 cm, dengan persentase limbah keramik bervariasi di angka 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dari total kebutuhan agregat halus (Tabel 1). Bahan *pozzolan* berupa *fly ash* sebesar 5% ditambahkan pada campuran beton untuk memperbaiki properti beton segar dan beton

keras. Pengujian yang dilakukan terhadap silinder beton meliputi: uji densitas (*unit weight*), penyerapan air (*absorption*) dan kuat tekan beton, mengacu pada penelitian serupa yang dilakukan oleh Widyawati (2011).

Penelitian dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan penelitian di laboratorium. Tahap persiapan ini meliputi persiapan alat untuk melakukan uji bahan penyusun beton ringan (semen, batu pecah dan limbah keramik) dan uji silinder beton. Cetakan silinder dari besi berukuran 15 x 30 cm digunakan untuk membuat benda uji beton.

Tabel 1. Properti Benda Uji Silinder Beton

Limbah Keramik (%)	Penambahan Fly Ash (%)	Jumlah Benda Uji Silinder Beton
0	0	3
	5	3
3	0	3
	5	3
6	0	3
	5	3
9	0	3
	5	3
12	0	3
	5	3
15	0	3
	5	3
Total Benda Uji		36

Bahan susun beton untuk membuat campuran beton diuji terlebih dahulu. Pemeriksaan terutama dilakukan terhadap limbah keramik dan agregat halus. Pengujian bahan meliputi uji penyerapan air agregat, pemeriksaan gradasi limbah keramik dan agregat halus, serta pemeriksaan berat jenis agregat (Ahmad et al., 2017). Untuk bahan semen dan air, dilakukan uji visual. Berikutnya dilakukan perancangan campuran beton, pembuatan benda uji silinder dan perawatan beton. Proporsi bahan campuran beton direncanakan sesuai metode yang disarankan dalam SK.SNI.T-15-1990-03.

Adukan beton dibuat sesuai dengan proporsi masing-masing bahan yang telah direncanakan sebelumnya. Uji *slump* dilakukan pada campuran beton segar hingga mencapai kekentalan yang baik. Benda uji dicetak menggunakan cetakan silinder dari besi. Setelah mengeras, beton dikeluarkan dari

cetakan dan direndam dalam air bersih selama 28 hari.

Benda uji silinder kemudian digunakan untuk memeriksa pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus terhadap densitas (*unit weight*), penyerapan air (*absorption*) dan kuat tekan beton. Pengujian densitas atau *unit weight* mengacu pada prosedur yang disarankan ASTM C138. Pemeriksaan *unit weight* spesimen beton memberikan informasi apakah beton masuk dalam kategori beton ringan atau beton normal. Dalam studi ini, pemeriksaan *unit weight* ditujukan untuk mengetahui perbedaan *unit weight* spesimen beton dengan variasi persentase penggantian pasir dengan limbah keramik.

Prosedur pengujian penyerapan air (*absorption*) beton mengacu pada ASTM C642. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur banyaknya air yang masuk ke spesimen beton ketika direndam. Semakin kecil nilai absorpsi, semaik baik beton yang dihasilkan. Durabilitas beton berkaitan erat dengan karakteristik struktur pori beton. Mekanisme dergradasi beton seringkali bergantung pada bagaimana substansi yang berpotensi merusak beton dapat meresap ke dalam beton (De Schutter & Audenaert, 2004). Pengujian penyerapan air beton dengan cara perendaman sering digunakan sebagai salah satu metode pengukuran durabilitas beton. Sementara itu, prosedur pengujian kuat tekan beton silinder mengacu pada ASTM C39. Pengujian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi penggantian pasir dengan limbah keramik terhadap kuat tekan spesimen beton.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Material Penyusun Beton

#### 1. Semen Portland

Semen yang digunakan dalam campuran penelitian ini adalah semen tipe 1 yang memiliki berat jenis 3,17 gr/cm<sup>3</sup>, pengujian berat jenis semen mengacu pada ASTM C188.

#### 2. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Pada pengujian terhadap abu terbang (*fly ash*) yang dilakukan dalam penelitian hanya meliputi berat jenis. Berat jenis dari abu terbang (*fly ash*) yaitu sebesar 3,16 gr/cm<sup>3</sup>, *fly*

ash ini akan digunakan sebagai bahan campuran semen.

### 3. Agregat Halus

Pada agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami dan limbah keramik. Pemeriksaan gradasi agregat halus ini meliputi beberapa pengujian. Pengujian yang dilakukan beserta hasilnya terangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Standar	Hasil Pengujian
Analisa Saringan Pasir Alami	ASTM C136	<i>Fineness Modulus (FM)</i> = 3,43
Analisa Saringan Limbah Keramik	-	<i>Fineness Modulus (FM)</i> = 3,41
Berat Jenis <i>Saturated Surface Dry</i> Pasir Alami	ASTM C128	2,62
Berat Jenis <i>Saturated Surface Dry</i> Limbah Keramik	-	2,53
Penyerapan Pasir Alami	ASTM C128	1,17%
Penyerapan Limbah Keramik	-	2,35%

Dari Tabel 2, terlihat bahwa pasir alami dan limbah keramik memiliki nilai *fineness modulus* dan berat jenis *saturated surface dry* yang hampir sama. Sementara itu, terdapat perbedaan nilai penyerapan pada agregat halus berupa pasir dan limbah keramik. Penyerapan limbah keramik lebih besar, yaitu 2.35%. Umumnya, penyerapan air agregat halus maksimal berada di kisaran 3%, sehingga baik pasir maupun limbah keramik masih masuk dalam kriteria. Karakteristik agregat halus yang digunakan memiliki nilai analisa saringan yang memasuki daerah gradasi II yaitu agregat agak kasar.

### 4. Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, keausan, berat jenis dan penyerapan. Hasil pengujian agregat kasar berupa kerikil dari batu pecah terangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

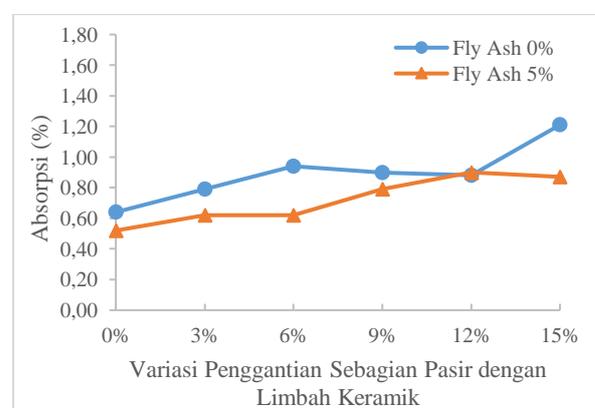
Jenis Pengujian	Standar	Hasil Pengujian
Analisa saringan	ASTM C136	Besar butiran max 20mm, <i>Fineness Modulus (FM)</i> = 5,86
Keausan dengan mesin Los Angeles	ASTM C131	28,80 %
Berat jenis	ASTM C128	2,68
Penyerapan	ASTM C128	1,22%

Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran maksimum 20 mm dengan *fineness modulus* 5,86. Berat jenis agregat kasar didapat sebesar 2,68.

### Pengujian Spesimen Beton

#### 1. Absorpsi

Pengujian absorpsi dilakukan untuk mengetahui nilai penyerapan air pada beton. Dari grafik hubungan persentase penggantian limbah keramik sebagai agregat halus dengan nilai absorpsi beton (Gambar 1) dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak campuran limbah keramik, dengan atau tanpa penambahan 5% fly ash, absorpsi spesimen beton juga semakin mengalami kenaikan.



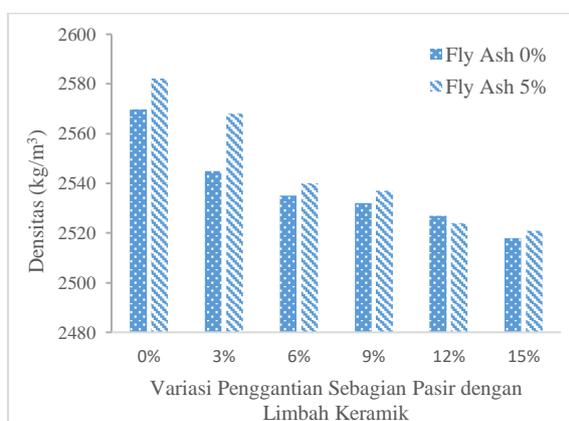
Gambar 1. Pengaruh Variasi Persentase Penggantian Agregat Halus Limbah Keramik dengan Absorpsi Spesimen Beton

Beton normal, yaitu spesimen dengan campuran 0% limbah keramik tanpa penambahan *fly ash* 5%, mempunyai nilai absorpsi sebesar 0,64%, lebih tinggi dibandingkan spesimen beton tanpa campuran limbah keramik namun dengan penambahan 5% *fly ash* (nilai absorpsi 0,52%). Dari hasil ini, penambahan *fly ash* dapat mengurangi absorpsi beton. Hasil ini konsisten untuk spesimen dengan level penggantian limbah keramik hingga 15% dari total agregat halus, dimana spesimen dengan penambahan *fly ash* cenderung memiliki nilai absorpsi yang lebih baik. Reaksi *pozzolanic fly ash* menghasilkan gel C-S-H tambahan yang membuat mikro struktur beton lebih rapat, sehingga mengurangi jumlah air yang terserap oleh beton (Sun et al., 2019).

Penyerapan air atau absorpsi paling tinggi dicapai pada spesimen dengan campuran limbah keramik 15% dan tanpa penambahan *fly ash*. Hal ini diduga akibat limbah keramik memiliki penyerapan agregat yang lebih besar daripada pasir. Faktor ini juga yang menyebabkan tren absorpsi beton yang semakin meningkat, dimana semakin tinggi persentase campuran limbah keramik maka penyerapan air pada spesimen beton juga semakin meningkat. Adanya peningkatan nilai absorpsi tentu berdampak negatif terhadap durabilitas beton.

## 2. Densitas (*Unit Weight*)

Pengujian densitas beton dilakukan untuk mengetahui nilai kerapatan beton, atau *unit weight* dari spesimen beton.

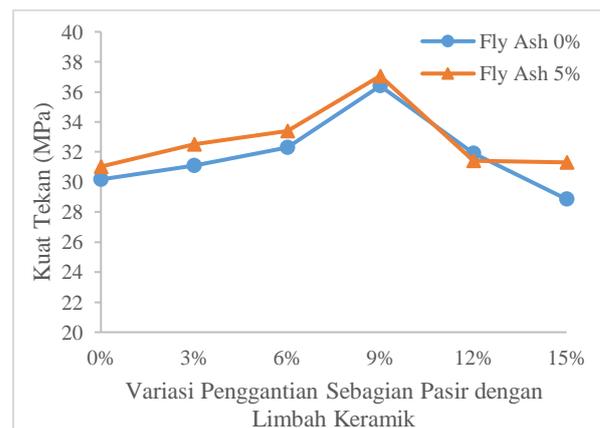


Gambar 2. Pengaruh Variasi Persentase Penggantian Agregat Halus Limbah Keramik dengan Densitas Spesimen Beton

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan persentase campuran limbah keramik sebagai agregat halus dengan densitas beton salam satuan  $\text{kg/m}^3$ . Dari grafik tersebut, terlihat penambahan *fly ash* tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap *unit weight* spesimen beton. Namun, terdapat tren yang menurun, dimana semakin tinggi persentase penggantian limbah keramik sebagai agregat halus, densitas beton akan semakin menurun. Spesimen beton dengan 0% limbah keramik memiliki densitas sekitar  $2570 \text{ kg/m}^3$ , sedangkan spesimen dengan 15% limbah keramik memiliki densitas sekitar  $2520 \text{ kg/m}^3$ . Hasil ini konsisten dengan berat jenis limbah keramik yang cenderung lebih kecil dibandingkan pasir. Semakin banyak limbah keramik yang menggantikan pasir, maka *unit weight* beton secara keseluruhan akan menurun.

## 3. Kuat Tekan

Grafik hubungan persentase penggantian limbah keramik sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Variasi Persentase Penggantian Agregat Halus Limbah Keramik dengan Kuat Tekan Spesimen Beton

Terlihat bahwa penambahan *fly ash* tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kuat tekan spesimen beton. Spesimen beton diuji kekuatannya saat berumur 28 hari, sedangkan salah satu karakteristik beton *fly ash* adalah peningkatan kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton normal (tanpa penambahan *fly ash*). Hal ini akibat aktivitas

*pozzolanic fly ash* yang tertunda (Anandan & Manoharan, 2015). Semakin lama umur beton, beton dengan *fly ash* dapat memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan 100% Portland semen (Kosior-Kazberuk & Lelusz, 2007).

Sementara itu, tren kuat tekan mengalami peningkatan seiring penambahan persentase penggantian pasir dengan limbah keramik sebagai agregat halus hingga level penggantian 9%. Di level penggantian yang lebih tinggi, tren kuat tekan mengalami penurunan. Kuat tekan tertinggi dicapai saat level penggantian 9% (37 MPa) dan kuat tekan terendah dialami spesimen dengan level penggantian 15% (29 MPa). Hasil ini selaras dengan penelitian pendahuluan oleh Karimah (2017), yang menunjukkan adanya tren peningkatan kuat tekan saat sebagian agregat kasar berupa kerikil digantikan oleh limbah keramik hingga batas penggantian 40%. Tingkat penyerapan limbah keramik yang tinggi dapat menyebabkan sebagian air pada pasta semen terserap oleh agregat, menghasilkan *workability* yang rendah dan pemadatan beton menjadi tidak optimal (Widyawati, 2011). Hal ini diduga menjadi salah satu penyebab nilai kuat tekan yang menurun saat persentase pencampuran limbah keramik terlalu tinggi.

## KESIMPULAN

Beton ramah lingkungan dapat dibuat dengan mengganti salah satu bahan penyusunnya dengan bahan alternatif yang menurunkan risiko kerusakan lingkungan. Pada studi ini, pasir alami sebagai agregat halus digantikan sebagian oleh limbah keramik. *Fly ash* ditambahkan dalam campuran beton untuk memperbaiki properti beton segar dan beton keras. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan limbah keramik sebagai pengganti sebagian agregat halus menaikkan nilai absorpsi beton, yang dapat berdampak buruk terhadap durabilitas beton. Penambahan *fly ash* dapat mengurangi penyerapan air pada beton, namun tidak secara signifikan. *Unit weight* beton menurun seiring penambahan persentase limbah keramik sebagai pengganti pasir. Sementara itu, spesimen dengan kuat tekan tertinggi dicapai pada spesimen dengan persentase campuran limbah keramik 9% dari total agregat halus. Dari hasil eksperimen, limbah keramik dapat digunakan sebagai alternatif

agregat halus tapi hanya hingga batas tertentu. Namun, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan terkait aspek durabilitas beton dengan limbah keramik sebagai alternatif pengganti agregat halus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. A., Pertiwi, N., & Taufieq, N. A. S. (2017). Sifat Workability Beton Ramah Lingkungan. In *Seminar Nasional LP2M UNM* (Vol. 2, No. 1).
- Anandan, S. & Manoharan, S. V. (2015). Strength properties of processed fly ash concrete. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 47(3), 320–334. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2015.47.3.7>
- De Schutter, G. & Audenaert, K. (2004). Evaluation of water absorption of concrete as a measure for resistance against carbonation and chloride migration. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 37(273), 591–596. <https://doi.org/10.1617/14045>
- Karimah, R. (2017). Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan pada Beton Ringan Ramah Lingkungan. In *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)* (No. 3).
- Kirthika, S. K., Surya, M. & Singh, S. K. (2019). Effect of clay in alternative fine aggregates on performance of concrete. *Construction and Building Materials*, 228, 116811. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILD.MAT.2019.116811>
- Kosior-Kazberuk, M. & Lelusz, M. (2007). Strength development of concrete with fly ash addition. *Journal of Civil Engineering and Management*, 13(2), 115–122. <https://doi.org/10.1080/13923730.2007.9636427>
- S.O., F. (2016). Absorption Characteristics of Cement Combination Concrete Containing Portland Cement, fly ash, and Metakaolin. *Civil Engineering Dimension*, 18(1), 57–64. <https://doi.org/10.9744/ced.18.1.57-64>
- Sun, J., Zhang, Y., Shen, X., Tan, G. & Tanner, J. (2019). Water absorption of high volume fly ash concrete prepared by

local fly ash. *15th International Congress on the Chemistry of Cement, September, 3-7.*

Wicaksono, K. D., & Sudjati, J. J. (2012). Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Kasar Dalam Adukan Beton.

Widyawati, R. (2011). Studi Kuat Tekan Beton Beragregat Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung, 15(3)*, 140975.

