

**Pengaruh Substitusi Semen dengan Limbah Pertanian Pada Beton Ringan Struktural**

Dwi Nurtanto <sup>1\*)</sup>, Muhammad Fahad Kustantiyo <sup>2)</sup>, Nanin Meyfa Utami <sup>3)</sup>, Hernu Suyoso <sup>4)</sup>  
<sup>1,2,3,4)</sup> Universitas Jember

<sup>1)</sup> [dwinurtanto999@gmail.com](mailto:dwinurtanto999@gmail.com), <sup>2)</sup> [kustantiyofahad@gmail.com](mailto:kustantiyofahad@gmail.com),

<sup>3)</sup> [nanin.meyf@gmail.com](mailto:nanin.meyf@gmail.com), <sup>4)</sup> [hernu.suyoso@gmail.com](mailto:hernu.suyoso@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6246>

***Effect of Cement Substitution with Agricultural Waste on Lightweight Structural Concrete*****ABSTRACT**

This study compares the shattering strength, volume weight between lightweight concrete and concrete by replacing part of the Portland cement (PC) with agricultural waste. The agricultural waste in question is rice husk and sugarcane bagasse. The use of agricultural waste is as a substitute for cement because it has quite high pozzolanic properties. Use of this agricultural waste by burning sugarcane bagasse and rice husk with a certain temperature so that it becomes ash. Sugarcane waste is taken from Bondowoso Prajekan Sugar Mill, burned at 8000C for 8 hours. Rice waste is taken from the rice factory waste in Kalisat Jember, burned at 8500C for 45 minutes. The silica content of the combustion products was 59.5% and 79.5%, respectively. The percentage of partial PC replacement is 5%, 10%, 15%, and 20%, with a ratio of bagasse ash (BA) to rice husk ash (RHA) is 1: 1. The test was carried out at 28 days in the form of a 10 x 20 cm slender test object. The highest yield of crushing strength in specimens with PC substitution of 5% and the lowest volume weight in specimens with cement replacement of 20%.

**Keyword:** lightweight structural concrete, bagasse ash, rice husk ash

**ABSTRAK**

Study ini membandingkan kuat hancur, berat volume antara beton ringan dengan beton dengan mengganti sebagian semen (PC) dengan limbah pertanian. Limbah pertanian yang dimaksud adalah sekam padi dan ampas tebu. Penggunaan limbah pertanian tersebut sebagai material pengganti semen dikarenakan mempunyai sifat pozzolan yang cukup tinggi. Pemakaian limbah pertanian ini dengan membakar ampas tebu dan sekam padi dengan suhu tertentu sehingga menjadi abu. Limbah tebu diambil dari Pabrik Gula Prajekan Bondowoso, dibakar dengan suhu 8000C selama 8 jam. Limbah Padi diambil dari limbah Pabrik Padi di Kalisat Jember, dibakar dengan suhu 8500C selama 45 menit. Kandungan silika dari hasil pembakaran tersebut masing-masing sebesar 59,5% dan 79,5% . Prosentase pengganti sebagian PC sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%, dengan perbandingan campuran abu ampas tebu (AAT) dan abu sekam padi (ASP) adalah 1:1. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan bentuk benda uji silinder berukuran 10x20 cm. Hasil kuat hancur tertinggi pada benda uji dengan substitusi PC sebesar 5% dan berat volume yang terendah pada benda uji dengan pengantian semen sebesar 20%.

**Kata Kunci:** beton ringan struktural, abu ampas tebu, abu sekam padi

**PENDAHULUAN**

Peningkatan penggunaan PC dapat dilihat meningkatnya kebutuhan beton pada pembangunan konstruksi, tentunya hal tersebut berdampak buruk terhadap lingkungan karena setiap pembuatan semen dihasilkan gas CO<sub>2</sub> yang terlepas di atmosfer ketika kalsium karbonat dipanaskan dan memproduksi kapur (Reza et al. 2013)(Gupta, Chandrakar, and Ash 2017)(Amran et al. 2020)(Pasupathy et al. 2017)(Torres-Carrasco and Puertas 2017)(Fairbairn et al. 2010)(Bajpai et al. 2020)(Hassan, Arif, and Shariq 2019). Penggantian PC dengan limbah pertanian, Abu Sekam Padi (ASP) dan Abu Ampas Tebu (AAT) diharapkan dapat mengurangi pelepasan

kadar CO<sub>2</sub> di udara yang bisa menimbulkan pemanasan global. Sekam padi banyak ditemukan di tempat penggilingan padi, dan produksinya cukup besar sekitar 20% sampai 30% dari berat padi. Abu sekam padi (ASP) banyak ditemui pada daerah pembuatan batu bata dan genteng tanah liat, dimana dibuat bahan pembakaran. Abu ampas tebu (AAT) banyak didapatkan pada pabrik gula. Kedua limbah pertanian tersebut akan dibakar pada suhu tertentu untuk menghasilkan abu yang kandungan pozzolannya cukup besar. Pemfaatan kedua material tersebut dalam produksi beton belum optimal, sehingga banyak peneliti memakainya dalam penelitian beton

**Article History:**

**Received:** December, 31<sup>st</sup> 2019; **Accepted:** May, 10<sup>th</sup> 2020

**REKAYASA** ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8<sup>th</sup>, 2019 effective until 2023

**Cite this as:**

Nurtanto, D. Kustantiyo, M.F. Utami, N.M. & Suyoso, H. (2020). Pengaruh Substitusi Semen dengan Limbah Pertanian Pada Beton Ringan Struktural. *Rekayasa*, 13(2), 112-117. doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6246>  
© 2020 Author(s)

(Bahurudeen et al. 2015) (Maufida, Nurtanto, and Hasanuddin 2016) (Nugroho et al. 2017) (Suhirkam and Latief 2013) (Nuaklong et al. 2020)(Fairbairn et al. 2010) (Yulianto and Mukti 2016) (Soeswanto and Lintang 2016) (Akasaki et al. 2016) (Barbosa et al. 2013).

Berat jenis beton ringan dalam peraturan SNI tidak boleh lebih dari  $1850 \text{ kg/m}^3$  (Badan Standardisasi Nasional-BSN 2013). Untuk mendapatkan berat jenis tersebut maka harus dilakukan penggantian sebagian atau keseluruhan agregat kasar yang mempunyai berat jenis ringan. Batu skroia ini berasal akibat letusan gunung Kelud di Kediri. Pemanfaatannya sendiri batu skoria masih digunakan sebagai filter air pada kolam ikan, sedangkan untuk material konstruksi masih belum digunakan. Pengurangan berat jenis beton bisa digunakan dengan membuat porositas pada beton, (Raka, Tavo, and Tripriyono 2010)(Bayuaji 2014)(Nurtanto 2017). Batu skoria adalah jenis batuan yang memiliki berat isi kering sebesar  $756.14 \text{ kg/m}^3$  yang dapat digunakan untuk beton ringan struktural. Penggunaan batu skoria sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton ringan struktural. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan optimum AH-AK 1,3 dan A-S 3,25 mempunyai berat isi  $1839,69 \text{ Kg/m}^3$  dengan kuat tekan  $23,5 \text{ MPa}$ . (Suseno 2013)

Semen portland secara umum sering digunakan pada pembangunan proyek kontruksi di Indonesia, tetapi semen portland juga dapat mempengaruhi kondisi lingkungan karena proses produksinya mengeluarkan gas  $\text{CO}_2$  yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Melihat hal tersebut guna meminimalkan penggunaan semen dalam pembuatan beton tanpa mengesampingkan dari kualitas beton, perlu adanya alternatif lain dalam mereduksi penggunaan semen. Adapun alternatif pemecah permasalahan tersebut adalah dengan penggunaan bahan ikat berupa abu limbah pertanian di atas.

Penelitian terdahulu dengan menggantikan Portland Cement (PC) dengan limbah pertanian (ASP dan AAT) karakteristik mekanik beton bisa meningkat. Dalam penelitian ini untuk mengembangkan beton ringan struktural dalam kuat tekan dan berat volume, dengan

mengantikan PC dengan ASP dan AAT sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Agregat kasar yang dipakai adalah batu skoria.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

1. Semen PCC.
2. Pasir dari Garahan, Jember.
3. Batu skoria dari Gunung Kelud, Kediri.
4. AAT dari Pabrik Gula Prajekan, Bondowoso, dibakar dengan suhu  $850^\circ\text{C}$  selama 45 menit.
5. ASP dari Pabrik Sumberjeruk, Kalisat Jember, dibakar dengan suhu  $850^\circ\text{C}$  selama 45 menit.
6. Air PDAM Jember

### Benda Uji

Benda uji berbentuk silinder berukuran  $10 \times 20 \text{ cm}$ , dengan tes hancur dan berat isi setelah berumur 28 hari.

### Campuran Beton

Untuk menghasilkan kuat tekan karakteristik,  $f_c' = 17,24 \text{ MPa}$ , membutuhkan campuran material pembentuk beton yang dilihat pada tabel 1.

Beton dari batu skoria tanpa perkuatan (BS) dan dari batu skoria dengan perkuatan (BSC). Batu skoria diperkuat dengan cara dimasukan dalam pasta semen selama 5 menit. Pasta semen dengan faktor air semen 0,5.

Tabel 1. Campuran beton normal per  $\text{m}^3$

| No | Bahan       | Berat ( $\text{kg/m}^3$ ) |
|----|-------------|---------------------------|
| 1  | PPC         | 396,6                     |
| 2  | Air         | 237,96                    |
| 3  | Pasir       | 793,20                    |
| 4  | Batu Skoria | 700                       |

Tabel 2. Prosentase AAT dan ASP dari berat PC

| Kode Benda Uji | Prosentase (%) |      |      |
|----------------|----------------|------|------|
|                | PC             | AAT  | ASP  |
| BS0            | 100            | 0    | 0    |
| BSC0           | 100            | 0    | 0    |
| BS1            | 95             | 2,5  | 2,5  |
| BSC1           | 95             | 2,5  | 2,5  |
| BS2            | 90             | 5    | 5    |
| BSC2           | 90             | 5    | 5    |
| BS3            | 85             | 12,5 | 12,5 |
| BSC3           | 85             | 12,5 | 12,5 |
| BS4            | 80             | 10   | 10   |
| BSC4           | 80             | 10   | 10   |

### Presentase Penggantian Semen

Prosentase pengganti sebagian PC dengan kombinasi AAT dan ASP terhadap berat adalah sebagai berikut:

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian Pasir dan Batu Skoria

##### Pengujian AAT

Pengujian AAT dilakukan 3 jenis pengujian, yaitu:

1. BJ sebesar 2,71.
2. Pengujian XRF didapatkan kandungan silikanya sebesar 59,5%.
3. Pengujian XRD didapatkan jenis fasa kristal yaitu kristal *amorf*.

##### Pengujian ASP

Pengujian ASP dilakukan 3 jenis pengujian, yaitu:

1. BJ sebesar 2,81.
2. Pengujian XRF didapatkan kandungan silikanya 79,5%.
3. Pengujian XRD didapatkan jenis fasa kristal yaitu kristal *amorf*.

Tabel 3. Pengujian Pasir

| No | Jenis Pengujian             | Nilai                    |
|----|-----------------------------|--------------------------|
| 1  | BJ Pasir                    | 2,17                     |
| 2  | Penyerapan air              | 13,9%                    |
| 3  | BV pasir                    | 1185,3 kg/m <sup>3</sup> |
| 4  | Analisa saringan            | Zona 2                   |
| 5  | Kadar air                   | 18,14%                   |
| 6  | Kadar lumpur sebelum dicuci | 11,489%                  |
| 7  | Kadar lumpur setelah dicuci | 0,78%                    |

Tabel 4. Pengujian Batu Skoria

| No | Jenis Pengujian                           | Nilai                    |
|----|---|--------------------------|
| 1  | BJ Batu Skoria                            | 1,75                     |
| 2  | BJ batu skoria <i>coating</i>             | 1,6                      |
| 3  | Penyerapan air batu skoria                | 17,25%                   |
| 4  | Penyerapan air batu skoria <i>coating</i> | 16,17%                   |
| 5  | BV batu skoria                            | 814,34 kg/m <sup>3</sup> |
| 6  | Analisa saringan                          | Gradasi maks. 20 mm      |
| 7  | Kadar lumpur setelah dicuci               | 0,78%                    |
| 8  | Kadar air batu skoria                     | 5,49%                    |
| 9  | Kadar air batu skoria <i>coating</i>      | 1,93%                    |

Tabel 5. Tes Slump

| Kode Benda Uji | Slump (cm) | Penambah Air |
|----------------|------------|--------------|
| BS0            | 8          | 1,01         |
| BS1            | 6,5        | 0,94         |
| BS2            | 8,6        | 1,06         |
| BS3            | 8,0        | 1,06         |
| BS4            | 9,0        | 1,10         |
| BSC0           | 7          | 0,38         |
| BSC1           | 6,5        | 0,36         |
| BSC2           | 8,0        | 0,41         |
| BSC3           | 7,0        | 0,41         |
| BSC4           | 8,7        | 0,49         |

### Pengujian Beton Segar

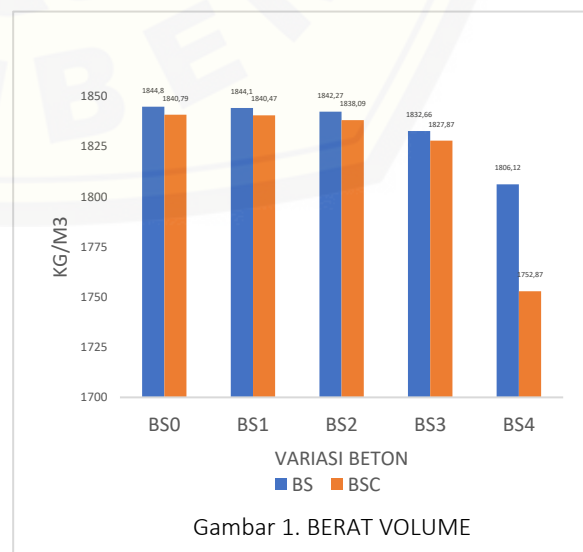
Dimaksudkan untuk menentukan tingkat *workability* beton. Acuan pengujian slump pada penelitian ini adalah  $8 \pm 2$  cm.

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa seluruh kode benda uji pada penelitian ini diperoleh berkisar antara 6,5-9 cm. Penambahan air seiring dengan bertambahnya jumlah prosentase AAT tebu dan ASP ini dikarenakan kedua material mempunyai sifat menyerap air yang lebih banyak (Yulianto and Mukti 2016). Penambahan air pada beton BS cenderung lebih banyak bila dibandingkan pada beton BSC. Hal ini disebabkan karena lapisan permukaan batu skoria *coating* yang sebelumnya berpori kini telah tertutupi dengan lapisan pasta semen, sehingga air yang akan masuk kedalam pori batu skoria *coating* cenderung lebih sedikit ketimbang batu skoria tanpa *coating*.

### Pengujian Berat Volume Beton

Tabel 6. Rata-Rata Berat Isi

| Kode Benda Uji | Rata-Rata Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------|--|
| BS0            | 1844,80                                  |
| BS1            | 1844,10                                  |
| BS2            | 1842,27                                  |
| BS3            | 1832,66                                  |
| BS4            | 1806,12                                  |
| BSC0           | 1840,79                                  |
| BSC1           | 1840,47                                  |
| BSC2           | 1838,09                                  |
| BSC3           | 1827,87                                  |
| BSC4           | 1752,87                                  |



Gambar 1. BERAT VOLUME



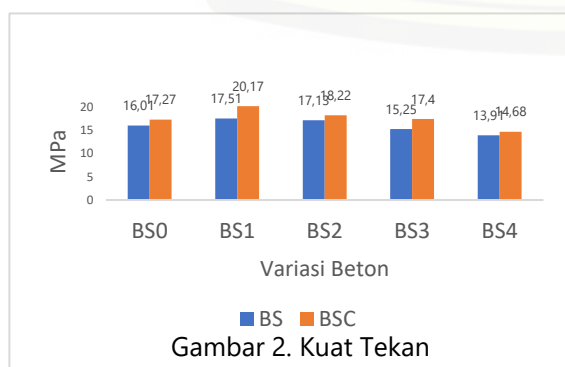
Hasil dari Tabel 6. dan Gambar 1. terlihat bahwa pengaruh dari substitusi AAT, ASP terhadap PC beserta pemakaian batu skoria pada beton ringan struktural semua campuran memenuhi dari persyaratan berat volume yaitu 1440 – 1850 kg/m<sup>3</sup> (Badan Standardisasi Nasional-BSN 2002). Semakin bertambahnya prosentase substitusi PC dengan AAT dan ASP beratnya akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan berat jenis dari AAT yaitu 2,71 dan ASP yaitu 2,81 lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis semen yaitu sebesar 3,14. Adanya *treatment coating*, perkuatan batu skoria juga mempengaruhi dari segi berat isi beton diketahui pada penggunaan BS secara keseluruhan mempunyai nilai prosentase rata-rata berat isi beton lebih besar yaitu rata rata sebesar 0,52% dibandingkan dengan penggunaan BSC. Hal ini dikarenakan adanya *treatment coating* batu skoria yaitu dengan perbaikan permukaan menggunakan pasta sehingga bisa menutupi permukaan BS, mengurangi rongga udara. Ini dibuktikan adanya berat jenis ssd BS sebelum *coating* sebesar 1,75 dan sesudah *coating* sebesar 1,6.

### Kuat Hancur Beton

Untuk mendapatkan kuat hancur karakteristik beton,  $f_c'$ , dilakukan pengujian pada umur 28 hari. Pada pembuatan beton ringan struktural ini direncanakan dengan mutu 17,24 Mpa.

Tabel 7. Kuat Tekan Beton

| Kode Benda Uji | Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) |
|----------------|----------------------------|
| BS0            | 16,01                      |
| BS1            | 17,51                      |
| BS2            | 17,13                      |
| BS3            | 15,25                      |
| BS4            | 13,91                      |
| BSC0           | 17,27                      |
| BSC1           | 20,17                      |
| BSC2           | 18,22                      |
| BSC3           | 17,40                      |
| BSC4           | 14,68                      |



Dari Tabel 7. dan Gambar 2. terlihat bahwa pengaruh pergantian PC dengan AAT dan ASP mempengaruhi kuat tekan beton. Dengan pergantian PC sebesar 5% dengan AAT dan ASP, kuat tekannya paling optimal baik untuk perlakuan batu skoria dengan dan tanpa coating. Semakin bertambahnya substitusi PC, kuat tekannya akan menurun, hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya AAT dan ASP semakin banyak pula air yang dibutuhkan pada campuran, faktor air semen akan meningkat dan nilai workability menurun, karena airnya banyak diserap sama ASP dan AAT (Yulianto and Mukti 2016). Dengan substitusi PC sebesar 5% , ASP dan AAT akan lebih bereaksi lebih baik dengan kapur bebas hasil hidrasi semen dan membentuk calcium aluminat hidrat (C-A-H) dan calcium silikat hidrat (C-S-H), sehingga hasil reaksinya membantu dalam menutupi rongga antar agregat sebagai pembentuk beton yang sifatnya mikrofiller sehingga menambah kekuatan dari beton (Soeswanto and Lintang 2016)(Nugroho et al. 2017). Untuk batu skoria coating pada kode benda uji BSC secara keseluruhan mempunyai nilai prosentase rata-rata kuat tekan yang lebih besar yaitu 10,18% dibandingkan dengan penggunaan batu skoria pada kode benda uji BS. Dengan adanya perlakuan coating pada batu skoria membuat kuat hancur batunya lebih besar daripada batu skoria biasa. Pada sampel beton yang tidak mencapai kuat hancur rencana adalah BS0, BS2, BS3, BS4 dan BSC4. Sedangkan benda uji yang paling besar kuat tekannya pada BSC2.

### KESIMPULAN

1. Kadungan senyawa SiO<sub>2</sub> ditinjau dari pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk AAP adalah sebesar 59,5% dan ASP sebesar 79,7%. Ditinjau dari pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dan kedua material tersebut memiliki jenis fasa kristal *amorf*.
2. Dengan semakin banyak substitusi PC dengan AAP dan ASP semakin banyak penambahan air untuk mencapai nilai slump yang sama
3. Pergantian PC dengan AAT dan ASP sebesar 5% merupakan campuran yang optimal dalam penelitian ini.
4. Dengan perlakuan batu skoria yang dicoating akan menambah kuat tekan dan mengurangi berat volume beton ringan struktural.

**SARAN**

- Batu skoria di perkutan dengan faktor air semen yang berbeda dan waktu peredaman lebih lama.
- Penelitian ini dapat dikembangkan Self Compacting Concrete.
- Penelitian ini dapat dikembangkan dengan penambahan bahan kimia, supaya penambahan air dihindarkan untuk mencapai nilai slump yang direncanakan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Akasaki, J. et al. 2016. "Assessment of the Maturity Concept in Concrete with Addition of Rice Husk Ash." *Revista Ingenieria de Construccion* 31(3): 175–82.
- Amran, Y. H.Mugahed, Rayed Alyousef, Hisham Alabduljabbar, and Mohamed El-Zeadani. 2020. "Clean Production and Properties of Geopolymer Concrete; A Review." *Journal of Cleaner Production* 251.
- Badan Standardisasi Nasional-BSN. 2002. "SNI 03-3449 Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan."
- . 2013. *SNI 2847: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta, Indonesia: SNI.
- Bahurudeen, A, Deepak Kanraj, V Gokul Dev, and Manu Santhanam. 2015. "Performance Evaluation of Sugarcane Bagasse Ash Blended Cement in Concrete." *Cement and Concrete Composites* 59: 77–88.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946515000347>.
- Bajpai, Rishabh et al. 2020. "Environmental Impact Assessment of Fly Ash and Silica Fume Based Geopolymer Concrete." *Journal of Cleaner Production* 254: 120147.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620301943>.
- Barbosa, M. B. et al. 2013. "Impact Strength and Abrasion Resistance of High Strength Concrete with Rice Husk Ash and Rubber Tires." *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* 6(5): 811–20.
- Bayuaji, Ridho. 2014. "Studi Kuat Tekan Beton Porus Sebagai Material Alternatif Batu Bata Dengan Metode Taguchi." *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 12(1): 57.
- Fairbairn, Eduardo M R et al. 2010. "Cement Replacement by Sugar Cane Bagasse Ash: CO2 Emissions Reduction and Potential for Carbon Credits." *Journal of Environmental Management* 91(9): 1864–71.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971000109X>.
- Gupta, Sugandha, Gaurav Chandrakar, and Fly Ash. 2017. "Experimental Studies on Fly Ash Based Geopolymer Concrete without Portland Cement-An Eco Friendly Construction." *International Journal of Engineering Science and Computing* 7(5): 11514–20.
- Hassan, Amer, Mohammed Arif, and M. Shariq. 2019. "Use of Geopolymer Concrete for a Cleaner and Sustainable Environment – A Review of Mechanical Properties and Microstructure." *Journal of Cleaner Production* 223: 704–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.051>.
- Maufida, Amalia, Dwi Nurtanto, and Ahmad Hasanuddin. 2016. *PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN PERLAKUAN PERENDAMAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT*.
- Nuaklong, Peem et al. 2020. "Influence of Rice Husk Ash on Mechanical Properties and Fire Resistance of Recycled Aggregate High-Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete." *Journal of Cleaner Production* 252.
- Nugroho, Ananto, Arif Rahman Saleh, Jl Rawamangun Muka, and Jakarta Timur Surel. 2017. "Utilization of Baggase Ash on Lightweight Foamed Concrete." *Jurnal Permukiman* 12(1): 20–24.
- Nurtanto, Dwi. 2017. "Kontribusi Kuat Lentur Polikarbonat Pada Pelat Beton Berpori." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan* 1(4): 1–6.
- Pasupathy, Kirubajiny et al. 2017. "Durability of Low-calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete Culvert in a Saline Environment." *Cement and Concrete Research* 100(January): 297–310.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.07.010>.

- Raka, I Gusti Putu, Tawio, and Dionisius Tripriyono. 2010. "Beton Agregat Ringan Dengan Substitusi Parsial Batu Apung Sebagai Agregat Kasar." *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)* 4(KoNTekS 4): 173–80.
- Reza, Bahareh et al. 2013. "Environmental and Economic Aspects of Production and Utilization of RDF as Alternative Fuel in Cement Plants: A Case Study of Metro Vancouver Waste Management." *Resources, Conservation and Recycling* 81: 105–114.
- Soeswanto, Bambang, and Ninik Lintang. 2016. "Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Menjadi Natrium Silikat." *Jurnal Fluida* 7(1): 18–22.
- Suhirkam, Djaka, and A Latief. 2013. "Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Beton K-400." 6: 3–8.  
<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/article/view/417%0D>.
- Suseno, Hendro. 2013. "Penggunaan Batuan Skoria Dari Gunung Kelud Blitar Sebagai Agregat Kasar Pada Beton Ringan Struktural." *Jurnal Rekayasa Sipil* 7(2): 149–56.
- Torres-Carrasco, M., and F. Puertas. 2017. "Alkaline Activation of Different Aluminosilicates as an Alternative to Portland Cement: Alkali Activated Cements or Geopolymers." *Revista Ingenieria de Construccion* 32(2): 5–12.
- Yulianto, Faisal Estu, and M. Hazin Mukti. 2016. "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Pada Kuat Tekan Beton Campuran 1 Pc: 2 Ps: 3 Kr." *ResearchGate*.