

## EFEK PENGGUNAAN PASIR BATU APUNG SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON RINGAN

Abdul Gaus<sup>1</sup>, Mufti Amir Sultan<sup>1,\*</sup>, Raudha Hakim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Khairun, Ternate, Maluku Utara, Indonesia

\*Corresponding authors: [muftiaslt@unhair.ac.id](mailto:muftiaslt@unhair.ac.id)

Submitted: 9 June 2022, Revised: 1 October 2022, Accepted: 26 October 2022

**ABSTRACT:** Lightweight concrete is obtained using pumice sand as a substitute for fine aggregate. The expected advantage of lightweight concrete is to reduce the self-weight of the concrete, which is a dead load on the structure. This study aims to determine the effect of using pumice sand on concrete volume weight, compressive and tensile strength. Research methods with testing in the laboratory. The test object used is cylindrical with a height of 30 cm and a diameter of 15 cm, according to SNI-03-1974. The coarse aggregate of pumice and the fine aggregate of pumice sand were sourced from the Dowora quarry on Tidore Island. Fine aggregate in control specimens using normal sand from the Kalumata quarry on Ternate Island. Using pumice sand as fine aggregate with a ratio of 75% normal sand, 20% pumice sand, 50% normal sand and 50% pumice sand, 25% normal sand and 75% pumice sand, and 100% pumice sand. Control test object using 100% normal sand. Each variation of the test object is ten pieces, so that the total test object is 50. The results of this study indicate that the volume weight decreased along with the addition of pumice sand weight into the concrete mixture. Therefore, If the volume of concrete produced is  $< 1900 \text{ kg/m}^3$ , the concrete is classified as lightweight. The resulting compressive strength of  $56.63 \text{ kg/cm}^2$  decreased to 81.10% of the control test object. The split tensile strength of concrete is  $1.13 \text{ kg/cm}^2$ , or a decrease of 52.05% of the control test object. Based on the compressive and tensile strength, concrete is categorized as lightweight structural concrete as an insulator.

**KEYWORDS:** compressive strength; lightweight concrete; pumice sand; volume weight.

**ABSTRAK:** Beton ringan diperoleh dengan penggunaan pasir batu apung sebagai substitusi agregat halus. Kelebihan yang diharapkan dari beton ringan adalah untuk mereduksi berat sendiri dari beton yang menjadi beban mati pada struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penggunaan pasir batu apung terhadap berat volume, kuat tekan dan kuat tarik beton. Metode penelitian dengan pengujian di laboratorium. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm sesuai SNI-03-1974. Agregat kasar batu apung dan agregat halus pasir batu apung bersumber dari quarry Dowora di Pulau Tidore. Agregat halus pada benda uji kontrol menggunakan pasir normal dari quarry Kalumata di Pulau Ternate. Menggunakan pasir batu apung sebagai agregat halus dengan perbandingan 75% pasir normal 20% pasir apung, 50% pasir normal dan 50% pasir batu apung, 25% pasir normal dan 75% pasir batu apung, dan 100% pasir batu apung. Benda uji kontrol menggunakan 100% pasir normal. Tiap variasi benda uji berjumlah 10 buah sehingga total benda uji 50 buah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berat volume mengalami penurunan seiring dengan penambahan berat pasir batu apung ke dalam campuran beton. Berat volume beton yang dihasilkan  $< 1900 \text{ kg/m}^3$ , maka beton tersebut digolongkan sebagai beton ringan. Kuat tekan dihasilkan  $56.63 \text{ kg/cm}^2$  penurunan terhadap benda uji kontrol sebesar 81.10%. Kuat Tarik belah beton sebesar  $1.13 \text{ kg/cm}^2$  atau penurunan terhadap benda uji kontrol 52.05%. Berdasarkan kuat tekan dan tarik maka beton dikategorikan sebagai beton struktural ringan sebagai isolator.

**KATA KUNCI:** kuat tekan; beton ringan; pasir batu apung; berat volume.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

### 1 PENDAHULUAN

Beton adalah gabungan dari beberapa material yang bekerja secara komposit dan banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi (Kwek & Awang, 2018). Volume agregat alam yang digunakan dalam proses produksi beton sekitar 8 sampai 12 juta ton per tahun, volume agregat dalam beton sekitar 60-70% (Dash et al., 2016). Dengan volume agregat yang besar maka akan memberi efek terhadap berat beton, dimana berat beton volume beton berkisar  $2,300 \text{ kg/m}^3$ - $2,500 \text{ kg/m}^3$  (BSN, 2002c). Berat volume beton yang relatif besar akan berdampak pada berat struktur dan pembeban

struktur sehingga perlu diperhitungkan. Solusi untuk mengatasi masalah ini adalah penggunaan agregat ringan untuk memproduksi beton ringan dengan berat volume  $< 1,900 \text{ kg/m}^3$  (BSN, 2002a).

Inovasi dalam memperoleh beton dengan massa yang ringan berupa pemanfaatan sampah organik sebagai pengganti agregat kasar (Jumiati & Masthura, 2018), pemanfaatan limbah pertanian dari kelapa sawit sebagai agregat pada pembuatan beton ringan (Maghfouri et al., 2021), penggunaan limbah penggilingan padi yang dijadikan abu sekam dimanfaatkan sebagai agregat pada campuran beton,

dan menghasilkan beton dengan berat 1,383 kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan 11.34 MPa sehingga dikategorikan sebagai beton ringan nonstruktural (Hossain & Morshed, 2020).

Beberapa material yang digunakan untuk menghasilkan beton ringan seperti pasir silika yang merupakan produk sampingan dalam proses pembuatan semen, penggunaan pasir silika menghasilkan kuat tekan 32% lebih baik dari beton dengan pasir biasa pada konsentrasi 60% (Durga & Indira, 2016). *Styrofoam* juga digunakan sebagai substitusi agregat kasar pada proses pembuatan beton ringan, dimana kuat tekan yang dihasilkan cenderung menurun jika dibandingkan dengan agregat normal sehingga disarankan penggunaannya pada bagian non struktural seperti dinding partisi dan kanopi (Ala & Arruan, 2017; Ginting, 2019; Miswar, 2018; Wibowo & Setiawan, 2019).

Agregat ringan yang lain yang dapat digunakan seperti batu apung, penggunaan batu apung sebagai material dasar dalam pembuatan dinding dapat mengurangi berat dinding (Sultan et al., 2018; Sultan et al., 2019). Batu apung digunakan sebagai agregat kasar pada campuran beton dapat menurunkan berat sampai 14.40% dibandingkan dengan beton beragregat kasar normal, namun terjadi penurunan kuat tekan beton (Gaus, Sultan, et al., 2020; Gaus, Imran, et al., 2020; Indrayani et al., 2020). Untuk memperbaiki karakteristik beton ringan beragregat kasar batu apung digunakan pelapisan polimer pada permukaan batu apung (Nainggolan et al., 2017; Wijatmiko et al., 2017). Selain batu apung (*pumice*) di wilayah Rum Pulau Tidore ditemukan juga pasir batu apung (*pumice sand*) yang belum dimanfaatkan dalam bidang konstruksi (Sultan et al., 2021). Penggunaan batu apung sebagai pengganti agregat kasar dapat menghasilkan beton dengan berat volume yang masuk kategori beton ringan dibandingkan dengan beton beragregat normal (Arifin & Pertiwi, 2021; Miswar, 2020). Dari uraian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan batu apung sebagai agregat kasar akan menghasilkan beton ringan. Atas dasar tersebut diatas sehingga penelitian ini menggunakan batu apung (*pumice*) sebagai agregat kasar dan pasir batu apung (*pumice sand*) sebagai agregat halus, sehingga diharapkan menghasilkan beton yang lebih ringan lagi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penggunaan pasir batu apung (*pumice sand*) secara parsial terhadap berat volume beton, kuat tekan dan kuat tarik beton.

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengujian atau eksperimen di laboratorium. Metode pengujian atau eksperimen ini bertujuan untuk menguji atau menyelidiki kemungkinan adanya hubungan antara

variabel dengan memberikan perlakuan terhadap benda uji yang diteliti dibandingkan dengan benda uji yang tidak diberi perlakuan atau benda uji normal.

### 2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan antara lain: ayakan, timbangan, oven, alat ukur, mixer pengaduk beton, peralatan pengujian beton segar, peralatan pengujian beton keras.

### 2.3 Material Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas: agregat halus sebanyak 2 jenis yaitu: pasir normal dan pasir batu apung (*pumice sand*), agregat kasar menggunakan batu apung (*pumice*), semen potland dan air.

Agregat halus yang digunakan berukuran < 2 mm, pasir normal diambil dari quarry Kalumata di Pulau Ternate, agregat halus pasir batu apung (*pumice sand*) dan agregat kasar batu apung (*pumice*) dari quarry Rum di Pulau Tidore. Semen digunakan adalah semen Portland tipe I berdasarkan SNI 2847-2002.

Pemeriksaan properties agregat berdasarkan SNI, properties agregat yang diperiksa meliputi:

1. Berat jenis (BSN, 2008a; BSN, 2008b);
2. Berat volume (BSN, 1998);
3. Absorpsi (BSN, 1990b);
4. Analisa saringan (BSN, 1990a).

### 2.4 Benda Uji

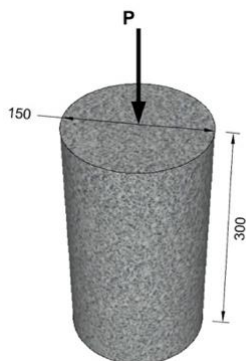
Benda uji berbentuk silinder dengan batu apung (*pumice*) sebagai agregat kasar, agregat halus menggunakan variasi komposisi seperti pada Tabel 1, tiap variasi menggunakan 10 benda uji.

**Tabel 1.** Komposisi Material Benda Uji dengan Agregat Kasar Batu Apung

Benda Uji	Agregat Halus	
	Pasir (%)	Pasir Batu Apung (%)
B-100	100	0
B-75	75	25
B-50	50	50
B-25	25	75
B-0	0	100

### 2.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan berdasarkan metode SNI 03-1974-2011 (BSN, 2011). Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Khairun. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Rincian benda uji untuk masing-masing variasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.



**Gambar 1.** Model Benda Uji untuk Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari. Tahapan pengujian tekan beton sebagai berikut:

1. Persiapkan benda uji silinder beton yang akan diuji;
2. Letakkan benda uji silinder beton pada alat uji kuat tekan beton;
3. Nyalakan mesin uji kuat tekan beton, beri beban hingga jarum manometer pada alat uji tekan tidak naik lagi. Ini menandakan beban maksimum telah tercapai;
4. Mencatat hasil pengujian;
5. Proses tersebut dilakukan pada setiap benda uji.

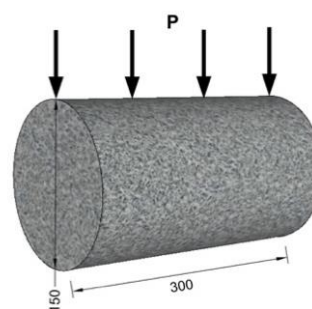
**Tabel 2.** Jumlah Benda Uji berdasarkan Jenis Pengujian pada Masing-Masing Komposisi

Benda Uji	Jenis Pengujian	
	Kuat Tekan (buah)	Kuat Tarik Belah (buah)
B-100	9	5
B-75	9	5
B-50	9	5
B-25	9	5
B-0	9	5

**2.6 Pengujian Tarik Belah**

Pengujian kuat Tarik didasarkan pada SNI 03-2491-2002 (BSN, 2002b), benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm diletakkan melintang seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pengujian tarik belah dilakukan pada umur 28 hari. Tahapan pengujian tarik belah sebagai berikut:

1. Persiapkan benda uji silinder beton yang akan diuji;
2. Letakkan benda uji silinder beton pada alat uji kuat tekan beton dengan posisi melintang;
3. Nyalakan mesin uji kuat tekan beton, beri beban hingga jarum manometer pada alat uji tekan tidak naik lagi. Ini menandakan beban maksimum telah tercapai;
4. Mencatat hasil pengujian;
5. Proses tersebut dilakukan pada setiap benda uji.

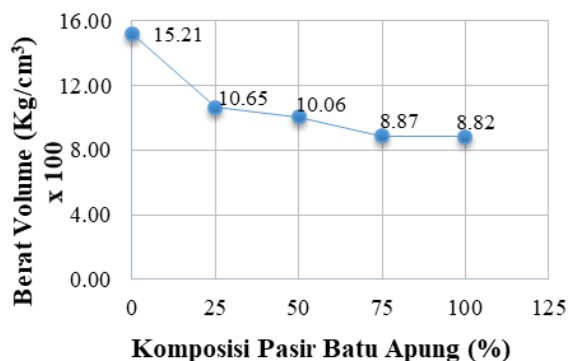


**Gambar 2.** Model Benda Uji Pengujian Kuat Tarik

**3 HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Berat Volume**

Penggunaan batu apung sebagai agregat kasar dan pasir batu apung sebagai substitusi parsial agregat halus bertujuan mereduksi berat volume beton, agregat halus diganti dengan pasir batu apung sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap volume agregat halus.



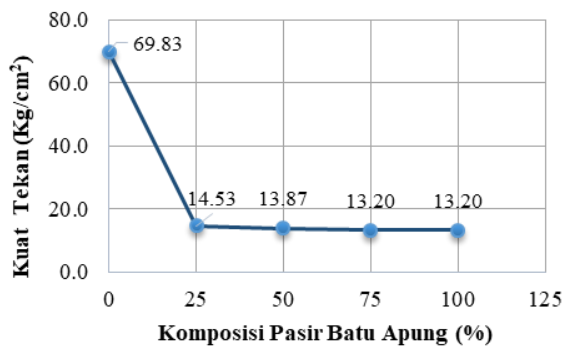
**Gambar 3.** Hubungan Berat Volume dengan Komposisi Pasir Batu Apung sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus

Penurunan berat volume diperoleh setelah pemeriksaan berat volume beton seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Benda dengan penggunaan agregat halus berupa pasir normal digunakan sebagai benda uji pembandingan (B<sub>0</sub>) memiliki berat volume 1,520.97 kg/m<sup>3</sup>. Berat volume turun menjadi 1,065.11 kg/m<sup>3</sup> dengan mengganti pasir normal dengan pasir batu apung sebesar 25% (B<sub>25</sub>). Dengan cara yang sama, berat volume beton selanjutnya turun menjadi 1,006.02 kg/m<sup>3</sup> dengan mengganti dengan pasir batu apung 50% (B<sub>50</sub>), berat volume beton menjadi 887.18 kg/m<sup>3</sup> dengan mengganti pasir agregat batu apung 75% (B<sub>75</sub>), berat volume beton menjadi 881.52 kg/m<sup>3</sup> dengan mengganti dengan pasir batu apung 100% (B<sub>100</sub>) atau seluruh agregat halus menggunakan pasir batu apung. Penurunan berat volume ini disebabkan karena berat volume pasir batu apung lebih kecil dibandingkan berat volume pasir normal. Berat volume yang dihasilkan < 1,900 kg/cm<sup>3</sup> sehingga dikategorikan sebagai beton ringan. Penggunaan batu apung sebagai agregat kasar dan pasir normal sabagai agregat halus menghasilkan

beton ringan, dengan mengganti pasir normal secara parsial mampu mereduksi berat volume beton menjadi lebih ringan sebesar secara berurutan 29.97%; 33.86%; 41.67%; dan 42.04% terhadap beton ringan beragregat pasir normal pada masing-masing komposisi benda uji B<sub>75</sub>, B<sub>50</sub>, B<sub>25</sub> dan B<sub>0</sub>.

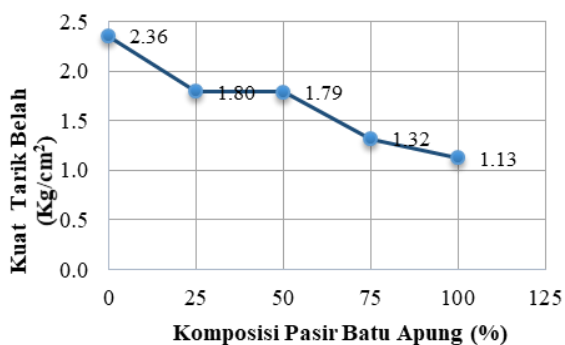
### 3.2 Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Penggunaan pasir batu apung sebagai substitusi agregat halus (pasir normal) menyebabkan terjadi penurunan kuat tekan beton seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan Kuat Tekan dengan Komposisi Pasir Batu Apung sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus

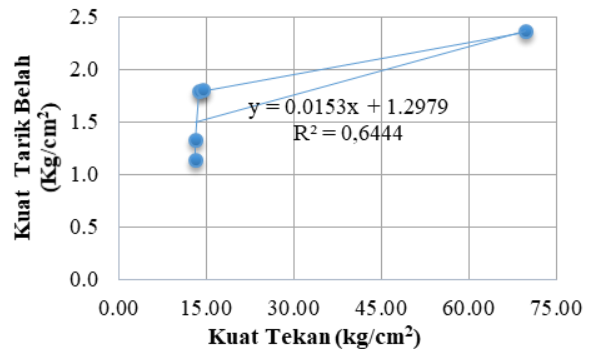
Benda uji kontrol (B<sub>0</sub>) dengan kuat tekan 69.83 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan substitusi pasir normal dengan pasir batu apung pada komposisi pasir batu apung 25%, 50%, 75% dan 100%, menghasilkan kuat tekan masing-masing 14.53 kg/cm<sup>2</sup>, 13.87 kg/cm<sup>2</sup>, 13.20 kg/cm<sup>2</sup> dan 13.20 kg/cm<sup>2</sup>. Penurunan kuat tekan B<sub>100</sub> terhadap B<sub>0</sub> sebesar 56.63 kg/cm<sup>2</sup> atau 81.10%. Dengan mengacu ke standar tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan (BSN, 2002d) dimana untuk beton struktural ringan kuat tekan minimum yang disyaratkan sebesar 70.26 kg/cm<sup>2</sup> (6.89 MPa) dan kuat tekan < 70.26 kg/cm<sup>2</sup> sebagai beton struktural sangat ringan sebagai isolasi. Dari hasil pengujian maka beton yang dihasilkan masuk ke kategori beton struktural sangat ringan sebagai isolator.



**Gambar 5.** Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Komposisi Pasir Batu Apung sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus

Penggunaan pasir batu apung sebagai substitusi agregat halus (pasir normal) menyebabkan terjadi penurunan kuat tarik belah beton seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Benda uji kontrol (B<sub>0</sub>) dengan kuat tarik belah 2.36 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan substitusi pasir normal dengan pasir batu apung pada komposisi pasir batu apung 25%, 50%, 75% dan 100%, menghasilkan kuat tarik belah masing-masing 1.80 kg/cm<sup>2</sup>, 1.79 kg/cm<sup>2</sup>, 1.32 kg/cm<sup>2</sup> dan 1.13 kg/cm<sup>2</sup>. Penurunan kuat tekan B<sub>100</sub> terhadap B<sub>0</sub> sebesar 1.23 kg/cm<sup>2</sup> atau 52.05%. Dengan mengacu ke SNI 3449 (BSN, 2002d) maka maka beton yang dihasilkan masuk ke kategori beton struktural sangat ringan sebagai isolator.



**Gambar 6.** Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan dengan Komposisi Pasir Batu Apung sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus

Berdasarkan Gambar 6, disimpulkan bahwa peningkatan kuat tekan beton ringan berbanding lurus dengan peningkatan kuat tarik belah beton ringan. Perbandingan nilai kuat tekan beton ringan dengan kuat tarik belah seperti terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut:

**Tabel 3.** Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah terhadap Akar Kuadrat Kuat Tekan Beton

Benda uji	Perbandingan $f_{sp}$ terhadap $\sqrt{f_c}$
B-100	0.3110
B-75	0.3633
B-50	0.4816
B-25	0.4713
B-0	0.2820

**Tabel 4.** Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah terhadap Akar Kuadrat Kuat Tekan Beton

Benda uji	Perbandingan $f_{sp}$ terhadap $f_c$ (%)
B-100	8.56
B-75	10.00
B-50	12.93
B-25	12.36
B-0	3.37

Pada Tabel 2 dan Tabel 3 diperoleh nilai  $f_{sp} = 0.28-0.48\sqrt{f_c}$  dan nilai perbandingan kuat tarik belah berkisar 3.37%-12.93% dari kuat tekan beton.

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen dan analisis data dapat disimpulkan, bahwa berat volume beton yang diperoleh  $881.52 \text{ kg/m}^3 - 1520.97 \text{ kg/m}^3$  dan termasuk ke dalam beton ringan. Kuat tekan beton pada komposisi pasir normal 100% sebesar  $69.83 \text{ kg/cm}^2$  dan kuat tekan pada komposisi 100% pasir batu apung (*pumice sand*) sebesar  $13.20 \text{ kg/cm}^2$  atau terjadi penurunan kuat tekan sebesar 81.10%. Kuat tarik belah pada komposisi pasir normal 100% sebesar  $2.36 \text{ kg/cm}^2$  dan kuat tarik belah pada komposisi 100% pasir batu apung (*pumice sand*) sebesar  $1.13 \text{ kg/cm}^2$  atau terjadi penurunan kuat tarik belah sebesar 52.05%. Nilai  $f_{sp} = 0.28-0.48\sqrt{f_c}$  dan nilai perbandingan kuat tarik belah berkisar 3.37%-12.93% dari kuat tekan beton. Berdasarkan kuat tekan dan kuat tarik belah yang dihasilkan dari penelitian ini maka beton dikategorikan sebagai beton struktural sangat ringan sebagai isolator.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih disampaikan ke LPPM Universitas Khairun yang telah membiayai penelitian ini melalui hibah PKUPT tingkat Universitas tahun 2021.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ala, P., & Arruan, H. (2017). Beton Ringan Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017*, 67–72.
- Arifin, I. B., & Pertiwi, D. (2021). Pengaruh Penggunaan Batu Apung Sebagai Pengganti Agregat Kasar Ditinjau Dari Kuat Tekan. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 114–120. <https://doi.org/10.31284/j.jts.2020.v1i2.1404>
- BSN. (1990a). *SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (1990b). *SNI 03-1971-1990 tentang metode pengujian kadar air agregat*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (1998). *SNI 03-4804-1998 tentang metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2002a). *SNI 03-2461-2002 tentang spesifikasi agregat ringan untuk beton ringan struktural*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2002b). *SNI 03-2491-2002 tentang metode pengujian kuat tarik belah beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2002c). *SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2002d). *SNI 03-3449-2002 tentang tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2008a). *SNI 1969-2008 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional.

- BSN. (2008b). *SNI 1970-2008 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2011). *SNI 03-1974-2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Badan Standardisasi Nasional.
- Dash, M. K., Patro, S. K., & Rath, A. K. (2016). Sustainable use of industrial-waste as partial replacement of fine aggregate for preparation of concrete – A review. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), 484–516. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.04.006>
- Durga, B., & Indira, M. (2016). Experimental Study on Various Effects of Partial Replacement of Fine Aggregate with Silica Sand in Cement Concrete and Cement Mortar. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 33(5), 252–256. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V33P250>
- Gaus, A., Imran, & Anwar, C. (2020). Analysis of The Mechanical Properties of Concrete Beams That Use Pumice as a Partial Substitution of Concrete Mixtures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(4), 042037. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042037>
- Gaus, A., Sultan, M. A., Hakim, R., Imran, & Waiola, I. A. (2020). Substitusi Parsial Batu Apung sebagai Agregat Kasar pada Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil & Teknologi Konstruksi*, 6(2), 11–19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35308/jts-utu.v6i2.2743>
- Ginting, A. (2019). Kajian Balok Beton Styrofoam Ringan Dengan Tulangan Menyebarkan. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 127–140. <https://doi.org/10.28932/jts.v3i2.1284>
- Hossain, S. M., & Morshed, A. Z. (2020). Artificial Lightweight Aggregate Production Using Rice Husk Ash. *Proceedings of the 5th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD 2020)*, 1–7.
- Indrayani, I., Herius, A., Hasan, A., & Mirza, A. (2020). The Effect of Addition on Pumice and Fiber on Compressive and Flexural Strength Precast Lightweight Concrete. *Science and Technology Indonesia*, 5(1), 14–17. <https://doi.org/10.26554/sti.2020.5.1.14-17>
- Jumiati, E., & Masthura, M. (2018). Pembuatan Beton Ringan Berbasis Sampah Organik. *FISITEK : Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.30821/fisitek.v2i1.1543>
- Kwek, S. Y., & Awang, H. (2018). Artificial lightweight aggregate from palm oil fuel ash (POFA) and water treatment waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 431, 082005. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/431/8/082005>
- Maghfouri, M., Alimohammadi, V., Azarsa, P., Asadi, I., Doroudi, Y., & Balakrishnan, B. (2021). Impact of Fly Ash on Time-Dependent Properties of Agro-Waste Lightweight Aggregate Concrete. *Journal of Composites Science*, 5(6), 156. <https://doi.org/10.3390/jcs5060156>
- Miswar, K. (2018). Beton Ringan dengan Menggunakan Limbah Styrofoam. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1). <https://doi.org/10.30811/portal.v10i1.981>
- Miswar, K. (2020). Pemanfaatan Batu Apung sebagai Material Beton Ringan. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 25–32. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.30811/portal.v12i1.1826>
- Nainggolan, C. R., Wijatmiko, I., & Wibowo, A. (2017). Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beam with Polymer Coated Pumice. *AIP Conference Proceedings*.
- Sultan, M. A., Gaus, A., Hakim, R., & Imran. (2021). Review of The Flexural Strength of Lightweight Concrete Beam Using Pumice Stone as of Substitution. *International Journal of GEOMATE*, 21(85), 154–159.
- Sultan, M. A., Kusnadi, & Yudasaputra, M. T. (2018). Effect of

- Pressure nn Making of Cemen Bricks from Pumice. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(5), 1084–1091.
- Sultan, M. A., Yudasaputra, M. T., & Gaus, A. (2019). The Use of Pumice as Raw Material for Cement Brick. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10(12), 498–504.
- Wibowo, H., & Setiawan, D. B. (2019). Perilaku Mekanik Beton Ringan Styrofoam dengan Variasi Penambahan Abu Sekam Padi. *Bangun Rekaprima*, 5(1), 29–40. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v5i1.1407>
- Wijatmiko, I., Wibowo, A., & Remayanti, C. (2017). The effect of polymer coated pumice to the stiffness and flexural strength of reinforce concrete beam. *MATEC Web of Conferences*, 101, 01019. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710101019>