

Penggunaan Batu Apung pada Beton Geopolimer terhadap Berat Jenis Beton dan Workabilitas

Pratika Riris Putrianti¹, Agustinus Agus Setiawan², M. Akmal Putrawardhana³

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Jaya

Email: pratika.riris@upj.ac.id; agustinus@upj.ac.id; muhammad.akmalputrawardhana@student.upj.ac.id

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber daya melimpah memiliki banyak kandungan mineral di dalamnya, termasuk batu apung. Batu apung merupakan batuan alam hasil erupsi gunung berapi yang berwarna abu-abu terang hingga putih, banyak mengandung buih atau sering disebut sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Salah satu daerah dengan potensi batu alam terbesar di Indonesia adalah Kepulauan Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Potensi batu apung yang melimpah tidak sebanding dengan pemanfaatannya yang masih rendah. Hal tersebut terjadi karena kurangnya pemahaman akan kegunaan batu apung dalam kehidupan sehari-hari. Beton normal menggunakan semen Portland atau semen hidraulis lainnya sebagai material pengikat. Proses pembuatan semen Portland konvensional menghasilkan karbon dioksida (CO₂) akibat dari proses kalsinasi pada suhu lebih dari 1250°C. Pada penelitian ini penulis menggunakan abu terbang yang diambil dari PLTU Lontar, Tangerang, Prov. Banten, yang dikombinasikan dengan pemanfaatan batu apung dari Lombok sebagai agregat kasar. Beton ringan struktural memiliki berat isi maksimum sebesar 1840 kg/cm³ dengan nilai kuat tekan sebesar 20 MPa. Untuk menghasilkan beton geopolimer struktural dengan menggunakan batu apung sebagai agregat kasar maka komposisi campuran yang tepat untuk tiap cetakan adalah 1.7 kg abu terbang, 0.08 kg NaOH, 0.14 kg air, 0.64 kg Na₂SiO₃, 5.07 kg agregat kasar alam, 1.27 kg batu apung dan 3.72 kg agregat halus. Penggunaan batu apung hingga 80% mampu menghasilkan beton ringan (berat jenis kurang dari 1840 kg/m³) namun campuran ini tidak dapat dikategorikan sebagai beton struktural dikarenakan memiliki kuat tekan yang kurang dari minimum syarat beton struktural berat ringan.

Kata Kunci: batu apung, geopolimer, substitusi agregat, berat jenis, beton ringan.

ABSTRACT

Indonesia as a country that has abundant resources has a lot of minerals in it, including pumice. Pumice is a natural rock resulting from volcanic eruptions that is light gray to white in color, contains lots of foam, or is often referred to as silicate volcanic glass rock. One of the areas with the greatest natural stone potential in Indonesia is Lombok Islands, West Nusa Tenggara Province. The abundant potential of pumice is not comparable with its low utilization. This happens due to a lack of understanding of the use of pumice in everyday life. Normal concrete uses Portland cement or other hydraulic cement as the binding material. The conventional Portland cement manufacturing process produces carbon dioxide (CO₂) as a result of the calcination process at temperatures of over 1250°C. In this study, the authors used fly ash taken from the Lontar power plant, Tangerang, Banten Province, which was combined with the use of pumice from Lombok as coarse aggregate. Structural lightweight concrete has a maximum unit weight of 1840 kg/cm³ with a compressive strength value of 20 MPa. To produce structural geopolimer concrete using pumice as coarse aggregate, the proper mix composition for each mold is 1.7 kg of fly ash, 0.08 kg of NaOH, 0.14 kg of water, 0.64 kg of Na₂SiO₃, 5.07 kg of natural coarse aggregate, 1.27 kg of pumice and 3.72 kg of fine aggregate. The use of pumice up to 80% is capable of producing lightweight concrete (specific gravity less than 1840 kg/m³) but this mixture cannot be categorized as structural concrete.

Key words: pumice, geopolimer, aggregate substitution, specific gravity, lightweight concrete.

Submitted: 20 Jun 2023	Reviewed: 25 November 2023	Revised 21 Januari 2024	Published: 02 Februari 2024
----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber daya melimpah memiliki banyak kandungan mineral di dalamnya, termasuk batu apung. Batu apung merupakan batuan alam hasil erupsi gunung berapi yang berwarna abu-abu terang hingga putih, banyak mengandung buih atau sering

disebut sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Salah satu daerah dengan potensi batu alam terbesar di Indonesia adalah Provinsi Nusa Tenggara Barat, Kepulauan Lombok. Pada tahun 2014, (Suparjo et al., 2014) melakukan penelitian dan mengungkapkan bahwa banyak dijumpai batu apung di Lombok akibat letusan Gunung Rinjani

yang tersebar di wilayah Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Lombok Tengah dan Kabupaten Lombok Utara yang mempunyai potensi $\pm 409,674,525 \text{ m}^3$. Potensi batu apung yang melimpah tidak sebanding dengan jumlah pemanfaatan yang masih rendah. Hal tersebut terjadi karena kurangnya pemahaman akan kegunaan batu apung dalam kehidupan sehari-hari. Dalam dunia konstruksi batu apung dapat digunakan sebagai agregat kasar penyusun beton (Arifin & Pertiwi, n.d.), sehingga berat struktur akan berkurang dan berimbas pada penurunan biaya konstruksi secara keseluruhan. Batu apung merupakan jenis batuan yang berwarna terang, banyak mengandung buih yang terbuat dari gelembung berinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat (Suparjo et al., 2014). Batuan ini terbentuk dari magma hasil erupsi gunung berapi yang mengeluarkan material ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik (Ilter, 2010).

Beton normal menggunakan semen Portland atau semen hidraulis lainnya sebagai material pengikat (Basid et al., 2020). Pada proses pembuatan semen Portland konvensional terjadi pelepasan karbon dioksida (CO_2) yang merupakan kontributor utama pada emisi gas rumah kaca, produksi satu ton portland mengakibatkan terjadinya pelepasan karbon dioksida sebesar satu ton di atmosfer (Ekaputri, 2014) selain itu juga menghasilkan karbon dioksida (CO_2) akibat dari proses kalsinasi pada suhu lebih dari 1250°C . Beton geopolimer merupakan jenis beton yang tidak menggunakan semen Portland, melainkan 100% menggunakan abu terbang sisa pembakaran batu bara (Rozi & Tarigan, 2020). Geopolimer merupakan sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan produk sisa seperti abu terbang, abu kulit padi (*rice husk ash*) dan lainnya yang mengandung senyawa silika dan alumina. Menurut

Beton normal memiliki berat jenis 2.200 kg/m^3 sampai dengan 2.400 kg/m^3 menurut (Standar Nasional Indonesia (SNI) 7656-2012, 2012) menyebabkan naiknya berat struktur secara keseluruhan, yang berdampak terhadap meningkatnya biaya konstruksi. Berat jenis beton dipengaruhi oleh berat jenis dari material penyusunannya, terutama berat jenis agregat. Berbagai inovasi telah dilakukan untuk menurunkan berat jenis beton. Menurut (Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2019, 2019), beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan. Beton ringan struktural memiliki berat isi

maksimum sebesar 1840 kg/cm^3 dengan nilai kuat tekan sebesar 20 MPa. Beberapa bahan limbah yang dapat dimanfaatkan untuk pengganti semen dalam campuran beton antara lainnya adalah *fly ash* (abu terbang). Abu terbang merupakan material sampingan hasil dari pembakaran batu bara yang keberadaannya tidak diperlukan dalam arti lain abu terbang merupakan limbah hasil kegiatan industri batu bara. Material abu terbang tidak mempunyai kemampuan mengikat seperti semen, namun di dalamnya terdapat kandungan senyawa silika dan alumina yang mempunyai kemampuan merekat seperti semen apabila dicampur dengan air yang memiliki senyawa hidroksida (Satria et al., 2013). Pada penelitian ini penulis menggunakan abu terbang yang diambil dari PLTU Lontar, Tangerang, Prov. Banten, yang dikombinasikan dengan pemanfaatan batu apung dari Lombok sebagai agregat kasar.

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah beton geopolimer dengan substitusi batu apung pengganti agregat kasar. Batu apung yang digunakan didapat dari wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat. Batu apung yang digunakan merupakan batuan alami yang diambil langsung dari alam serta melewati proses pengukuran sesuai ketentuan SNI 03-2847-2002. Batu apung digunakan untuk mencapai ketentuan beton ringan sesuai standar. Untuk mengurangi polusi udara pada saat pembuatan semen Portland, digunakan abu terbang sebagai pengganti semen yang didapat dari PLTU Lontar, Tangerang, Banten.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk persentase. Persentase batu apung yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar pada beton yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dengan perawatan uap panas dengan suhu optimal 85°C selama 3 jam. Kadar molaritas yang digunakan adalah 12 M dan uji tekan akan dilaksanakan pada saat umur beton mencapai 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji beton geopolimer mengacu pada SNI 2493 – 2011 mengenai Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium dengan memodifikasi proses dan waktu pelaksanaan. Pembuatan benda uji dilakukan sebanyak 54 sampel yang dilakukan di laboratorium Universitas Pembangunan Jaya. Secara umum pelaksanaan pembuatan dan perawatan beton geopolimer yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan yang digunakan, yaitu mesin pengaduk semen, timbangan dengan kapasitas 100 kg, alat pengujian *slump*, cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Membuat pasta geopolimer dengan cara mencampurkan larutan NaOH dengan air menjadi larutan hidoksida selama 2 menit, kemudian campurkan Na_2SiO_3 ke larutan tersebut sehingga menjadi aktivator selama 3 menit, dan terakhir campurkan abu terbang ke dalam larutan aktivator selama 5 menit.
3. Menyiapkan bahan penyusun beton geopolimer sesuai dengan perencanaan campuran yang telah dibuat ke dalam mesin pengaduk semen. Bahan tersebut berupa pasta geopolimer, agregat kasar, agregat halus, dan batu apung.
4. Melakukan uji *slump* setelah proses pengadukan semua bahan penyusunan beton. Uji *slump* dilakukan sebelum adonan beton segar dimasukkan ke dalam cetakan silinder.
5. Membuat kerangka cetakan beton agar terbentuknya cetakan silinder dan diberikan pelumas pada cetakan yang akan digunakan agar tidak lengket.
6. Memasukkan adonan beton segar ke dalam cetakan silinder dan dipadatkan sebanyak tiga lapis dengan tiap lapisnya dipadatkan sebanyak 25 kali.
7. Meratakan permukaan cetakan, jika cetakan sudah terisi penuh.
8. Menuliskan tanda atau kode di permukaan beton segar agar tidak terjadi kesalahan atau tertukar.
9. Diamkan beton selama 24 jam agar beton mengeras dan dapat dilepas dari cetakan.
10. Melakukan perawatan beton menggunakan penguapan panas, kemudian dilanjutkan dengan perawatan dengan suhu ruangan selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari.
11. Melakukan uji tekan beton, setelah beton mengalami perawatan sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Pengujian Workabilitas (Nilai *Slump*)

Pada penelitian ini dilakukan pengujian *slump* pada saat semua bahan penyusun beton sudah tercampur rata dan sebelum dimasukkan kedalam cetakan beton dengan tujuan untuk memeriksa tingkat konsistensi dan kekentalan adukan beton.

Pengujian Berat Jenis Beton

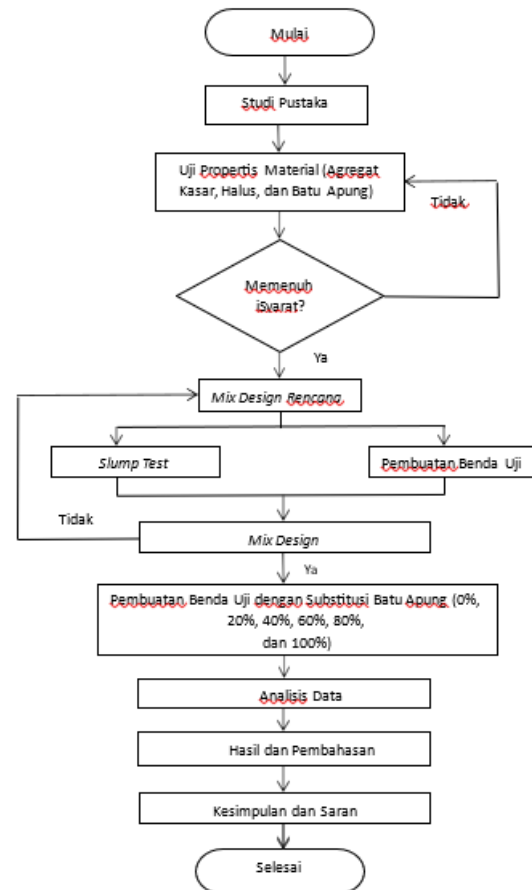
Pada penelitian ini dilakukan penimbangan untuk melihat berat beton yang dihasilkan untuk

mengetahui berat jenis beton. Penimbangan ini dilakukan pada saat beton sudah mengalami perawatan dan dilakukan sebelum uji tekan beton.

Analisa Hasil

Analisa hasil yang dilakukan sebatas workabilitas beton dan pengaruh berat jenis beton setelah adanya penggunaan batu apung sebagai substitusi agregat kasar.

Adapun diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Campuran Beton Geopolimer

Perhitungan rancangan campuran beton geopolimer sebetulnya dilakukan dengan *trial error* sehingga diperoleh rancangan yang sesuai dengan molaritas yang ditargetkan. Namun dalam penelitian ini rancangan campuran beton geopolimer mengacu pada (Karongkong & Setiawan, 2018). Dari rancangan molaritas 12 mol diperoleh jumlah kebutuhan material tiap cetakan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Material Tiap Cetakan

No.	Variabel	Kadar (%)	Abu Terbang	Bahan (kg)					
				NaOH	Air	Na ₂ SiO ₃	Ag. kasar	Batu Apung	Ag. Halus
1	BGBA 1	0	1,70	0,08	0,14	0,64	6,34	0	3,72
2	BGBA 2	20	1,70	0,08	0,14	0,64	5,07	1,27	3,72
3	BGBA 3	40	1,70	0,08	0,14	0,64	3,80	2,54	3,72
4	BGBA 4	60	1,70	0,08	0,14	0,64	2,54	3,80	3,72
5	BGBA 5	80	1,70	0,08	0,14	0,64	1,27	5,08	3,72
6	BGBA 6	100	1,70	0,08	0,14	0,64	0	6,34	3,72

Hasil Uji Slump

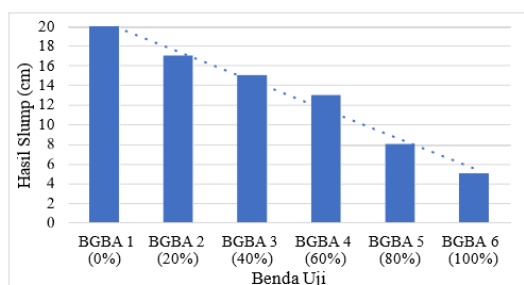
Pada penelitian ini dilakukan pengujian *slump* pada saat semua bahan penyusun beton sudah tercampur rata dan sebelum dimasukkan kedalam cetakan beton dengan tujuan untuk memeriksa tingkat konsistensi dan kekentalan adukan beton. Selain itu nilai *slump* juga menentukan workabilitas suatu campuran beton. Adapun nilai hasil uji *slump* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Slump

No	Variabel	Hasil Slump (cm)
1	BGBA 1 (0%)	20
2	BGBA 2 (20%)	17
3	BGBA 3 (40%)	15
4	BGBA 4 (60%)	13
5	BGBA 5 (80%)	8
6	BGBA 6 (100%)	5

Berdasarkan dari hasil *slump* test dari tiap sampel yang berada pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai *slump* dari setiap sampel berbeda. Hasil pengujian *slump* beton geopolimer dengan campuran batu apung 0% memiliki nilai 20 cm, beton geopolimer dengan campuran batu apung 20% sebesar 17 cm, campuran batu apung 40% memiliki nilai 15 cm, campuran batu apung 60% memiliki nilai 13 cm, campuran batu apung 80% memiliki nilai 8 cm, dan yang terakhir untuk beton geopolimer dengan campuran batu apung 100% mempunyai nilai sebesar 5 cm.

Analisa Workabilitas

**Gambar 2.** Grafik Hasil Slump Test

Berdasarkan pengujian *slump* yang dilakukan, terlihat adanya penurunan nilai *slump*. Penurunan nilai dikarenakan beton dengan campuran batu apung lebih mudah menyerap air dikarenakan sifat yang dimiliki batu apung yaitu mudah

memiliki daya serap yang tinggi dengan. Berdasarkan (Standar Nasional Indonesia (SNI) 2641:2002, 2002) daya serap agregat kasar ringan memiliki nilai maksimal 20%, dari hasil pengujian yang dilakukan batu apung memiliki daya serap sebesar 21.08%, maka benda uji dengan campuran batu apung memiliki tingkat kekentalan adukan beton yang tinggi.

Hasil Berat Jenis Beton

Pada penelitian ini dilakukan penimbangan untuk melihat berat beton yang dihasilkan untuk mengetahui berat jenis beton. Penimbangan ini dilakukan pada saat beton sudah mengalami perawatan dan dilakukan sebelum uji tekan beton. Pada Tabel 3. Berat Jenis Beton dijabarkan hasil penimbangan berat benda uji serta berat jenis yang dihasilkan sesuai dengan benda uji variasi batu apung 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dengan perawatan uap panas dengan suhu 85°C selama 3 jam dan selanjutnya dilakukan perawatan dengan suhu ruangan selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari adalah sebagai berikut.

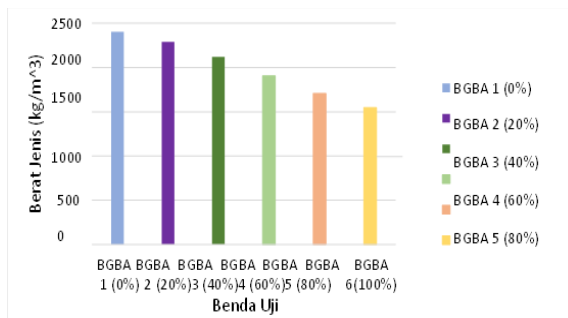
Tabel 3. Berat Jenis Beton

Kode Benda Uji	Berat Beton		
	Rata – rata (kg)	Berat jenis (kg/m ³)	Penurunan Berat (%)
BGBA 1 (0%)	12,73	2403,40	
BGBA 2 (20%)	12,13	2289,22	4.7%
BGBA 3 (40%)	11,22	2116,54	11.9%
BGBA 4 (60%)	10,08	1903,28	20.8%
BGBA 5 (80%)	9,03	1705,12	29.1%
BGBA 6 (100%)	8,40	1543,13	34%

Analisa Berat Jenis Beton

Berdasarkan Tabel 3 berat beton di atas, apabila dilihat secara keseluruhan nilai rata-rata berat beton benda uji dengan bahan campuran batu apung mengalami penurunan mulai dari BGBA 2 sampai BGBA 6. Pada BGBA 6 berat jenis beton sebesar 1543,13 kg/m³ yang memiliki nilai paling rendah dibandingkan dengan berat jenis BGBA 1 sebesar 2403,40 kg/m³. Beton BGBA 1 sampai dengan BGBA 4 tidak dapat dikategorikan sebagai beton ringan karena berat jenis masih

berada di atas 1840 kg/m^3 sesuai yang tertulis pada (Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2019, 2019), namun untuk BGBA 5 dan BGBA 6 masuk ke dalam kategori tersebut. Dari Tabel 3 dapat diperoleh grafik rata-rata berat beton pada Gambar 3. Grafik Berat Jenis Beton di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Berat Jenis Beton

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase campuran batu apung pada beton geopolimer selain mengalami penurunan nilai kuat tekan beton, terdapat penurunan berat beton sebesar 5% - 34% dari beton geopolimer tanpa campuran batu apung.

KESIMPULAN

Untuk menghasilkan beton geopolimer struktural dengan menggunakan batu apung sebagai agregat kasar maka komposisi campuran yang tepat untuk tiap cetakan adalah 1.7 kg abu terbang, 0.08 kg NaOH, 0.14 kg air, 0.64 kg Na_2SiO_3 , 5.07 kg agregat kasar alam, 1.27 kg batu apung dan 3.72 kg agregat halus.

(Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2019, 2019) menyatakan bahwa beton yang digolongkan sebagai beton ringan adalah beton dengan berat maksimal 1840 kg/m^3 . Penggunaan batu apung hingga 80% mampu menghasilkan beton ringan (berat jenis kurang dari 1840 kg/m^3) namun campuran ini tidak dapat dikategorikan sebagai beton struktural. Hal ini dikarenakan beton tersebut pada saat dilakukan uji tekan hasilnya 8.12 MPa, sedangkan syarat nilai f'_c minimum untuk jenis beton normal dan berat ringan yang tercantum dalam (Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2019, 2019) adalah 17 MPa sehingga campuran tersebut tidak dapat digunakan sebagai beton struktural.

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan nilai pada uji *slump* sangat berpengaruh pada besarnya persentase batu apung yang disubstitusikan. Semakin besar persentase batu apung maka nilai uji *slump* akan semakin mengecil akibat pengaruh dari daya serap batu apung yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada LP2M Universitas Pembangunan Jaya melalui Hibah Internal Dosen Pemula dengan tahun anggaran 2021/2022 dan nomor kontrak: 004/PER-P2M/UPJ/05.2

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, I. B., & Pertiwi, D. (2020). Pengaruh Penggunaan Batu Apung sebagai Pengganti Agregat Kasar Ditinjau dari Kuat Tekan. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 113-119. <https://doi.org/10.31284/j.jts.2020.v1i2.1404>
- Basid, A., Wahyudi, D., & Hawari, M. (2020). Analisis Beton Ringan dengan Penambahan Batu Apung dan Zat Additive untuk Pengujian Kuat Tekan Beton. *Unistek*, 7(2), 89-92. <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNISTEK/article/view/712>
- Badan Standardisasi Nasional (2002). SNI 2461:2002 Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural.
- Badan Standardisasi Nasional (2012). SNI 7656:2012 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- Badan Standardisasi Nasional (2013). SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional.
- Ekaputri, J. J., Triwulan, T., Damayanti, O. (2007). Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering Sebagai Pengisi. *Jurnal Pondasi*, 13(2). https://www.researchgate.net/publication/261707783_Analisa_Sifat_Mekanik_Beton_Geopolimer_Berbahan_Dasar_Fly_Ash_dan_Lumpur_Porong_Kering_Sebagai_Pengisi
- Ilter, O. (2010). *Use of Pumice in Mortar and Rendering for Lightweight Building Blocks*. *EMU i-rep*. <http://hdl.handle.net/11129/268>
- Karongkong, L. L., Setiawan, A. A., & Hardjasaputra, H. (2022). Predicting of geopolymer concrete compressive strength using multiple linear regression method. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 19(2), 1-7. [https://doi.org/10.6703/IJASE.202206_19\(2\).006](https://doi.org/10.6703/IJASE.202206_19(2).006)
- Rozi, M. F., & Tarigan, J. (2020). Analisis Sifat Mekanik Beton Geopolymer Berbahan

- Dasar Fly Ash PLTU Pangkalan Susu. *Jurnal Syntax Admiration*, 1(5), 567–579. <https://jurnalsyntaxadmiration.com/index.php/jurnal/article/view/82>
- Satria, J., Sugiarto, A., & Hardjito, D. (2013). Karakteristik Beton Geopolimer Berdasarkan Variasi Waktu Pengambilan Fly Ash. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 5(1), 1–8.
- Suparjo, Akmaluddin, Gazalba, Z., & Handayani, T. (2014). Pengembangan Metode Peningkatan Kualitas Limbah Agregat Batu Apung Sebagai Material Beton Struktural. *Spektrum Sipil*, 1(2), 169–178. <https://spektrum.unram.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/71>