

Studi Eksperimental Kelayakan Penggunaan Pasir Gunung Desa Ilan Batu Uru Sebagai Agregat Halus Pada Beton

Jufri Manga¹, Hernita Matana², Rudolfo Victor³

^{1,2,3}Program Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja

Corresponding Author: Jufri Manga', E-Mail: jufri@ukitoraja.ac.id

Published: July, 2025

ABSTRAK

Indonesia adalah negara yang sedang berkembang di industri konstruksi. Penggunaan agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural sangat penting untuk menentukan kualitas struktur beton yang dihasilkan. Penggunaan pasir gunung di Desa Ilan Batu Uru belum banyak digunakan oleh masyarakat setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan pasir gunung Desa Ilan Batu Uru sebagai agregat halus dalam campuran beton. Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Uki Toraja. Sampel berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Jumlah sampel penelitian 30 buah, 15 beton kontrol dan 15 beton pasir gunung. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Pengujian dilakukan dengan standar SNI 7656:2012. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari, kuat tekan beton kontrol (pasir sungai) sebesar 18,78 Mpa, dan kuat tekan beton pasir gunung sebesar 14,72 Mpa.

Kata Kunci: Beton, , Pasir Gunung, Kuat Tekan

ABSTRACT

Indonesia is a growing country in the construction industry. The use of fine aggregate used as a structural component is essential to determine the quality of the resulting concrete structure. The use of mountain sand in Ilan Batu Uru Village has not been widely used by the local community. This study aims to determine the compressive strength of concrete by using mountain sand in Ilan Batu Uru Village as a fine aggregate in concrete mixture. The research method used is an experimental study method at the Uki Toraja Civil Engineering Laboratory. The sample is cylindrical with a size of 15 x 30 cm. The number of research samples was 30 pieces, 15 control concrete and 15 mountain sand concrete. The compressive strength test of concrete was carried out at the age of 3, 7, 14, 21, and 28 days. Testing is carried out with SNI 7656:2012 standard. The results of the study showed that the average compressive strength of concrete at the age of 28 days, the compressive strength of control concrete (river sand) was 18.78 Mpa, and the compressive strength of mountain sand concrete was 14.72 Mpa.

Keywords: Concrete, Mountain Sand, Compressive Strength

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara berkembang menghadapi tuntutan besar dalam pembangunan infrastruktur untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan pemerataan pembangunan wilayah. Proyek-proyek seperti jalan tol, jembatan, pelabuhan, dan gedung bertingkat membutuhkan material konstruksi dalam jumlah besar dan kualitas tinggi. Beton merupakan material paling dominan dalam proyek-proyek tersebut karena memiliki keunggulan dalam hal kekuatan tekan, ketahanan terhadap cuaca, serta kemudahan pembentukannya (Neville, 2011). Komposisi beton secara umum terdiri atas semen, air,

agregat kasar, dan agregat halus. Di antara komponen tersebut, agregat halus – biasanya berupa pasir alam – memiliki peran vital dalam menentukan kinerja beton, khususnya dari segi kekompakan, workability, dan kuat tekan (Tjokrodimuljo, 2007). Namun, eksploitasi pasir alam secara masif berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan seperti abrasi pantai dan penurunan kualitas ekosistem sungai (Ismail & Yaacob, 2009). Oleh karena itu, tantangan utama bagi dunia rekayasa sipil di Indonesia adalah mencari solusi inovatif terhadap keterbatasan sumber daya alam, termasuk dalam hal agregat halus. Upaya substitusi agregat halus telah banyak diteliti, termasuk penggunaan pasir hasil daur ulang limbah beton (recycled fine aggregate), pasir hasil pemrosesan limbah industri seperti slag, serta pasir buatan (manufactured sand) dari batu pecah. Penelitian oleh Safiuddin et al. (2012) menunjukkan bahwa penggunaan pasir buatan dalam beton dapat menghasilkan kekuatan tekan dan daya tahan yang setara atau lebih baik dibandingkan pasir alam jika diolah dan dikontrol dengan tepat. Hal ini membuka peluang besar bagi Indonesia untuk mengurangi ketergantungan pada pasir alam dan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan. Selain itu, inovasi material lokal yang ramah lingkungan juga mulai dikembangkan, seperti penggunaan abu sekam padi, abu terbang, dan serat alam sebagai bahan tambah (admixture) atau bahkan substituen parsial pasir (Rahman et al., 2017). Penggunaan sumber daya lokal ini tidak hanya mendukung ekonomi sirkular tetapi juga mengurangi jejak karbon dalam industri konstruksi (Meyer, 2009). Mendorong inovasi dalam material beton, khususnya pada agregat halus, menjadi langkah strategis untuk mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan di Indonesia. Peran akademisi, industri, dan pemerintah sangat penting dalam mengembangkan kebijakan dan teknologi yang ramah lingkungan namun tetap ekonomis dan berkinerja tinggi.

Salah satu alternatif yang belum banyak dimanfaatkan secara luas adalah pasir gunung. Di wilayah Desa Ilan Batu Uru, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan, terdapat potensi sumber daya pasir gunung yang melimpah. Meskipun ketersediaannya tinggi, pemanfaatannya dalam campuran beton masih minim akibat kurangnya kajian teknis terhadap kualitas dan kinerja material tersebut. Sebagai pembanding, pasir sungai telah terbukti memenuhi standar teknis dalam konstruksi beton (Safiuddin et al., 2012), namun dengan keterbatasan jumlah dan dampak lingkungannya, perlu dicari alternatif lain. Pasir gunung umumnya memiliki tekstur lebih tajam dan kasar dibandingkan pasir sungai, yang berpotensi memberikan ikatan mekanis lebih kuat dengan pasta semen. Studi oleh Rahman et al. (2017) menunjukkan bahwa karakteristik permukaan agregat halus sangat memengaruhi kekuatan beton, terutama pada tahap awal pengerasan. Namun, untuk memastikan kelayakan pasir gunung sebagai substitusi agregat halus, perlu dilakukan uji laboratorium terhadap gradasi, kadar lumpur, daya serap, serta reaktivitasnya terhadap semen.

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu pilar utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Seiring meningkatnya kebutuhan akan proyek infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan gedung, maka permintaan terhadap material konstruksi—terutama beton—pun terus meningkat. Beton adalah material konstruksi yang tersusun atas

campuran semen, air, agregat kasar, dan agregat halus. Di antara komponen tersebut, agregat halus seperti pasir memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanik beton, terutama dalam aspek kekompakan, kuat tekan, dan workability (Neville, 2011; Tjokrodinuljo, 2007). Selama ini, pasir sungai menjadi agregat halus yang paling umum digunakan karena memiliki bentuk butiran halus dan bersih serta distribusi gradasi yang baik. Namun, eksploitasi pasir sungai secara terus-menerus telah menyebabkan degradasi lingkungan seperti erosi, kerusakan ekosistem sungai, dan penurunan kualitas air (Ismail & Yaacob, 2009). Oleh karena itu, diperlukan alternatif agregat halus yang tersedia secara lokal dan memiliki dampak lingkungan lebih rendah. Salah satu potensi material lokal yang belum banyak diteliti secara sistematis adalah pasir gunung dari Desa Ilan Batu Uru, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan. Pasir gunung di wilayah ini tersedia dalam jumlah besar dan relatif belum dimanfaatkan secara maksimal dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan pasir gunung tersebut sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton, baik secara parsial maupun total. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimental laboratorium, dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari sesuai standar SNI 03-2834-2000.

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif solusi penggunaan pasir lokal yang lebih ekonomis dan efisien, tanpa mengorbankan kualitas beton. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa material agregat alternatif, seperti pasir buatan dan limbah industri yang diproses, dapat memberikan hasil kuat tekan yang kompetitif bila dikontrol gradasi dan kandungan halusnya (Safiuddin et al., 2012; Rahman et al., 2017). Dengan demikian, pengembangan material lokal seperti pasir gunung bukan hanya dapat mengurangi tekanan pada sumber daya alam konvensional, tetapi juga membuka peluang pemberdayaan ekonomi lokal serta pembangunan infrastruktur berkelanjutan di daerah-daerah terpencil dan berkembang.



Gambar 1. (a) Pasir Sungai, (b) Pasir Gunung

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menguji kelayakan pasir gunung Desa Ilan Batu Uru sebagai agregat halus beton. Sampel beton berbentuk silinder berukuran 15 cm × 30 cm dibuat dengan mutu rencana f'_c 25 Mpa sebanyak 30 benda uji, masing-masing 15 beton kontrol dengan

pasir sungai dan 15 beton dengan pasir gunung. pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari sesuai standar SNI 7656:2012. Data hasil uji kuat tekan dianalisis untuk membandingkan kinerja kedua jenis agregat halus tersebut.

1. Bahan penelitian

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pasir gunung berasal dari Desa Ilan Batu Uru, kecamatan Walenrang Barat, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan
- b. Agregat halus berasal dari Tapparan, Kecamatan Rantetayo , Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan
- c. Agregat Kasar berasal dari Lampan , Kecamatan Tondon, Kabupaten Toraja Utara, Sulawesi Selatan.
- d. Semen yang digunakan adalah PCC tipe 1
- e. Air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Toraja.

2. Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Oven
- b. Timbangan
- c. Satu set Saringan (*cover*, 1½", 1", ¾", ½", ⅜", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200, dan PAN)
- d. Mesin pengguncang saringan (*Sieve Shaker*)
- e. Container
- f. Labu ukur
- g. Desicator
- h. Cetakan Kerucut dan Tongkat pemadat
- i. Penumbuk (*Tamper*)
- j. *Vacum Pump*
- k. Cetakan Silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm
- l. Mesin Uji kuat tekan (*Compression Testing Machine*)

3. Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian meliputi:

- a. Persiapan Bahan Agregat kasar, Agregat halus, Semen, pasir gunung desa Ilan Batu Uru dan Air dipersiapkan dan diletakkan di laboratorium.
- b. Pengujian karakteristik material campuran beton.
 - 1) Analisa Saringan agregat halus, agregat kasar, dan pasir gunung. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pemisahan butir agregat halus dengan menggunakan saringan. Setelah memperoleh pembagian butir agregat selanjutnya dilakukan analisis perhitungan gradasi

saringan agregat halus untuk memperoleh nilai modulus kehalusan (Fineless Modulus) agregat tersebut.

- 2) Berat jenis agregat halus, agregat kasar, dan pasir gunung. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam kondisi SSD dan kondisi kering sesuai standar yang telah ditetapkan.
 - 3) Kadar air agregat halus, agregat kasar, dan pasir gunung. Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan kadar air yang terdapat pada agregat halus sesuai standar yang telah ditentukan.
 - 4) Kadar lumpur agregat halus, agregat kasar, dan pasir gunung. Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan kadar lumpur yang terdapat pada agregat sebelum dilakukan pencucian. Nilai kadar lumpur yang harus dimiliki agregat ini harus kurang dari 5%.
 - 5) Bobot isi Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan berat isi atau bobot isi agregat kasar, agregat halus dan pasir gunung dalam kondisi lepas dan padat
- c. Pembuatan rencana campuran (mix design) dengan kuat tekan rencana $f'_c=25$ Mpa untuk beton kontrol dan beton pasir gunung
- d. Pembuatan benda uji (beton kontrol) & Pembuatan benda uji (beton pasir gunung)
- 1) Pengujian beton segar dengan melakukan uji Slump, dengan slump rencana 75-100 mm
 - 2) Beton segar dicetak kedalam cetakan silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm
- e. Perawatan benda uji yang dilakukan dengan cara perendaman. Sebelum diuji pada hari ke 3,7,14, 21, dan 28 hari.
- f. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* dengan kapasitas 3000 KN. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 469-02. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sesuai standar (ASTM C 469-02) memberikan rumus sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan,

f'_c = Kuat tekan Beton (kg/cm^2),

P = Beban Maksimum (kg),

A = Luas Penampang Benda Uji (cm^2)

- g. Analisis data. Data yang didapat mulai dari saat penelitian sampai dengan akhir penelitian diolah dalam bentuk tabel dan diselesaikan sesuai dengan persamaan- persamaan yang diperlukan sesuai dengan standar yang berlaku. Hasil analisis berupa tabel, grafik dan gambar serta penarikan kesimpulan dan saran atas hasil yang didapat.

Tabel 1. Benda Uji

Umur (Hari)	Beton Kontrol	Beton Pasir Gunung	Total (Buah)
3	3	3	6
7	3	3	6

14	3	3	6
21	3	3	6
28	3	3	6
Jumlah	15	15	30

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Standar	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Kadar Air	SNI 03- 1971-1990	0,2% - 2%	1,91%	Memenuhi
2.	Kadar Lumpur	SNI 03-1754-1990	0,2% - 1%	0,3%	Memenuhi
	Bobot Isi				
3.	Kondisi Lepas	SNI 03- 4804-1998	1,2 - 1,9 gr/cm ³	1,34 gr/cm ³	Memenuhi
4.	Kondisi Padat	SNI 03- 4804-1998	1,2 - 1,9 gr/cm ³	1,66 gr/cm ³	Memenuhi
5.	Berat Jenis (Bulk)	ASTM C127	1,6 - 3,1 gr	2,58 gr	Memenuhi
6.	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	ASTM C127	1,6 - 3,1 gr	2,63 gr	Memenuhi
7.	Berat Jenis Semu (Apparent)	ASTM C127	1,6 - 3,1 gr	2,74 gr	Memenuhi
8.	Penyerapan	ASTM C127	0,2% - 2%	2,29 gr	Memenuhi
9.	Abrasi		15 – 40 %	19,26 %	Memenuhi

Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik Agregat Halus (Pasir Sungai)

No	Jenis Pengujian	Standar	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	0.5%-5%	3,45 %	memenuhi
2	Kadar Lumpur	SNI 03-4428-1997	0,2%-6%	2,04 %	memenuhi
3	Bobot Isi(Kondisi Lepas)	SNI 03-4804-1998	1,2-1,9 gr/cm ³	1,36 gram/cm ³	memenuhi
4	Bobot Isi (Kondisi Padat)	SNI 03-1969-1990	1,2-1,9 gr/cm ³	1,43 gram/cm ³	memenuhi
5	Berat Jenis (<i>bulk</i>)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,1 gr/cm ³	2,20 gr/cm ³	memenuhi
6	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,2 gr/cm ³	2,26 gr/cm ³	memenuhi
7	Berat Jenis Semu (<i>apparent</i>)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,3 gr/cm ³	2,35 gr/cm ³	memenuhi
8	Penyerapan (<i>absorption</i>)	SNI 03-1969-1990	0,2%-5%	2,88 %	memenuhi

Tabel 4. Hasil Uji Karakteristik Agregat Halus (Pasir Gunung Ilan Batu)

No	Jenis Pengujian	Standar	Syarat	Hasil	Keterangan
----	-----------------	---------	--------	-------	------------

1	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	0,5%-5%	3,90 %	memenuhi
2	Kadar Lumpur	SNI 03-4428-1997	0,2%-6%	0,71 %	memenuhi
3	Bobot Isi(Kondisi Lepas)	SNI 03-4804-1998	1,2-1,9 gr/cm ³	1,28 gram/cm ³	memenuhi
4	Bobot Isi (Kondisi Padat)	SNI 03-1969-1990	1,2-1,9 gr/cm ³	1,46 gram/cm ³	memenuhi
5	Berat Jenis (<i>bulk</i>)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,1 gr/cm ³	2,45 gr/cm ³	memenuhi
6	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,2 gr/cm ³	2,50 gr/cm ³	memenuhi
7	Berat Jenis Semu (<i>apparent</i>)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,3 gr/cm ³	2,58 gr/cm ³	memenuhi
8	Penyerapan (<i>absorption</i>)	SNI 03-1969-1990	0,2%-5%	2,04 %	memenuhi

Rancangan Campuran Beton

1. Agregat Halus (Pasir Sungai) :

Berat jenis (SSD) agregat halus : 2,26 gr/cm³
 Penyerapan air agregat halus : 2,88%
 Kadar air agregat halus : 3,45%
 Modulus kehalusan agregat halus : 2,91%

2. Agregat Halus (Pasir Gunung Ilan Batu) :

Berat jenis (SSD) agregat halus : 2,50 gr/cm³
 Penyerapan air agregat halus : 2,04 %
 Kadar air agregat halus : 3,90 %
 Modulus kehalusan agregat halus : 2,54 %

3. Agregat Kasar

Berat jenis (SSD) agregat kasar : 2,63 gr/cm³
 Penyerapan air agregat kasar : 2,29%
 Kadar air agregat kasar : 1,91%

4. Perkiraan berat campuran untuk 1 m³ beton dengan Pasir Sungai menjadi:

Air : 336,066 kg/m³
 Semen : 200,142 kg/m³
 Agregat halus : 820,521 kg/m³
 Agregat kasar : 1030,108 kg/m³

5. Perkiraan berat campuran untuk 1 m³ beton dengan Pasir Gunung Ilan Batu menjadi:

Air : 336,066 kg/m³
 Semen : 193,412 kg/m³
 Agregat halus : 733,777 kg/m³

Agregat kasar : 1116,556 kg/m³

Tabel 5. Hasil Uji Slump

No	Variasi Beton	Nilai Slump (mm)	Slump rencana (mm)	Keterangan
1	Kontrol	90	75-100	Memenuhi
2	Kontrol	85	75-100	Memenuhi
3	Kontrol	80	75-100	Memenuhi
4	Pasir Gunung	75	75-100	Memenuhi
5	Pasir Gunung	80	75-100	Memenuhi
6	Pasir Gunung	85	75-100	Memenuhi



Gambar 2. Pembuatan benda uji silinder

Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan umur 28 hari

Pada Gambar 4 di atas ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton kontrol dan beton dengan pasir gunung yang dihasilkan setiap harinya mengalami peningkatan, dan pada umur 28 hari hasil uji kuat tekan sebesar 18,78 MPa untuk beton dengan pasir sungai dan 14,72 MPa untuk beton dengan pasir gunung.

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa kuat tekan beton normal tidak mencapai kuat rencana, hal ini bisa terjadi karena beberapa faktor yang dapat mengurangi nilai kuat tekan beton normal diantaranya rasio air semen, kualitas agregat, jumlah udara, proses pencampuran, proses pemadatan dan proses pengerasan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap kuat tekan beton pada berbagai umur (3, 7, 14, 21, dan 28 hari), dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir gunung dari Desa Ilan Batu Uru sebagai agregat halus memberikan hasil yang cukup menjanjikan meskipun belum sepenuhnya menyamai performa beton kontrol yang menggunakan pasir sungai. Pada seluruh umur pengujian, kuat tekan beton dengan pasir gunung menunjukkan nilai yang lebih rendah dibanding beton kontrol, dengan selisih rata-rata berkisar antara 12,78% hingga 27,58%. Pada umur 3 hari, beton kontrol mencapai kuat tekan 8,49 MPa, sedangkan beton pasir gunung hanya mencapai 7,17 MPa (selisih 18,41%). Selisih ini sedikit menurun pada umur 7 hari dengan perbedaan 17,05%, namun meningkat kembali pada umur 14 hari hingga 23,81%. Menariknya, pada umur 21 hari, selisih menurun menjadi 12,78%, mengindikasikan bahwa beton dengan pasir gunung mulai menunjukkan perkembangan kekuatan yang lebih stabil. Namun pada umur 28 hari – usia standar evaluasi kekuatan beton – selisih kembali meningkat menjadi 27,58%, di mana beton kontrol mencapai 18,78 MPa dan beton pasir gunung hanya 14,72 MPa.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun pasir gunung belum sepenuhnya mampu menyamai kualitas pasir sungai dalam hal kuat tekan, namun potensi pemanfaatannya sebagai agregat lokal tetap terbuka lebar, khususnya untuk proyek konstruksi skala kecil hingga menengah atau bangunan non-struktural. Performa yang masih kompetitif, terutama pada umur awal hingga menengah, menjadi indikasi bahwa pasir gunung dapat dioptimalkan lebih lanjut dengan perbaikan gradasi, pencucian agregat, atau penggunaan bahan tambah.

Secara umum, penelitian ini memperkuat urgensi untuk mengeksplorasi dan memanfaatkan sumber daya material lokal secara bijak dan ilmiah. Dengan penelitian lanjutan dan dukungan teknologi, pasir gunung dapat menjadi alternatif yang layak dalam mendukung pembangunan infrastruktur daerah yang lebih hemat biaya dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Fifth Edition. Pearson Education Limited.
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
- Palupi, N. (2019, September). Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Sebagai Katalis Heterogen. *Universitas Lambung Mangkurat*, 1.
- SNI 7656:2012. (2012). *Tata Cara Perancangan Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1974:2011. Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder.
- SNI 4431:2011. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton.
- Tjokrodinuljo K. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri; 2007.
- Ismail ZZ, Yaacob Z. Production of eco-friendly concrete incorporating high volume of waste material as partial replacement of fine aggregate. *Resour Conserv Recycl*. 2009;55(7):669–675.

- Safiuddin M, West JS, Soudki KA. Properties of freshly mixed self-consolidating concrete incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material. *Constr Build Mater.* 2012;30:833–842.
- Meyer C. The greening of the concrete industry. *Cement and Concrete Composites.* 2009;31(8):601–605.
- Rahman MA, Ibrahim MH, Memon SA. Assessment of recycled fine aggregates for concrete production. *J Clean Prod.* 2017;158:681–690.