

Pengaruh Variasi Abu Bunga Pinus dan CaCO_3 Sebagai Substitusi Semen Pada Beton

Raymond Ernesto Lumbaa Palembang*¹ Luciana Buarlele*^{2a} Olan Jujun Sanggaria*³

Submit: 24 Agustus 2026	^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, raymondpalembangan@gmail.com
Review: 27 Agustus 2026	^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, luciana@ukipaulus.ac.id
Revised: 28 Agustus 2026	^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, olansanggaria@ukipaulus.ac.id
Published : 31 Agustus 2026	^a Corresponding Author: luciana@ukipaulus.ac.id

Abstrak

Penelitian tentang teknologi konstruksi terus dikembangkan agar mendapatkan teknologi konstruksi tepat guna. Penelitian ini menggunakan agregat yang bersumber dari Sungai Tanralili yang terletak di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai bahan substitusi semen dan menambahkan abu bunga pinus sebagai *aditif* dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton yang mengandung kalsium karbonat dan abu bunga pinus. Metode Pengujian kuat tarik belah, kuat tekan, kuat lentur yang dilakukan pada benda uji umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah 28 hari, hasil kuat tekan adalah sebagai berikut untuk variasi: (beton standar + 10% CaCO_3) menghasilkan 26.580 MPa, (5% abu bunga pinus + 10% CaCO_3) menghasilkan 27.360 MPa, (7,5% abu bunga pinus + 10% CaCO_3) menghasilkan 26.242 MPa, dan (10% abu bunga pinus + 10% CaCO_3) menghasilkan 24.246 MPa. Hasil uji kuat tarik belah menunjukkan nilai masing-masing sebesar 2,734 MPa, 2,923 MPa, 2,640 MPa, dan 2,498 MPa. Sedangkan untuk kuat lentur, hasilnya adalah 3,092 MPa, 3,146 MPa, 2,983 MPa, dan 2,766 MPa.

Kata Kunci : abu bunga pinus, CaCO_3 , kuat lentur, kuat tarik belah, kuat tekan.

Abstract

Research on construction technology continues to be developed with the aim of producing appropriate and efficient construction technologies. In this study, aggregates sourced from the Tanralili River located in Maros Regency, South Sulawesi, were used. Calcium carbonate (CaCO_3) was applied as a partial cement substitute, and pine flower ash was added as an additive in the concrete mixture. The purpose of this study is to evaluate the compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength of concrete containing calcium carbonate and pine flower ash. The testing methods for splitting tensile strength, compressive strength, and flexural strength were carried out on specimens at the age of 28 days. The test results show that after 28 days, the compressive strength values for each variation are as follows: (standard concrete + 10% CaCO_3) produced 26.580 MPa, (5% pine flower ash + 10% CaCO_3) produced 27.360 MPa, (7.5% pine flower ash + 10% CaCO_3) produced 26.242 MPa, and (10% pine flower ash + 10% CaCO_3) produced 24.246 MPa. The splitting tensile strength results showed values of 2.734 MPa, 2.923 MPa, 2.640 MPa, and 2.498 MPa, respectively. Meanwhile, the flexural strength results were 3.092 MPa, 3.146 MPa, 2.983 MPa, and 2.766 MPa.

Keywords: pine flower ash, CaCO_3 , flexural strength, splitting tensile strength, compressive strength.

PENDAHULUAN

Penelitian ini menggunakan agregat dari Sungai Tanralili yang terletak di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan sebagai agregat kasar dan halus. Kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai bahan pengganti dan menambahkan abu bunga pinus sebagai *aditif* dalam campuran beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton yang menambahkan kalsium karbonat dan abu bunga pinus. Metode Pengujian mencakup kuat tarik belah, kuat tekan, maupun kuat lentur yang dilakukan pada benda uji umur 28 hari.

LCC kalsium karbonat yang ditambahkan dengan cangkang memiliki kuat tekan yang tinggi, dengan penambahan 7,4 % lebih baik dibandingkan dengan beton normal[1]. Penelitian yang memanfaatkan kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan persentasi optimal sebesar 10% dari berat semen[2]. Sedangkan kalsium karbonat yang digunakan sebagai substitusi semen dalam campuran beton menunjukkan semakin tinggi penggunaan kalsium karbonat dapat mengurangi mutu beton[3]. Mineral kalsium karbonat yang terdapat pada pori-pori di dalam beton maupun kerja jamur menyebabkan lekatan beton meningkat[4]. Pengujian beton dengan inovasi serbuk cangkang telur, serbuk granit maupun limbah beton menunjukkan hasil optimum pada 40% serbuk cangkang telur, serbuk granit sebesar 20% serta 20% limbah beton[5]. Campuran beton yang mengandung lebih dari 50% sabut kelapa akan mengurangi kuat tekan [6]. Penggunaan limbah cangkang sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan beton industri tidak disarankan[7]. Dapat dikatakan bahwa penggunaan abu terbang kelas F sebagai substitusi sebagian semen tidak efektif sebagai campur beton dengan mutu rencana 30 MPa[8].

Beton memiliki berat isi rendah jika mengganti agregat halus dengan serbuk gergaji[9]. Kuat tekan beton yang ditambah 50% fragmen marmer, dengan persentase silika fume 0%, 10%, 12,5%, dan 15% sebesar 25.175 MPa, 25.832 MPa, 24.606 MPa, dan 24.229 MPa[10]. Penelitian terhadap beton yang menggunakan substitusi serbuk kayu sebagai agregat halus dalam campuran beton, menunjukkan penurunan terhadap kuat tekan beton. Sebaliknya, rata-rata kuat lentur setelah 28 hari dengan variasi 0% (beton normal) sebesar 3.733 MPa[11]. Uji kuat tekan beton umur 28 hari dengan abu tulang sapi sebagai substitusi sebagian agregat halus menunjukkan kuat tekan rata-rata beton tanpa penambahan lebih tinggi dengan nilai masing-masing adalah 17,78 MPa, 13,85 MPa, 11,19 MPa, dan 10,74 MPa, sementara beton B1 dan B3 memiliki nilai 13,85, 11,19, dan 10,74 MPa [12]. Kuat tekan beton meningkat sebesar 4,02% dengan penggunaan 25% limbah marmer sebagai pengganti sebagian agregat kasar [13]. Dengan menambahkan 10 persen pecahan tempurung terhadap berat agregat kasar sebagai campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 22,038 MPa, lebih tinggi 1,06 persen dibandingkan kuat tekan beton normal yang berdasarkan hasil pengujian sebesar 20,764 MPa[14]. Nilai *slump*, berat volume, dan kuat tekan beton berpengaruh ketika *superplasticizer* digunakan sebagai pengganti air[15].

METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Kalsium karbonat diambil dari CV. XYZ (Pabrik kapur Makassar), Pabentengan, kecamatan Marusu, kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Agregat



Gambar 2. Kalsium Karbonat (CaCO₃)

B. Lokasi Pengambilan Bahan Tambah

Bunga pinus diperoleh dari Hutan Pinus Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Bunga Pinus



Gambar 4. Abu Bunga Pinus

C. Pengujian Karakteristik Agregat

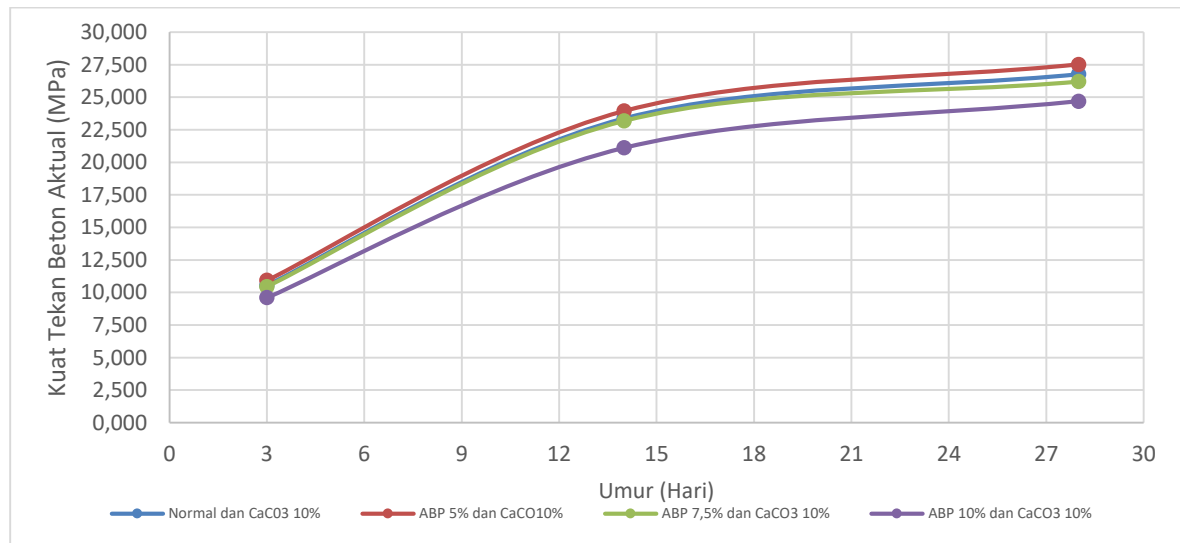
Didalam penelitian ini dilakukan pengujian karakteristik untuk mengetahui kualitas dari agregat kasar dan agregat halus berdasarkan Standar Nasional Indonesia. Hasil pengujian karakteristik dari agregat kasar maupun agregat halus yaitu:

1. Karakteristik agregat kasar : kadar air 3,763%, kadar lumpur 2,107%, berat jenis 2,401, Absorpsi (penyerapan) 0,875%, berat volume padat 1518,333kg/m³, berat volume gembur 1430kg/m³, modulus kehalusan 2,457 dan kadar organik 1. Hasil pengujian memenuhi sesuai batas interval.
2. Karakteristik agregat halus : kadar air 0,807%, kadar lumpur 0,402%, berat jenis 2,555, Absorpsi (penyerapan) 0,725%, berat volume padat 1578,889kg/m³, berat volume gembur 1472,778 kg/m³ dan modulus kehalusan 6,954. Hasil pengujian memenuhi sesuai batas interval.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

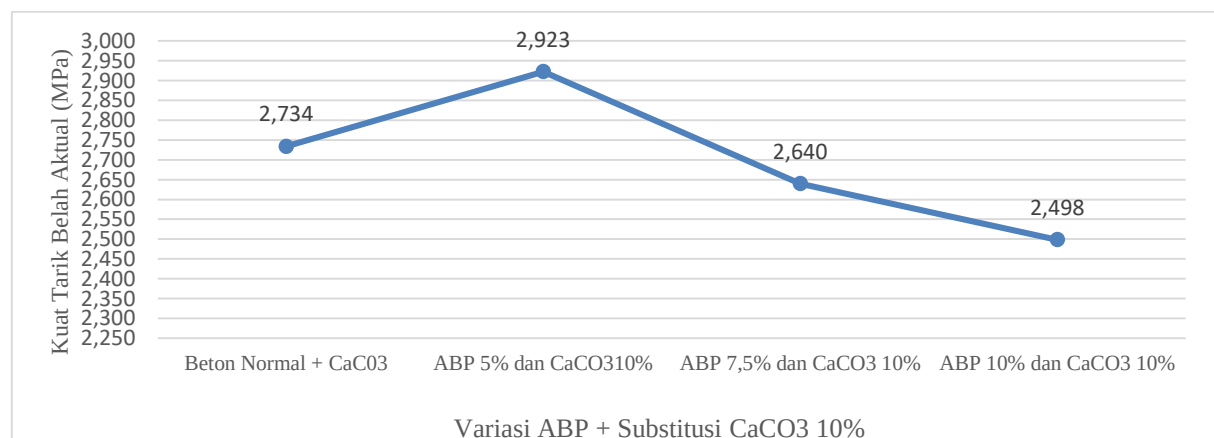
Grafik kuat tekan beton aktual dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian beton dilakukan mulai umur 3 hari, 14 hari maupun 28 hari. Setelah 28 hari hasil kuat tekan untuk variasi: (5% abu bunga pinus + 10% CaCO_3) sebesar 27.360 MPa, (7,5% abu bunga pinus + 10% CaCO_3) adalah 26.242 MPa, dan (10% abu bunga pinus + 10% CaCO_3) menghasilkan 24.246 MPa. Variasi 5% abu bunga pinus tambah 10% CaCO_3 memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya.



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton Aktual

B. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

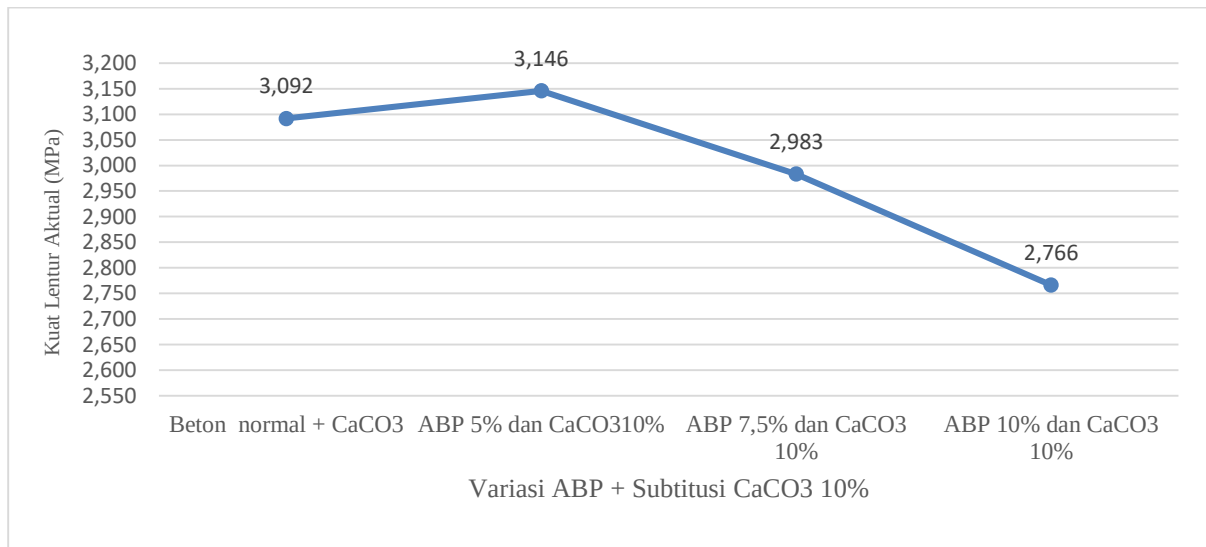
Kuat tarik belah beton yang diperoleh berbanding lurus dengan kuat tekan. Kuat tarik belah yang ditunjukkan pada Gambar 6 menurun seiring dengan peningkatan persentase abu pinus yang ditambahkan dengan variasi tetap 10% CaCO_3 . Menurut hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata beton Normal + 10% CaCO_3 menjadi 5% abu pinus + 10% CaCO_3 menunjukkan peningkatan sebesar 6,91%. Namun menurun pada variasi 7,5% abu pinus + 10% CaCO_3 , serta 10% abu pinus + 10% CaCO_3 , sebesar 9,68% dan 5,38%.



Gambar 6. Grafik Kuat Tarik Belah Beton (ft)

C. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Beban maksimum (P) berbanding lurus dengan kuat lentur beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari campuran normal dengan 10% CaCO_3 ke campuran yang mengandung 5% abu pinus ditambah 10% CaCO_3 , kuat lentur rata-rata beton meningkat sebesar 1,75%, sedangkan campuran dengan 5% abu pinus ditambah 10% CaCO_3 ke campuran dengan 7,5% abu pinus ditambah 10% CaCO_3 , kuat lentur menurun masing-masing sebesar 5,18% dan 7,27%. Grafik kuat lentur beton dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Kuat Lentur Beton (f_r)

D. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah

Berdasarkan Tabel 1, hubungan persentase antara kuat tekan (f'_c) dan kuat tarik belah (f_t) beton untuk campuran dengan 10% CaCO_3 , 5% abu pinus ditambah 10% CaCO_3 meningkat, sedangkan variasi 7,5% abu pinus ditambah 10% CaCO_3 , dan 10% abu pinus ditambah 10% CaCO_3 menurun, namun tetap berada dalam batasan korelasi antara 7 hingga 11%. Nilai kuat tarik belah (f_t) berada dalam batasan yang diizinkan.

Tabel 1. Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah

Variasi	f'_c (MPa)	f_t (MPa)	Hubungan Persentase (%)	Batas Bawah $0.4\sqrt{f'_c}$ (MPa)	Batas Atas $0.56\sqrt{f'_c}$ (MPa)
Normal + CaCO_3 10%	26,580	2,734	10,285	2,062	2,890
Abu bunga pinus 5% + CaCO_3 10%	27,360	2,923	10,683	2,092	2,930
Abu bunga pinus 7,5% + CaCO_3 10%	26,242	2,640	10,060	2,049	2,870
Abu bunga pinus 10% + CaCO_3 10%	24,246	2,498	10,302	1,970	2,757

E. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Lentur

Tabel 2 menunjukkan rasio kuat tekan (f'_c) terhadap kuat lentur (f_r) untuk variasi normal+10% CaCO_3 , 5% abu bunga pinus +10% CaCO_3 , 7,5% abu bunga pinus +10% CaCO_3 , dan 10% abu bunga pinus +10% CaCO_3 . Hubungan kuat tekan terhadap kuat lentur menurun setiap penambahan variasi abu pinus tetapi masih berada di antara 10% hingga 20%.

Tabel 2. Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Kuat Lentur

Variasi	f'_c (MPa)	f_r (MPa)	Hubungan Persentase (%)	Batas Bawah 10% dari f'_c (MPa)	Batas Atas 20% dari f'_c (MPa)
Normal + CaCO_3 10%	26,580	3,092	11,634	2,126	3,987
Abu bunga pinus 5% + CaCO_3 10%	27,360	3,146	11,499	2,189	4,104
Abu bunga pinus 7,5% + CaCO_3 10%	26,242	2,983	11,367	2,099	3,936
Abu bunga pinus 10% + CaCO_3 10%	24,246	2,766	11,408	1,940	3,637

SIMPULAN

Penambahan 5% abu bunga pinus dan substitusi 10% CaCO_3 terhadap berat semen menghasilkan peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton. Tetapi penambahan 7,5% abu bunga pinus ditambah 10% CaCO_3 menurunkan kuat tekan, kuat tarik belah maupun kuat lentur tetapi masih memenuhi mutu rencana 25 MPa. Sedangkan pada penambahan 10% abu bunga pinus dan 10% CaCO_3 kuat tekan beton tidak mencapai mutu rencana. Hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah dan kuat lentur pada semua variasi penambahan abu bungan pinus dengan substitusi tetap CaCO_3 masih dalam batasan yang diizinkan. Penelitian selanjutnya dapat memanfaatkan abu bunga pinus untuk inovasi beton dengan mutu yang lebih tinggi karena kandungan silika yang bersifat pozzolanik pada abu bunga pinus mengisi pori di antara butiran semen dan agregat dalam campuran beton sehingga menjadi padat dan meningkatkan kuat tekan beton.

REFERENSI

- [1] C. R. Putri, D. A. D.P., dan H. Susila, "Analisis Pengaruh Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO_3) Dan Cangkang Kerang Terhadap Kuat Tekan Pada Low Cement Concrete (Lcc)," *J. Civ. Eng. Infrastruct. Technol.*, Vol. 3, No. 2, Hlm. 1–8, Des 2024, Doi: 10.36728/Jceit.V3i2.4035.
- [2] M. Fauzi, D. Arumningsih, dan H. Susila, "Studi Kuat Tekan Beton Ringan Struktural dengan Pemanfaatan Kalsium Karbonat (CaCO_3), Serbuk Batu Apung Dan Tetes Tebu (Molase)," *J. Civ. Eng. Infrastruct. Technol.*, Vol. 4, No. 2, Hlm. 64–70, Des 2025, Doi: 10.36728/Jceit.V4i2.5864.
- [3] N. R. Seru, J. Tanijaya, dan L. Febriani, "Pengaruh Kalsium Karbonat (CaCO_3) Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton Mutu Tinggi," *Paulus Civ. Eng. J.*, Vol. 3, No. 1, Hlm. 70–75, Feb 2021, Doi: 10.52722/Pcej.V3i1.206.
- [4] I. Junaidi, J. J. Ekaputri, S. Purnomo, Ign. H. Sumartono, W. Agustin, dan W. Astuti, "Aplikasi Mikroba Dalam Agregat Buatan Untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton Mengandung Fly Ash," *J. Tek. Sipil*, Vol. 16, No. 4, Hlm. 289–301, Mei 2022, Doi: 10.24002/Jts.V16i4.5677.
- [5] Gunarso, D. A. Dian Purnamawanti, dan Reki Arbiyanto, "Inovasi Eco-Friendly Self Compacting Concrete Menggunakan Serbuk Cangkang Telur, Serbuk Granit, dan Limbah Beton Untuk Mengurangi Limbah di Indonesia," *J. Tek. Sipil Dan Arsit.*, Vol. 29, No. 1, Hlm. 10–16, Jan 2024, Doi: 10.36728/Jtsa.V29i1.3027.

- [6] G. Q. Rizquita, R. D. Kusdian, dan B. A. Bakar, "Penelitian Uji Laboratorium Pengaruh Penggunaan Batu Apung Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Workability Dan Kuat Tekan Beton," *Sist. Infrastruktur Tek. Sipil Simteks*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 108, Sep 2022, Doi: 10.32897/Simteks.V2i1.1541.
- [7] S. R. Abdillah, S. Zulfikar, dan Y. Prima, "Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Sipil Krisna*, Vol. 9, No. 1, Hlm. 39–48, Apr 2023, Doi: 10.61488/Sipilkrisna.V9i1.250.
- [8] E. Anggarini dan D. P. Hardiani, "Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal 30 Mpa," *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, Vol. 6, No. 1, Hlm. 51, Jul 2023, Doi: 10.31602/Jk.V6i1.11559.
- [9] P. N. Aini, R. Roestaman, dan E. Walujodjati, "Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Dalam Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer," *J. Konstr.*, Vol. 19, No. 1, Hlm. 169–178, Des 2021, Doi: 10.33364/Konstruksi/V.19-1.902.
- [10] E. M. Julmile, F. Phengkarsa, dan S. R. Tonapa, "Pengaruh Silica Fume dan Pecahan Batu Marmer Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton," *Paulus Civ. Eng. J.*, Vol. 5, No. 1, Hlm. 29–39, Mar 2023, Doi: 10.52722/Pcej.V5i1.588.
- [11] M. Risal, J. Jasman, dan H. Hamka, "Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton," *J. Karajata Eng.*, Vol. 2, No. 2, Hlm. 31–37, Des 2022, Doi: 10.31850/Karajata.V2i2.1859.
- [12] H. Riyana dan E. Walujodjati, "Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus dengan Abu Limbah Kulit Sapi Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Konstr.*, Vol. 20, No. 2, Hlm. 271–280, Nov 2022, Doi: 10.33364/Konstruksi/V.20-2.1210.
- [13] A. D. Lestari, "Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Dengan Limbah Marmer Sebagai Substitusi Agregat Kasar," *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil Dan Tek. Kim.*, Vol. 6, No. 1, Hlm. 61–69, Mar 2021, Doi: 10.33366/Rekabuana.V6i1.2263.
- [14] D. Irawan dan U. Khatulistiani, "Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal," *Axial J. Rekayasa Dan Manaj. Konstr.*, Vol. 9, No. 1, Hlm. 061, Apr 2021, Doi: 10.30742/Axial.V9i1.1703.
- [15] A. Faqihuddin, dan E. Kurniati, "Tinjauan Campuran Beton Normal dengan Penggunaan Superplasticizer Sebagai Bahan Pengganti Air Sebesar 0%; 0,3%; 0,5% Dan 0,7% Berdasarkan Berat Semen," *J. Civ. Eng. Plan.*, Vol. 2, No. 1, Jun 2021, Doi: 10.37253/Jcep.V2i1.4389.