

PEMANFAATAN BUBUK GAMPING SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON

*Yohanes Laka suku¹, Marselinus Y. Nisanson², Maria Andriani Moi³

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Flores, Ende, Nusa Tenggara Timur

³Alumni Program Studi Teknik Sipil, Universitas Flores, Ende, Nusa Tenggara Timur

*)Email: yohanessuku@gmail.com

ABSTRACT

The study on the utilization of limestone powder as a substitute or replacement material for cement in concrete mixtures aims to determine its effect on the mechanical properties of concrete, namely compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength. The limestone powder used is derived from limestone from the village of Lengko Lolok, East Manggarai Regency, with substitution proportions of 0%, 5%, 10%, and 15% by weight of cement. The compressive, splitting tensile, and flexural strengths of the concrete were measured at 14 and 28 days. The results show that concrete without limestone powder substitution achieved an average compressive strength of 20.2 MPa, meeting the planned target. However, the addition of limestone powder from the village of Lengko Lolok, East Manggarai Regency, generally decreased the average compressive, splitting tensile, and flexural strengths of the concrete. Nonetheless, the addition of limestone powder had a positive effect in accelerating the increase in early-age flexural strength of the concrete.

Keyword: Lime Powder; Compressive Strength; Tensile Strength; Flexural Strength

ABSTRAK

Penelitian tentang pemanfaatan bubuk gamping sebagai bahan substitusi atau pengganti semen pada campuran beton, bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik beton, yakni kuat tekan, tarik belah dan lentur beton. Bubuk gamping yang digunakan berasal dari batu gamping desa Lengko Lolok kabupaten Manggarai Timur dengan proporsi substitusi terhadap berat semen sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%. Kuat tekan, tarik belah dan lentur beton diukur dengan pengujian pada beton usia 14 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton tanpa substitusi bubuk gamping mencapai kuat tekan rata-rata 20,2 MPa, sesuai dengan target yang direncanakan. Namun, penambahan bubuk gamping dari batu gamping desa Lengko Lolok, Kabupaten Manggarai Timur, umumnya menurunkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur rata-rata beton. Meskipun demikian, penambahan bubuk gamping menunjukkan efek positif dalam mempercepat peningkatan kuat lentur beton pada usia awal.

Kata kunci: Bubuk Gamping; Kuat Tekan; Kuat Tarik; Kuat Lentur.

1. PENDAHULUAN

Beton sebagai bahan bangunan banyak digunakan untuk membangun bangunan seperti gedung, jembatan, bendungan dan sarana prasarana umum lainnya. Penggunaan beton sebagai bahan beton banyak diminati karena mudah dalam pembuatannya, kuat menahan gaya tekan, tahan terhadap perubahan cuaca dan suhu dan harganya relatif murah dibandingkan bahan bangunan lainnya. Beton terdiri dari dua bagian utama yaitu pasta semen dan agregat, dimana pasta semen terdiri dari semen portland, air dan juga dapat ditambah dengan bahan tambahan (admixture) dan agregat terdiri dari agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir).

Kualitas beton sangat tergantung dari kualitas bahan pembentuknya, dan untuk mendapatkan kualitas beton dengan kuat tekan yang tinggi harus direncanakan dengan baik sesuai dengan tatacara yang diatur dalam standar perencanaan campuran beton. Tatacara perencanaan campuran beton saat ini diatur dalam SNI 7656:2012 yang mana tatacara ini mengikuti tatacara yang diatur dalam *American Concrete Institute (ACI) 211.1-91*. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang teknologi beton mendorong dilakukan penelitian pemanfaatan bahan lain sebagai substitusi semen untuk meningkatkan kualitas mutu beton dan efisiensi dalam pembuatannya seperti bubuk gamping, abu terbang (*fly ash*) dan abu arang kayu, [1], [2].

Penggunaan bubuk gamping dalam pembuatan campuran beton sudah banyak diteliti, antara lain oleh [3] diperoleh bahwa penambahan serbuk batu gamping sebesar 15% dengan factor air semen, fas 0,4 meningkatkan kuat tekan sebesar 0,95% dan pada fas 0,5 sebesar 1,71%. [4] melakukan penelitian dengan menggunakan batu gamping sebagai agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton, hasil penelitian diperoleh kuat tekan, f_c dengan fas 0,2 sebesar 55,13 MPa dari target rencana 50 MPa. Dengan demikian penggunaan bubuk gamping baik sebagai bahan substitusi semen maupun agregat halus dan kasar dalam pembuatan beton dapat dilakukan, hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh [5] menyatakan bahwa semen alternatif dari bahan batu gamping dan *fly ash* dapat dijadikan sebagai bahan pengganti semen Portland hal ini karena dalam serbuk batu gamping mengandung mineral yang serupa dengan semen yakni kalsium karbonat beserta silika, aluminium dan magnesia.

Pemanfaatan bubuk gamping sebagai substitusi semen dapat menghemat biaya pembuatan beton dan juga merupakan pembangunan yang berwawasan lingkungan yang belum banyak diketahui oleh masyarakat khususnya masyarakat di Pulau Flores. Ketersediaan batu gamping di Pulau Flores cukup banyak dan tersebar di beberapa wilayah, salah satunya di desa Lengko Lolok kabupaten Manggarai Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu apakah batu gamping dari desa Lengko Lolok kabupaten Manggarai Timur dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton normal, adapun sifat mekanik beton yang diteliti adalah kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur yang terjadi akibat substitusi bubuk gamping terhadap semen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Batu Gamping

Batu gamping atau batu kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan untuk konstruksi sebagai bahan bangunan, landasan jalan raya dan kereta api dan sebagai pengganti agregat dan semen dalam campuran beton karena dalam batu gamping mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$), beserta silika (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan magnesium oksida (MgO) yang serupa dengan semen [3], [4], [5].

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan ciri terpenting untuk mengukur kualitas dan mutu suatu beton. Untuk mendapat suatu nilai kuat tekan beton yang sesuai rencana maka harus direncanakan proporsi campuran agregat kasar, halus, semen dan air. Nilai kuat tekan beton didapat dari percobaan uji tekan terhadap benda uji berbentuk silinder yang berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, nilainya adalah besarnya beban tekan yang menyebabkan benda uji hancur dibagi dengan luas benda uji, dihitung dengan menggunakan persamaan 1 berikut:

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

dengan f'_c = Kuat tekan beton (MPa), P = Beban tekan beton (N) dan A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton merupakan salah satu sifat mekanik penting pada struktur beton karena dapat mempengaruhi ukuran, retak dan lendutan yang terjadi pada beton akibat pengaruh beban luar. Nilai kuat tarik beton selalu lebih kecil dari nilai kuat tekannya [6]. Pengujian kuat tarik beton secara langsung lebih sulit dilakukan dibandingkan kuat tekannya, karena masalah pada penjempitan (*gripping*) benda uji pada mesin. Pengujian kuat tarik dengan cara pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya yang dikenal dengan istilah tarik Brazilien atau kuat tarik belah dan merupakan cara yang relatif mudah untuk dilakukan [7]. Nilai kuat tarik dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$f'_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

dengan f'_{ct} = Kuat tarik belah beton (MPa), P = Beban maksimum (N), L = Panjang benda uji silinder (mm) dan D = Diameter silinder (mm)

Kuat Lentur Beton

Lentur Beton (*Modulus of Rupture*) Pengujian kuat lentur menggunakan benda uji balok tanpa tulangan pada umur beton 28 hari. Menurut SNI 4431-2011 Pembebanan dilakukan 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni [8]. Kuat lentur dapat dihitung dengan persamaan berikut jika bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah).

$$f_{lt} = \frac{PL}{bh^2} \quad (3)$$

Jika patahan benda uji berada diluar pusat (1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka dapat menggunakan persamaan berikut :

$$f_{lt} = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (4)$$

dengan f_{lt} = Kuat lentur (MPa), P = Beban maksimum (N), L = Panjang bentang (mm), b = Lebar balok (mm), h = Tinggi balok (mm) dan a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada bagian tarik specimen (mm).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium bahan dan konstruksi program studi teknik sipil Universitas Flores, adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan dan alat, bahan yang digunakan yakni agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bubuk gamping dan alat-alat untuk memeriksa sifat fisik dan mekanik agregat kasar dan halus serta alat uji kuat tekan, tarik belah dan lentur.
2. Pemeriksaan sifat fisik dan mekanik agregat kasar dan halus, pemeriksaan meliputi pemeriksaan gradasi, berat jenis, absorsi, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.
3. Perencanaan dan pembuatan benda uji, terdiri dari perencanaan campuran beton mutu 20 MPa menggunakan metode [9], pembuatan benda uji, dan perawatan beton.
4. Pengujian kekuatan beton, terdiri dari pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah menggunakan selinder beton diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan kuat lentur beton menggunakan balok beton ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm [8], [10], [11], pada usia 14 hari dan 28 hari, terlihat pada gambar 1.
5. Analisa data, hasil pengujian yang telah dilakukan dianalisis dan disimpulkan berdasarkan tujuan dari penelitian.



a. Kuat tekan

b. Kuat tarik belah

c. Kuat lentur

Sumber: Penulis, 2024

Gambar 1. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan lentur

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Agregat

Hasil pengujian sifat mekanik agregat kasar dapat dilihat pada tabel 1 dan untuk agregat halus pada tabel 2. Berdasarkan tabel 1, hasil pengujian sifat fisik agregat kasar memenuhi batas interval yang disyaratkan sehingga material tersebut bisa langsung digunakan.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Batas	Keterangan
1	Berat jenis, SSD	2,31	1,6 - 3,2	memenuhi
2	Kadar lumpur	0,72 %	0,2% - 1%	memenuhi
3	Berat isi	1,49 gr/cm ³	1,4-1,9 gr/cm ³	memenuhi
4	Keausan	9,45%	15% - 50%	memenuhi
5	Kadar air	1,81 %	0,5% - 2%	memenuhi
6	Penyerapan	2,89 %	0,2% - 4%	memenuhi

Sumber: Penulis, 2024

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Batas	Keterangan
1	Berat jenis, SSD	2,64	1,6 - 3,2	memenuhi
2	Kadar lumpur	1,76 %	0,2% - 5%	memenuhi
3	Berat isi	1,42 gr/cm ³	1,4-1,9 gr/cm ³	memenuhi
4	Modulus kehalusan	3,32	2,2 - 3,1	tinggi
5	Kadar air	3,35 %	3% - 5%	memenuhi
6	Penyerapan	0,49 %	0,2% - 2%	memenuhi

Hasil pengujian agregat halus pada tabel 2, diperoleh bahwa nilai modulus kehalusan melampaui batas atas dari syarat yang ditetapkan, namun demikian agregat halus ini masih bisa digunakan, karena menurut penelitian yang dilakukan oleh [12] dan [13] diperoleh bahwa modulus kehalusan pasir tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton.

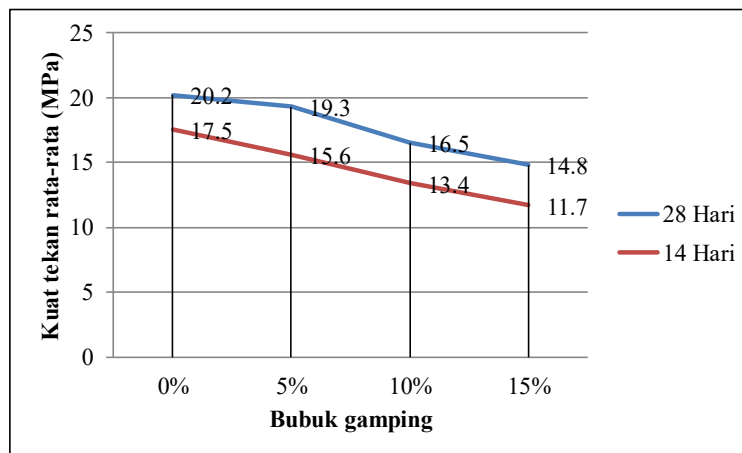
Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata pada beton berumur 14 hari dan 28 hari disajikan pada tabel 3 dan gambar 2. Tabel dan gambar tersebut menampilkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pada dua waktu berbeda, yaitu saat umur 14 hari dan 28 hari. Data tersebut dikelompokkan berdasarkan persentase campuran bubuk kapur gamping (bubuk kapur) yang digunakan dalam pembuatan beton.

Tabel 3. Kuat tekan beton rata-rata tanpa dan dengan bubuk gamping

Bubuk Gamping	Kuat tekan rata-rata (MPa)		Prosentase kekuatan (%)	
	14 Hari	28 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	17,5	20,2	86,7	100
5%	15,6	19,3	77,2	99,5
10%	13,4	16,5	66,3	81,7
15%	11,7	14,8	57,9	73,3

Sumber: Penulis, 2024



Sumber: Penulis, 2024

Gambar 2. Kuat tekan rata-rata beton tanpa dan dengan bubuk gamping

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 2 diatas, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata tanpa substitusi bubuk gamping sebesar 20,2 MPa, sesuai target kuat tekan yang direncanakan yakni sebesar 20 MPa. Pada data tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase bubuk gamping dalam campuran beton, maka kuat tekan rata-rata beton cenderung menurun pada kedua waktu pengujian, baik pada umur 14 hari maupun 28 hari. Berdasarkan data tersebut juga dapat disimpulkan bahwa penambahan bubuk gamping hingga 5% pada campuran beton masih mempertahankan sebagian besar kekuatan beton tersebut, dengan persentase kekuatan relatif diatas 99% dan laju peningkatan kuat tekan akibat substitusi bubuk gamping terhadap semen menjadi lebih kecil dibandingkan beton tanpa bubuk gamping.

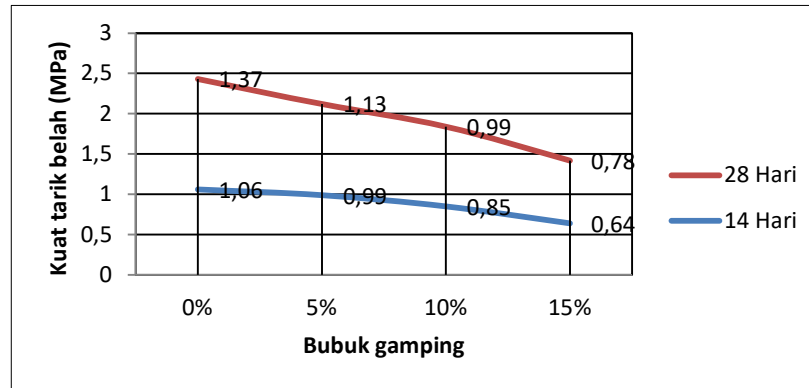
Kuat Tarik Belah Beton

Hasil uji kuat tarik belah beton disajikan pada tabel 4 dan gambar 3 pada dua waktu yang berbeda, yaitu pada umur 14 hari dan 28 hari, dengan variasi persentase bubuk gamping dalam campuran beton. Data dalam tabel dan gambar tersebut memberikan gambaran tentang bagaimana penambahan bubuk gamping mempengaruhi kuat tarik belah beton pada berbagai tahap pengerasan.

Tabel 4. Kuat tarik belah beton tanpa dan dengan bubuk gamping

Bubuk Gamping	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)		Prosentase kekuatan (%)	
	14 Hari	28 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	1,06	1,37	77,4%	100%
5%	0,99	1,13	72,3%	82,5%
10%	0,85	0,99	62,0%	72,3%
15%	0,64	0,78	46,7%	56,9%

Sumber: Penulis, 2024



Sumber: Penulis, 2024

Gambar 3. Kuat tarik belah rata-rata beton tanpa dan dengan bubuk gamping

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, dapat diamati bahwa penambahan bubuk gamping dalam campuran beton cenderung memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik belah beton, dimana penambahan bubuk gamping menghasilkan penurunan kuat tarik belah beton. Sebagai contoh, pada umur 28 hari, beton tanpa tambahan bubuk gamping dijadikan sebagai referensi dengan persentase kekuatan 100%. Namun, dengan penambahan bubuk gamping sebesar 5%, 10%, dan 15%, terjadi penurunan persentase kekuatan relatif menjadi 82,5%, 72,3%, dan 56,9% secara berturut-turut. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase bubuk gamping yang ditambahkan ke dalam campuran beton, semakin signifikan pula penurunan kuat tarik belah beton.

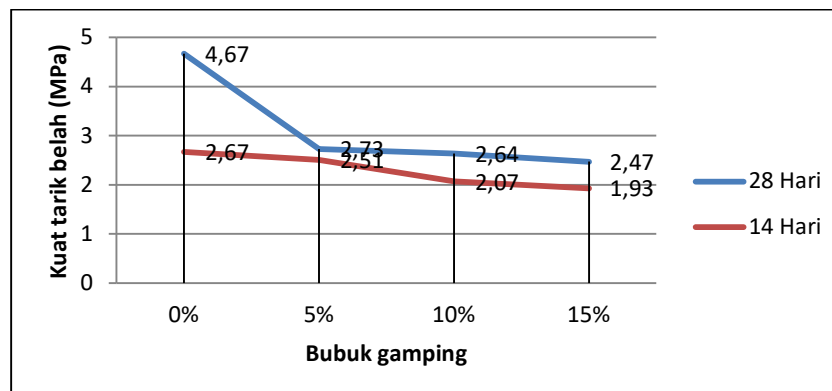
Kuat Lentur Beton

Hasil uji kuat lentur rata-rata beton pada dua waktu pengujian, yaitu pada umur 14 hari dan 28 hari, dengan berbagai persentase penambahan bubuk gamping dalam campuran beton disajikan pada tabel 5 dan gambar 4 berikut.

Tabel 5. Kuat lentur beton tanpa dan dengan bubuk gamping

Bubuk Gamping	Kuat lentur rata-rata (MPa)		Prosentase kekuatan (%)	
	14 Hari	28 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	2,67	4,67	57,2%	100%
5%	2,51	2,73	53,7%	58,5%
10%	2,07	2,64	44,3%	56,5%
15%	1,93	2,47	41,3%	52,9%

Sumber: Penulis, 2024



Sumber: Penulis, 2024

Gambar 5. Kuat lentur beton rata-rata dengan bubuk gamping

Berdasarkan data yang ditunjukkan dalam Tabel 5 dan Gambar 6, terlihat bahwa penambahan bubuk gamping sebagai substitusi semen menyebabkan penurunan kuat lentur beton. Pada substitusi sebesar 5%, terjadi penurunan kuat lentur beton sebesar 41,5%. Penurunan ini meningkat pada substitusi yang lebih tinggi, yaitu 43,5% pada

substitusi 10% dan 47,1% pada substitusi 15%. Meskipun demikian, dari gambar 5 terlihat bahwa penambahan bubuk gamping memiliki efek positif dalam mempercepat peningkatan kuat lentur beton pada usia awal. Pada usia 14 hari, selisih antara kuat lentur beton tanpa bubuk gamping (0%) dari kekuatan maksimalnya pada usia 28 hari sebesar 2,0 Mpa, dengan penambahan bubuk gamping 5%, 10% dan 15%, mempunyai selisih sebesar 0,2 MPa, 0,6 Mpa dan 1,1 Mpa dari kekuatan maksimal pada usia 28 hari. Percepatan peningkatan kuat lentur pada usia awal menunjukkan bahwa bubuk gamping dapat bermanfaat untuk aplikasi yang memerlukan percepatan peningkatan kekuatan lentur awal beton.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal terkait pengaruh penambahan bubuk gamping pada kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton sebagai berikut.

1. Beton tanpa substitusi bubuk gamping memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 20,2 MPa, sesuai dengan target yang direncanakan.
2. Penambahan bubuk gamping dari batu gamping desa Lengko Lolok kabupaten Manggarai Timur dalam campuran beton cenderung menurunkan kuat tekan, tarik belah dan lentur rata-rata beton.

Penambahan bubuk gamping memiliki efek positif dalam mempercepat peningkatan kuat lentur beton pada usia awal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Gobhe, Y. L. Suku, and V. M. Radja, "Pengaruh Penambahan Tinja Sapi Sebagai Campuran Dalam Pembuatan Batu Bata," *Teknosiar*, vol. 17, no. 2, pp. 20–28, 2023, doi: <https://doi.org/10.37478/teknosiar.v17i2>.
- [2] M. Cunradiana, F. X. Ndale, and Y. L. Suku, "Pengaruh Penggunaan Tepung Bata Ringan Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton," *Teknosiar*, vol. 14, no. 1, pp. 20–27, 2020, doi: [10.37478/teknosiar.v14i1.1132](https://doi.org/10.37478/teknosiar.v14i1.1132).
- [3] G. B. Putro and Y. Nurchasanah, "Tinjauan Kuat Tekan Beton Dengan Serbuk Batu Gamping Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton," *Artikel Ilmiah Matiks*, vol. 6, no. 2, pp. 16–21, 2011.
- [4] J. Jabair, "Pemanfaatan Batu Gamping Enrekang Dalam Campuran Beton Kekuatan Tinggi," *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, vol. 2, no. 1, p. 8, 2022, doi: [10.31963/jacee.v2i1.3362](https://doi.org/10.31963/jacee.v2i1.3362).
- [5] F. P. Marzuky and E. Jogaswara, "Potensi Semen Alternatif Dengan Bahan dasar Padalarang dan Fly Ash Suralaya untuk Konstruksi Rumah Sederhana," *Sustainability Dalam Bidang Material, Rekayasa Dan Konstruksi Beton*, pp. 107–129, 2001.
- [6] Y. L. Suku, "Pemodelan dan Analisis Perilaku Balok Beton Bertulang yang Berbeda Diameter Akibat Variasi Tata Letak Tulangannya," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 24, no. 1, p. 20, 2018, doi: [10.14710/mkts.v24i1.17303](https://doi.org/10.14710/mkts.v24i1.17303).
- [7] M. N. M. Kosakoy, S. E. Wallah, and R. Pandaleke, "Perbandingan Nilai Kuat Tarik Langsung Dan Tidak Langsung Pada Beton Yang Menggunakan Fly Ash," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, no. 7, pp. 383–392, 2017.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan, SNI 4431-2011," *SNI 4431-2011*, pp. 1–16, 2011.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 7656:2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. 2012.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, "Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011," *SNI 1974-2011*, pp. 1–20, 2011.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SNI 03-2491-2002," *SNI 03-2491-2002*, pp. 1–9, 2002.
- [12] B. G. Dimalouw and P. Saelan, "Tinjauan Kembali Mengenai Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton," *Teknik Sipil*, vol. 2, no. 3, pp. 15–26, 2016.
- [13] G. Hariyanto, H. Ashad, and A. Alifuddin, "Pengaruh Modulus Kehalusan Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, vol. 6, no. 3, pp. 193–202, 2021, doi: [10.33096/jtism.v6i3.346](https://doi.org/10.33096/jtism.v6i3.346).