

## PENGARUH SERBUK BATU PARAS BELAYU SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

I Made Ari Suhartapa<sup>3</sup>, I Nyoman Suta Widnyana<sup>2</sup> dan I Putu Laintarawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia, Jl. Sangalangit, Penatih, Denpasar

<sup>1</sup>Email: suhartapa.ari@gmail.com

<sup>2</sup>Email: gussuta@yahoo.co.id,

<sup>3</sup>Email: Ltrwnn@gmail.com,

**Abstrak:** Semen merupakan bahan penyusun yang paling utama pada pembuatan beton, semen terbentuk dari proses oksidasi atau pemanasan batu kapur menggunakan batu bara pada suhu tinggi. Proses pemanasan tersebut menghasilkan zat CO<sub>2</sub> berlebih yang berdampak buruk pada lingkungan, Sehingga pada penelitian ini peneliti melaksanakan penelitian tentang pengaruh serbuk batu paras (SBP) sebagai substitusi semen portland (SPI) pada campuran beton dikarenakan batu paras memiliki kandungan mineral silika dan alumina yang cocok digunakan sebagai pazzolan. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk kubus berukuran (150 x 150 x 150) mm, dengan perbandingan : (0% SBP : 100 SPI), (2,5% SBP : 97,5% SPI), (5%SBP : 95% SPI) dan (10% SBP : 90% SPI) yang diuji pada umur 28 hari. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilaksanakan berdasarkan SNI 7656-2012 dengan mutu rencana beton 20,75 MPa tergolong mutu beton untuk struktur bangunan. Dari hasil pengujian didapatkan pengaruh serbuk batu paras sebagai substitusi semen pada campuran beton mengalami peningkatan kuat tekan beton pada persentase 2,5%-5% dan pada persentase 10% mengalami penurunan kuat tekan beton.

**Kata kunci:** Beton, serbuk batu paras, kuat tekan

*Abstract: Cement is the most important building material in making concrete, cement is formed from the oxidation process or heating of limestone using coal at high temperatures. The heating process produces excess CO<sub>2</sub> which has a negative impact on the environment. So in this research the researchers conducted research on the effect of sandstone powder (SBP) as a substitute for Portland cement (SPI) in concrete mixtures because sandstone contains silica and alumina minerals which are suitable for use. as pazzolan. The test object used in this study was a cube measuring (150 x 150 x 150) mm, with the ratio: (0% SBP : 100 SPI), (2.5% SBP : 97.5% SPI), (5%SBP : 95% SPI) and (10% SBP : 90% SPI) which were tested at 28 days of age. Concrete mix planning (mix design) is carried out based on SNI 7656-2012 with concrete design quality 20.75 MPa, classified as concrete quality for building structures. From the test results, it was found that the effect of sandstone powder as a cement substitute in the concrete mixture increased the compressive strength of the concrete at a percentage of 2.5% -5% and at a percentage of 10% the compressive strength of the concrete decreased.*

**Keywords:** Concrete, Paras stone powder, compressive strength

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang sangat umum digunakan dalam kegiatan konstruksi. Berbagai jenis bangunan penunjang infrastruktur dibangun menggunakan material beton. Material beton memiliki keunggulan salah satunya adalah memiliki kekuatan menahan beban tekan yang sangat tinggi sehingga material beton sangatlah cocok digunakan untuk berbagai bangunan infrastruktur, diantaranya gedung, bendungan, saluran irigasi, jembatan, jalan raya dan bangunan penunjang infrastruktur lainnya. Beton tersusun dari berbagai material. Kualitas beton sangat tergantung dari kualitas material penyusunnya. Bahan utama dalam pembuatan beton adalah semen, air, agregat halus, agregat kasar dan terkadang terdapat bahan tambahan aditif jika diperlukan (Martin Amerigo, 2022).

Seiring berkembangnya jumlah penduduk, kebutuhan beton semakin meningkat dikarenakan beton merupakan bahan bangunan yang mudah diaplikasikan dan harga relative murah. Semen merupakan bahan penyusun yang paling utama pada beton, semen terbentuk dari proses oksidasi atau pemanasan batu kapur menggunakan batu bara pada suhu tinggi. Proses pemanasan tersebut menghasilkan zat CO<sub>2</sub> berlebih yang berdampak buruk pada lingkungan (Endah Laksmi Nugraha, 2016).

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidraulik yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silika yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI

7656:2012). Semen dapat diganti atau ditambahkan dengan bahan pazzolan. bahan pazzolan merupakan bahan yang mengandung silika senyawa dan alumina yang tidak memiliki sifat mengikat seperti semen tetapi dalam bentuknya yang halus senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen (SNI 15-0302: 2004).

Banyak material alam yang memiliki sifat pazzolan salah satunya batu paras berjenis tufa vulkanik berasal dari banjar beringkit, desa belayu yang memiliki kandungan senyawa silika oksida sebesar 70-90% dan aluminium oksida sebesar 2-10% (Pranajaya dan Eratodi, 2022). Penambahan serbuk batu paras yang digunakan sebagai filler pada campuran beton pernah dilaksanakan dan mengalami peningkatan kuat tekan beton pada penambahan serbuk batu paras 0% sampai dengan 5% dari berat semen (Hardagung dkk., 2014)

Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh penelitian terdahulu peneliti akan mencoba meneliti tentang penggantian semen menggunakan serbuk batu paras belayu yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk batu paras (SBP) belayu sebagai substitusi semen portland (SPI) terhadap kuat tekan beton pada perbandingan (0% SBP : 100% SPI), (2,5% SBP : 97,5% SPI), (5% SBP : 95% SPI), (10% SBP : 90% SPI) dan berapa nilai optimal untuk campuran beton. Mutu rencana yang digunakan adalah mutu beton struktur 20,75 MPa yang pada umumnya digunakan pada pekerjaan struktur bangunan, pengujian beton dilaksanakan pada umur 28 hari.

## 2. METODE PENELITIAN

### Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium beton, fakultas teknik, universitas hindu indonesia.

### Bahan penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk batu paras (SBP) belayu dikumpulkan dari limbah galian batu paras yang dikeringkan dengan cara dijemur dibawah terik matahari selama 2 hari dan diayak dengan mesin sieve lolos saringan no. 200. Kandungan mineral serbuk batu paras dapat dilihat pada tabel 1. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari gunaksa, kabupaten kelungkung sedangkan agregat kasar berasal dari sebudi, kabupaten karangasem. Pemeriksaan agregat bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada agregat, persentase kadar air pada agregat, berat jenis agregat, berat isi *sovelling* dan *rodding* agregat serta gradasi agregat. Dari hasil pemeriksaan tersebut dipergunakan untuk menentukan perencanaan campuran (*mix design*)

yang tepat sesuai dengan mutu yang telat direncanakan.



Gambar 1. Serbuk batu paras (SBP)

Tabel 1. Kandungan Mineral SBP

Senyawa	Komposisi Kimia
Silika Oksida $SiO_2$	70-95%
Aluminium Oksida $Al_2O_2$	2-10%

Sumber : Pranajaya dan Eratodi (2022).

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland type I merk gresik. air yang digunakan bersumber dari PDAM lab teknik UNHI.

Perencanaan campuran beton dilaksanakan berdasarkan SNI 7656-2012. Penelitian ini terdapat 4 (empat) model setiap model terdiri dari 5 benda uji, model 1 merupakan perbandingan (0% SBP :100% SPI), model 2 merupakan perbandingan (2,5% SBP : 97,5% SPI), model 3 merupakan perbandingan (5% SBP : 95% SPI) dan model 4 merupakan perbandingan (10% SBP : 90% SPI) yang diuji pada umur 28 hari. Perencanaan campuran beton dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perencanaan campuran beton

Sampel	SBP (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (ltr)	benda uji
1	-	7,672	10,352	20,496	4,173	5
2	0,192	7,480	10,352	20,496	4,173	5
3	0,384	7,288	10,352	20,496	4,173	5
4	0,767	6,905	10,352	20,496	4,173	5

### Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji pada penelitian pengaruh serbuk batu paras (SBP) sebagai substitusi semen portland (SPI) terhadap kuat tekan beton dibuat sesuai dengan perencanaan campuran pada tabel 2. Pembuatan benda uji diawali dengan menghidupkan mixer listrik dengan kapasitas 50 kg bilas dengan sedikit air supaya permukaan mixer basah setelah itu masukan krikil dan pasir sebelum melanjutkan ketahapan berikutnya,

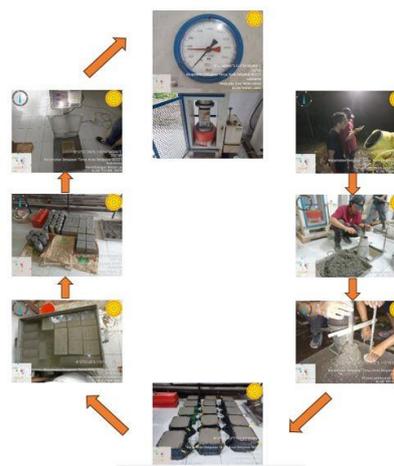
campur terlebih dahulu serbuk batu paras dengan semen secara merata dan tuangkan ke mixer listrik dilanjutkan dengan menuangkan air sedikit demi sedikit sampai tercampur merata.

Setelah bahan tercampur secara merata, siapkan wadah dan kerucut *abrams* untuk melaksanakan pengujian *workability (skump)*. Pengujian *slump* dilaksanakan dengan memasukkan campuran beton kedalam kerucut secara bertahap, sebanyak 3 kali lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan cara menusuk atau memadatkan sebanyak 25 kali pukulan menggunakan tongkat baja. Setelah pemadatan tersebut selesai, ratakan bagian atas kerucut *abrams* dan diamkan selama 30 detik. Langkah selanjutnya angkat kerucut secara perlahan ke arah vertikal. Setelah kerucut *abrams* diangkat kemudian taruh secara terbalik di sebelah adukan dan lakukan pengukuran ketinggian penurunan campuran terhadap ketinggian kerucut *abrams*.

Campuran yang telah dilakukan pengujian *slump* lalu tuangkan pada cetakan kubus berukuran (150 x 150 x 150)mm yang sudah dibaluri oli supaya benda uji gampang dilepaskan dengan cetakan. Pada proses penuangan campuran beton dilakukan 3 lapisan penuangan dengan memadatkan 32 kali setiap lapisan kemudian meratakan permukaan atas campuran beton. Setelah benda uji berumur 24 jam cetakan kubus dilepaskan kemudian dilanjutkan pada tahap perawatan benda uji.

Benda uji yang telah dilepaskan dari cetakan kemudian diberikan tanda sesuai dengan persentase penggantian semen menggunakan serbuk batu paras. Langkah selanjutnya siapkan tempat perendaman benda uji kemudian masukan benda uji yang sudah di berikan tanda kedalam tempat perendaman dan tutup dengan karung goni basah selama 14 hari.

Setelah dilaksanakan perendaman benda uji selama 14 hari kemudian benda uji di angkat dan diangin-anginkan untuk dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Benda uji yang sudah berumur 28 hari kemudian di timbang dan diuji kuat tekannya dengan cara meletakkan benda uji secara simetris pada mesin uji desak namun sebelum itu bagian bawa dan atas harus memiliki sisi yang rata supaya beton mendapatkan kekuatan yang merata. Langkah selanjutnya nyalakan mesin uji kuat tekan, pembebanan dihentikan apabila jarum penunjuk beban kembali atau menurun. Itu menandakan beton tidak kuat lagi menahan tekanan. Kemudian mencatat hasil dari beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji. Dokumentasi pembuatan benda uji sampai dengan pengujian benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan benda uji

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil pemeriksaan

Hasil pemeriksaan agregat halus yang berasal dari gunaksa, kabupaten kelungkung dan agregat kasar yang berasal dari sebudi, kabupaten karangasem meliputi pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan persentase kadar air, pemeriksaan berat jenis pemeriksaan berat isi *sovelling* dan *rodding*, serta pemeriksaan gradasi agregat menunjukkan bahwa agregat halus dan kasar dapat langsung digunakan untuk pembuatan campuran beton.

Tabel. 3 Hasil pemeriksaan agregat halus dan kasar

Pemeriksaan	Agregat halus	Agregat kasar
Kadar lumpur	4,63%	2,40%
Kadar air	6,94%	2,15%
Penyerapan	7,76%	1,83%
Berat jenis	2,23 gr/cm <sup>3</sup>	2,35 gr/cm <sup>3</sup>
Berat isi	1,284 gr/ml	1,351 gr/ml
Modulus	2,88	6,73
Kehalusan Butir		

#### Hasil pengujian kuat tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari pada setiap model yang terdiri dari 5 sampel dapat dilihat pada Tabel 4, 5, 6, 7 memperlihatkan hasil nilai kuat tekan beton dengan variasi perbandingan serbuk batu paras (SBP) terhadap semen portland (SPI) model 1 dengan perbandingan (0% SBP : 100% SPI), model 2 (2,5% SBP : 97,5 SPI), model 3 (5% SBP : 95% SPI), model 4 (10% SBP : 90% SPI). Terjadi peningkatan kuat tekan beton pada penggantian semen menggunakan serbuk batu paras persentase 2,5% - 5% dan mengalami penurunan kuat tekan beton pada penggantian 10% semen dengan menggunakan serbuk batu paras yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 4. Hasil kuat tekan beton model 1

Kode	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Beban P (N)	A (mm) <sup>2</sup>	f <sup>'</sup> c=P/A (MPa)
I A	28	7,65	580.529	22.500	25,80
I B	28	7,55	639.423	22.500	28,42
I C	28	7,50	546.875	22.500	24,31
I D	28	7,60	639.423	22.500	28,42
I E	28	7,50	631.010	22.500	28,04
Kuat tekan rata-rata					27,00

Tabel 5. Hasil kuat tekan beton model 2

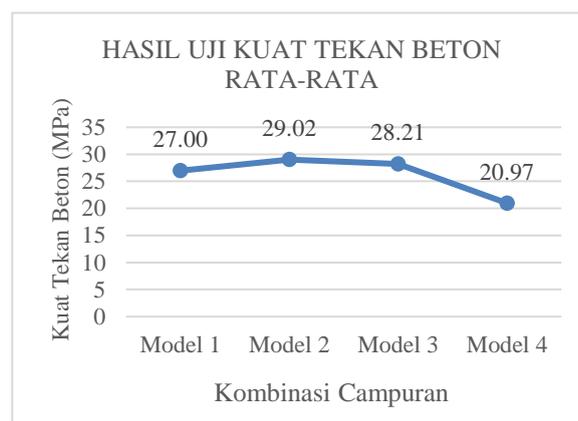
Kode	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Beban P (N)	A (mm) <sup>2</sup>	f <sup>'</sup> c=P/A (MPa)
II A	28	7,50	722.706	22.500	32,12
II B	28	7,60	672.864	22.500	29,91
II C	28	7,60	631.329	22.500	28,06
II D	28	7,80	623.022	22.500	27,69
II E	28	7,55	614.715	22.500	27,32
Kuat tekan rata-rata					29,02

Tabel 6. Hasil kuat tekan beton model 3

Kode	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Beban P (N)	A (mm) <sup>2</sup>	f <sup>'</sup> c=P/A (MPa)
III A	28	7,65	664.557	22.500	29,54
III B	28	7,65	589.794	22.500	26,21
III C	28	7,75	647.943	22.500	28,80
III D	28	7,60	614.715	22.500	27,32
III E	28	7,70	656.250	22.500	29,17
Kuat tekan rata-rata					28,21

Tabel 7. Hasil kuat tekan beton model 4

Kode	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Beban P (N)	A (mm) <sup>2</sup>	f <sup>'</sup> c=P/A (MPa)
IV A	28	7,50	465.190	22.500	20,68
IV B	28	7,55	465.190	22.500	20,68
IV C	28	7,50	490.111	22.500	21,78
IV D	28	7,55	465.190	22.500	20,68
IV E	28	7,50	473.497	22.500	21,04
Kuat tekan rata-rata					20,97



Gambar 3. Grafik kuat tekan rata-rata beton

Seperti ditampilkan pada Gambar 3. Nilai kuat tekan beton pada umur pengujian 28 hari. Rata-rata nilai kuat tekan beton Model 1 (0% SBP : 100% SPI) sebesar 27,00 MPa. Model 1 merupakan benda uji sebagai koreksi terhadap model yang lain yang memiliki kandungan serbuk batu paras (SBP) 0%.

Model 2 merupakan perbandingan (2,5% SBP : 97,5% SPI) pengujian yang dilakukan pada umur beton 28 hari menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata beton sebesar 29,02 MPa. Dari nilai kuat tekan rata-rata Model 2 jika dibandingkan dengan kuat tekan Model 1 ternyata mengalami peningkatan kuat tekan beton sebesar 7,49% terhadap beton tanpa penggantian serbuk batu paras.

Peningkatan nilai kuat tekan beton rata-rata juga terjadi pada Model 3 yaitu perbandingan (5% SBP : 95% SPI) dengan hasil kuat tekan rata-rata 28,21 MPa. Pengujian kuat tekan beton Model 3 juga dilakukan pada umur beton 28 hari dengan peningkatan kuat tekan beton sebesar 4,48% dari perbandingan rata-rata kuat tekan beton Model 1 sebagai koreksi dengan Model 3 yang memiliki penggantian 5% semen menggunakan serbuk batu paras.

Hasil pengujian Model 4 dengan perbandingan penggantian (10% SBP : 90% SPI) yang di uji pada umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan rata-rata beton. Nilai kuat tekan Model 4 yang dapat dilihat pada Gambar 3. Adalah 20,97 MPa. Nilai tersebut mengalami penurunan dari kuat tekan beton rata-rata yang dihasilkan Model 1 yaitu sebesar 22,33% penurunan kuat tekan. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak mengganti semen menggunakan serbuk batu paras maka, semakin menurun kekuatan beton yang dihasilkan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di Bab IV, terkait

penelitian kuat tekan beton menggunakan serbuk batu paras sebagai substitusi semen dengan perbandingan (0% SBP : 100% SPI), (2,5% SBP : 97,5% SPI), (5% SBP : 95% SPI), dan (10% SBP : 90% SPI) dari penggunaan semen pada campuran beton. Dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh persentase dari serbuk batu paras (SBP) sebagai pengganti semen portland (SPI) terhadap perbandingan (2,5% SBP : 97,5% SPI) terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 7,49% dan beton dengan perbandingan (5% SBP : 95% SPI) mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,48% sedangkan beton dengan perbandingan (10% SBP : 90% SPI) mengalami penurunan sebesar 22,33% pada umur 28 hari. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak persentase penggantian semen menggunakan serbuk batu paras mengakibatkan penurunan kekuatan desak beton.
2. Dari hasil uji didapat kuat tekan rata-rata beton normal (0% SBP : 100% SPI) adalah 27,00 MPa perbandingan kuat tekan antara beton normal dengan penggantian semen menggunakan serbuk batu paras, menunjukkan hasil kuat tekan rata-rata beton dengan penggantian 2,5% SBP adalah 29,02 MPa dan kuat tekan rata-rata beton dengan penggantian 5% SBP yaitu 28,21 MPa sedangkan kuat tekan rata-rata beton dengan penggantian 10% SBP sebesar 20,97 MPa pada umur 28 hari. Nilai optimal yang dianjurkan untuk pembuatan campuran beton menggunakan serbuk batu paras sebagai substitusi semen adalah 2,5% - 5% SBP.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alami, N., Nusantoro, A., & Annafi, M. (2021). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Penggilingan Batu Paras. *Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 5(2), 64-75.
- Ashad, H. (2020). Kontribusi Limbah Batu Bata Merah Sebagai Alternatif Pengganti Parsial Semen Pada Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(1), 35-40.
- Hardagung, H. T. (2014). Kajian Nilai Slump, Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Bahan Tambahan Filler Abu Batu Paras Study Of Concrete Slump Value.
- Intara, I. W., Alit, K. I. M. S., & Wiryasa, N. M. A. (2013). Penggunaan Serbuk Batu Tabas Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dalam Pembuatan Beton. *Spektran*, 1(1).
- Jaya, K. P. (2022). Kreatifitas Ornamen Arsitektur Tradisional Bali Dari Batu Padas Artifisial. *Jurnal Patra*, 4(1), 33-39.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nasional, B. S. (1989). SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam. Jakarta: BSN.
- Nasional, B. S. (1990). SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- Nasional, B. S. (1990). SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Jakarta.
- Nasional, B. S. (1990). SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.
- Nasional, B. S. (1998). SNI 03-4804-1998. Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat.
- Nasional, B. S. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. SK SNI, 3, 2834-2000.
- Nasional, B. S. (2004). SNI 15-2049-2004. Semen portland.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1969: 2008. Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1970: 2008 Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. BSN, Jakarta.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1972-2008 Tentang Cara Uji Slump Beton. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1973-2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar. Badan Standar Nasional Indonesia, 1, 6684.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1973-2008 Metode Pengujian Berat isi Beton. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 1971: 2011, Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. Badan Standar Nasional.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 1974: 2011. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 2493: 2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.
- Nasional, B. S. (2012). SNI 7656: 2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa.
- Nasional, B. S. (2013). SNI 2847: 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Nasional, B. S. (2019). SNI 2847: 2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 694.
- Putro, G. B., & Nurchasanah, Y. (2011). Tinjauan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Batu Gamping sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton.
- Rochmah, N., & Sarya, G. (2019). Pengaruh Serbuk Batu Kapur terhadap Uji Tekan Beton. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(4), 13.
- Saputro, M. R. A., & Hepiyanto, R. (2018). Penambahan Serbuk Limbah Batu Kumbang Pada Campuran Beton. *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 3(1), 116-123.

- Standard, A. S. T. M. (2003). C33, Standard Specification for Concrete Aggregates, ASTM International
- Tjokrodimuljo, K. (2007). Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Umum, D. P. (1992). Tatacara pembuatan rencana campuran untuk beton normal. SK SNI, 03-2834.
- Wariyatno, N. G., & Haryanto, Y. (2013). Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Sebagai Nilai Estimasi Kekuatan Sisa Pada Beton Serat Kasa Aluminium akibat Variasi Suhu. *Dinamika Rekayasa*, 9(1), 21-28.
- Widnyana, I. N. S., Salain, I. A. K., Sutarja, I. N., & Widiarsa, I. B. R. (2022). Berat Volume Perikat Geopolimer Berbahan Dasar Abu Sabut Kelapa. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil: A Scientific Journal Of Civil Engineering*, 26(2), 113-119.