

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Batako

Batako merupakan material konstruksi yang sering dipilih sebagai pengganti batu bata dalam pembuatan dinding rumah maupun bangunan lainnya. Secara umum, batako dibuat dengan mencampurkan semen, pasir, dan udara, lalu dicetak dalam berbagai ukuran. Biasanya, batako memiliki bentuk balok persegi panjang dengan rongga di bagian dalam untuk mengurangi bobotnya, meskipun terdapat juga varian batako yang padat tanpa rongga.

Menurut (Putri, Artiani, and Handayasari 2017) batako, atau sering disebut bata beton, merupakan material bangunan yang digunakan sebagai alternatif pengganti batu bata. Batako dibuat dari campuran semen, pasir, dan udara dengan komposisi tertentu serta berfungsi sebagai bahan penyusun dinding. Batako dapat di bagi menjadi dua kategori yaitu batako pres dan batako cetak tangan. Batako pres di cetak menggunakan mesin pres hingga memiliki kepadatan dan ketahanan yang lebih baik, sedangkan batako cetak tangan di buat secara manual tanpa bantuan mesin, sehingga menghasilkan kualitas yang berbeda-beda tergantung pada keterampilan pekerja.

Selain itu, batako lebih unggul dalam isolasi termal dibandingkan dengan batu bata merah. Namun, kekurangan utama batako adalah tingkat penyerapan air lebih tinggi yang dapat membuat dinding menjadi lembap dan berpotensi merusak struktur bangunan jika tidak diberikan perlindungan yang memadai

2.2 Jenis-Jenis Batako

Berdasarkan proses pembuatannya batako di bagi menjadi 2 jenis yaitu batako pejal dan batako berlubang menurut (SNI 03 - 0349 - 1989)

1. Batako pejal

Batako pejal adalah salah satu batako tidak berlubang yang memiliki pejal 75% atau padat berkisar 75% dari volume keseluruhan batako.



Gambar 2.1 Batako Pejal

2. Batako Berlubang

Batako berlubang adalah bentuk batako yang memiliki penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batako dan memiliki volume lubang lebih dari 25% volume keseluruhannya.



Gambar 2.2 Batako Berlubang

Menurut (Hendratmo,2010), berdasarkan bahan pembuatannya terdapat dua jenis batako:

1. Batako putih, dibuat dengan mencampurkan trass, batu kapur, dan air, lalu dicetak hingga membentuk balok. Trass adalah jenis tanah berwarna putih kecoklatan yang berasal dari proses pelapukan batuan gunung berapi. Secara umum, batako putih memiliki dimensi dengan panjang 25-30 cm, ketebalan 8-10 cm, dan tinggi 14-18 cm.
2. Batako press, dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Proses pembuatannya dapat dilakukan secara manual dengan tangan atau menggunakan mesin. Perbedaannya dapat terlihat dari tingkat kepadatan permukaan batako. Secara umum, batako press memiliki ukuran dengan panjang 36-40 cm, tebal 8-10 cm dan tinggi 19-20 cm.

2.3 Material Penyusun Batako

2.3.1 Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan perekat yang mampu bereaksi saat bereaksi dengan air, membentuk benda padat yang tidak larut dalam air, semen ini banyak digunakan dalam konstruksi bangunan. Semen Portland dibuat dari semen hidrolis yang diperoleh dengan penggilingan klinker, yang sebagian besar terdiri dari silikat-silikat kalsium bersifat hidrolis, serta ditambahkan bahan untuk mengatur waktu ikat. Secara umum, terdapat empat unsur utama, yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau ($3CaO.SiO_2$), merupakan unsur paling utama yang memberikan sifat semen. Saat semen terkena air maka (C_3S) akan mengalami hidrasi dan menyebabkan panas, serta mempengaruhi proses pengerasan semen selama 14 hari pertama.
2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau ($2CaO.SiO_2$), kandungan (C_3S) dan (C_2S) dalam terdapat 70-80% dan merupakan unsur paling utama dalam menghasilkan sifat semen. Unsur (C_2S) dengan reaksi lebih lambat terhadap air dibanding dengan (C_3S). Pengaruh dapat dilihat pada pengerasan semen pada umur 7 hari dan hasil kekuatan akhir. Unsur (C_2S) menghasilkan semen tahan terhadap pengaruh kimia dan mengurangi susut pengeringan.
3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$, yang mengandung sekitar 8-12%, mengalami hidrasi secara eksotermis dan bereaksi dengan cepat, sehingga menghasilkan kekuatan sesudah 24 jam.
4. Tetrakalsium Aluminoferat (C_4AF) memiliki kandungan sebesar 6-10% dan tidak berperan signifikan dalam menentukan kekerasan semen atau beton.

Menurut SNI 15 – 2049 – 2014 berdasarkan tujuan pemakaiannya terdapat 5 jenis semen, yaitu sebagai berikut :

1. Jenis I adalah semen portland yang digunakan untuk keperluan umum tanpa memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain

2. Jenis II adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan kekuatan yang tinggi pada tahapan permulaan sesudah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan kalor hidrasi rendah
5. Jenis V adalah semen portland yang pada penggunaannya di perlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran agregat yang memiliki ukuran 2 mm – 5 mm sedangkan menurut (SNI 02-6821-2002) agregat halus merupakan butiran agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Pada komposisi bahan material agregat halus sering digunakan menjadi bahan pengisi yang bertujuan untuk menambah kekuatan, meminimalkan penyusutan dan mengurangi penggunaan semen.

Menurut SNI 03-6821-2002, secara umum agregat halus memiliki persyaratan yaitu :

1. Agregat halus meliputi butiran-butiran tajam dan keras.
2. Butiran-butiran agregat halus memiliki sifat kekel, berarti tidak pecah maupun hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus tersebut dapat diuji pada larutan jenuh garam, apabila dipakai natrium sulfat maka maksimum bagian yang hancur yaitu 10%.
3. Agregat halus tidak diperbolehkan mengandung lumpur yang lebih dari 5%, apabila agregat halus terdapat kandungan lumpur lebih dari 5% maka agregat tersebut perlu di cuci.

2.3.3 Air

Air memiliki peran penting dalam pembuatan batako, terutama dalam memicu reaksi kimia pada semen, membasahi agregat, serta mempermudah proses pengerjaan. Selain itu, air berfungsi sebagai pelarut semen, sehingga disarankan menggunakan air tawar yang jernih, tidak

berbau, dan layak untuk dikonsumsi. Dalam proses pembuatan batako, air memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

1. Memungkinkan terjadinya proses hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang mengakibatkan campuran tersebut mengeras setelah beberapa waktu.
2. Berfungsi sebagai pelumas dalam campuran agregat dan semen, sehingga mempermudah proses pembuatan batako.
3. Digunakan untuk merawat batako selama tahap pengerasan.

2.4 Klasifikasi dan Syarat Batako

Menurut PUBI 1982, sesuai dengan penggunaannya batako di bagi menjadi beberapa kelompok sebagai berikut :

1. Batako dengan mutu A1, yaitu batako yang digunakan pada konstruksi yang memikul beban, dinding penyekat atau konstruksi lainnya yang aman dari cuaca luar.
2. Batako dengan mutu A2, yaitu batako yang digunakan seperti pada jenis mutu A1, namun hanya pada permukaan batako tersebut boleh tidak di plester.
3. Batako dengan mutu B1, yaitu batako yang digunakan pada konstruksi yang memikul beban, namun pada penggunaannya hanya yang terlindung cuaca luar (pada konstruksi di bawah atap).
4. Batako dengan mutu B2, yaitu batako yang digunakan pada konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pada konstruksi yang tidak aman.

Batako berkualitas baik adalah batako yang memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI 03-0349-1989. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0349-1989 mengenai bata beton untuk pasangan dinding, terdapat tiga persyaratan utama yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Tampilan luar pada bidang permukaan harus tidak cacat. Pada rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan pada sudut rusuknya tidak mudah dirapikan dengan jari tangan.

2. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 Syarat fisik batako dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Persyaratan Fisik Batako Berdasarkan SNI

Syarat Fisik	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimum	Kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

(Sumber : SNI 03-0349-1989)

3. Ukuran toleransi batako dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Ukuran Batako

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekatan lubang	
	panjang	lebar	tebal	luar	Dalam
Pejal	390 + 3	90 ± 2	100 ± 2	-	-
Berlubang :					
a. Kecil	390 + 3	190 ± 3	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3	190 ± 3	200 ± 2	25	20

(Sumber : SNI 03-0349-1989).

4. Komposisi pembuatan batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, proporsi campuran umum dalam pembuatan batako adalah sebagai berikut :

Semen : Pasir = 1 : 6 hingga 1 : 8 (bobot semen terhadap pasir)

Tabel 2.3 Komposisi Pembuatan Batako

No	Kualitas	Bahan Baku	Bentuk Batako
I	Baik 1S : 2P : 3K	Semen (S) Pasir (P) Kerikil (K) Bio-slurry (BS)	Batako Pejal
			Batako Berlubang
II	Kurang Baik 1S : 4P	Semen (S) Pasir (P) Kerikil (K) Bio-slurry (BS)	Batako Pejal
			Batako Berlubang
III	Modifikasi Kualitas Baik 1S : 4P : 1K	Semen (S) Pasir (P) Kerikil (K) Bio-slurry (BS)	Batako Pejal
			Batako Berlubang

(Sumber : Pengelola data 2019).

2.5 Abu Daun Bambu

Abu daun bambu adalah material sisa hasil pembakaran daun bambu kering. Abu ini kaya akan kandungan mineral, terutama silika (SiO_2), yang menjadikannya memiliki berbagai potensi manfaat dalam bidang konstruksi, pertanian, dan industri.



Gambar 2.3 Abu Daun Bambu

Abu daun bambu memiliki sifat fisik yang sangat halus dengan butiran berukuran mikron. Ukuran partikelnya yang kecil memungkinkan abu ini berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam material bangunan. Dengan kemampuannya mengisi celah dan pori-pori pada campuran beton atau batako, abu daun bambu dapat meningkatkan kepadatan densitas serta mengurangi tingkat porositas bahan bangunan.

Tabel 2.4 Sifat Fisik Khas *Bambo Leaf Ash*

Unsur	Massa (%)
Karbon (C)	94,86
Oksigen (O)	3,16
Aluminium (Al)	0,21
Sulfur (S)	1,18
Seng (Zn)	0,60

(Sumber : Hasil Pengujian Kandungan Kimia JED-2300 *Laboratorium Fire and Engginering UNJ*).

Beberapa penelitian telah memanfaatkan abu daun bambu sebagai substitusi sebagian semen dalam campuran beton di antaranya (Intan, 2020) dengan judul “Penambahan Abu Daun Bambu Sebagai Material Semen Terhadap Kinerja beton ”. Pada penelitian ini menyelidiki studi tentang penggantian sebagian semen dengan abu daun bambu.

Tabel 2.5 Kandungan Unsur Oksidasi Pada Abu Daun Bambu

Unsur Oksidasi	Persentase (%)
Al_2O_2	1,6
SiO_2	81
SO_3	0,91
K_2O_2	3,32
CaO	7,4
TiO_2	0,46
V_2O_5	0,03
MnO	0,3

Fe ₂ O ₃	4,84
CuO	0,11
ZnO	0,055
Rb ₂ O	0,017
Unsur Oksidasi	Persentase (%)
SrO	0,049
ZrO ₂	0,1
BaO	0,2
Re ₂ O ₇	0,3

(Sumber : Benny Kurniawan, Jimmy Sugiarto, Handoko Sugiharto).

2.6 Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan yang akan digunakan dalam campuran batako. Pengujian bahan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968-1990)

Pengujian analisa saringan agregat digunakan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan, tujuannya untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran.

2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 1737-1989/ASTM C128)

Pemeriksaan berat jenis agregat halus digunakan untuk menentukan berat jenis agregat halus dan penyerapan agregat halus. Adapun rumus untuk menghitung berat jenis :

$$a. \text{ Bulk Spesifik Gravity} = \frac{A}{B+500-C}$$

$$b. \text{ Bulk Spesifik Gravity (SSD)} = \frac{500}{B+A-C}$$

$$c. \text{ Apparent Spesifik Gravity} = \frac{A}{B+A-C}$$

$$d. \text{ Absorption (Penyerapan)} = \frac{500-A}{A}$$

Di mana :

SSD = berat contoh jenuh kering permukaan

A = berat contoh kering

B = berat labu + air temperatur 28°C

C = berat labu + contoh (SSD) + temperatur 28°C

3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus (SNI 03-4804-1990)

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering. Rumus untuk menghitung kadar air agregat halus :

$$KA_{SSD} = \frac{BP_{SSD} - BK_{Kering}}{BK_{Kering}} \times 100\%$$

Di mana :

KA = Kadar air, %

BP = Berat pasir, gram

BL = Berat lumpur, gram

4. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur terhadap agregat yang digunakan dalam komposisi pembuatan agregat ini berguna untuk mengetahui seberapa banyak lumpur yang terdapat pada suatu agregat yang akan digunakan untuk batako, karena kadar lumpur itu mempengaruhi mutu batako itu sendiri. Pengujian ini menggunakan rumus :

$$KL = \frac{BL}{BP + BL} \times 100\%$$

Di mana :

BP = Berat pasir, gram

BL = Berat lumpur, gram

5. Pemeriksaan Bobot Isi Agregat (SNI 03-4804-1998)

Pemeriksaan bobot isi dimaksudkan untuk menentukan isi atau bobot isi agregat dalam kondisi lepas dan padat. Pengujian ini menggunakan rumus :

$$a. \text{ Berat Isi Lepas} = \frac{B-A}{V}$$

$$b. \text{ Berat Isi Padat} = \frac{B-A}{V}$$

Di mana:

- A = Berat *container* (gram)
- B = Berat *container* + Isi (gram)
- V = Volume *container* (cm³)

2.7 Mix Design

Batako dapat dibuat menggunakan metode mekanis, semi mekanis, atau secara manual dengan cetakan tangan. Secara umum, batako yang diproduksi menggunakan peralatan mekanis memiliki kualitas lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya. Bahan-bahan dicampur dalam proporsi tertentu sesuai dengan tujuan penggunaan dan standar mutu yang diinginkan.

Sebelum melakukan pencampuran (*Mix Design*) pembuatan benda uji dilakukan beberapa langkah sebagai berikut.

1. Menghitung campuran benda uji batako yang terdiri dari :
 - Menentukan perbandingan rencana campuran.
 - Menentukan faktor air semen yang di rencanakan.
 - Menentukan berat volume padat semen.
 - Menentukan berat volume pada pasir.
 - Menentukan berat volume abu daun bambu.
2. Menghitung volume benda uji
 - Menghitung volume cetakan bata beton.
 - Menghitung volume material (perbandingan campuran x volume cetakan)
 - 1) Volume semen.
 - 2) Volume pasir.
 - Menghitung berat material batako (berat padat x volume material)
 - 1) Berat semen.
 - 2) Berat pasir.
 - 3) Berat air.
 - 4) Berat abu daun bambu.

- Menghitung komposisi campuran abu daun bambu sebagai substitusi parsial semen sesuai dengan variasi yang direncanakan.
3. Menentukan rencana proporsi campuran sampel (bata beton) untuk 1 benda uji balok dengan perbandingan rencana dan faktor keamanan yang terdiri dari :
 - Bata beton normal (tanpa substitusi).
 - Bata beton dengan substitusi abu daun bambu.
 4. Menentukan rencana proporsi sampel (bata beton) untuk 2 benda uji balok dengan perbandingan rencana dengan faktor keamanan yang terdiri dari :
 - Bata beton normal (tanpa substitusi)
 - Bata beton dengan substitusi abu daun bambu.

2.8 Kuat Tekan Batako

Kekuatan tekan batako merupakan salah satu faktor utama dalam menilai kualitasnya sebagai bahan bangunan. Kekuatan tekan mengacu pada kemampuan batako dalam menahan beban tanpa mengalami kerusakan atau deformasi. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989), nilai minimum kekuatan tekan batako yang digunakan untuk konstruksi dinding adalah 3 MPa. Perhitungan kekuatan tekan batako sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

f'_c = Kuat desak (kg/cm^2)

P = Beban (kg)

A = Luas penampang (cm^2)

Batako dengan kuat tekan di bawah standar ini dianggap tidak memenuhi syarat untuk digunakan dalam konstruksi bangunan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan batako antara lain kualitas bahan

baku, perbandingan campuran semen dan pasir, serta proses pembuatan dan pengeringannya. Selain itu, metode pengeringan yang tepat juga berperan penting dalam menentukan kekuatan akhir batako.

2.9 Daya Serap Air Batako

Daya serap air merupakan salah satu sifat penting dalam menilai kualitas batako. Sifat ini menunjukkan kemampuan batako dalam menyerap air ketika terkena kelembaban atau hujan. Batako dengan daya serap air yang tinggi lebih mudah menyerap air dari lingkungan sekitar, yang dapat menyebabkan kerusakan akibat kelembaban berlebih serta mengurangi daya tahan material. Secara lebih rinci, batako yang berkualitas baik harus memiliki permukaan yang halus, telah berumur minimal satu bulan, dalam kondisi kering saat pemasangan, serta memiliki dimensi panjang sekitar 40 cm dan lebar 20 cm. Selain itu, kadar airnya harus berkisar antara 25-35% dari berat, serta kuat tekan sekitar 2-7 N/mm². (Nastain & Haryanto, 2023)

Porositas batako dipengaruhi oleh pencampuran kualitas bahan baku serta proses pengeringan. Jika batako tidak dipadatkan dengan baik saat mencetak, pori-pori yang terbentuk cenderung lebih besar, sehingga meningkatkan kemampuan material dalam menyerap udara. Daya serap air yang tinggi dapat berdampak negatif pada struktur bangunan, terutama di wilayah dengan curah hujan yang tinggi. Untuk mengatasi hal ini, beberapa langkah dapat dilakukan, seperti melapisi permukaan batako dengan bahan anti-air atau menambahkan aditif yang dapat menurunkan porositas batako. Berdasarkan SNI 03-0349-1889 besarnya penyerapan air pada batako dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100$$

Keterangan :

A = Berat Basah

B = Berat Kering

2.10 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan limbah, sebagai berikut :

1. (Intan et.al., 2020). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh abu daun bambu sebagai campuran semen terhadap kinerja beton. Abu daun bambu diperoleh dari pembakaran selama 2 jam dengan kandungan silika sebesar 75,9%, kemudian dicampurkan pada beton normal mutu K-240 sebagai substitusi sebagian semen. Variasi campuran yang digunakan yaitu 0%, 3%, 5%, dan 7% dari berat total berat semen, dengan benda uji berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm yang diuji kuat tekan pada umur 14 hari. Analisis data menggunakan regresi linear dengan bantuan software SPSS dan menghasilkan persamaan $Y = 13,871 + 0,419 X$. Hasil uji menunjukkan nilai t -hitung (2,504) > t -tabel (1,812), sehingga penambahan abu daun bambu memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton. Variasi optimum diperoleh pada campuran 5% dan 7% abu daun bambu yang mampu meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton kontrol.
2. (Anita, Diana & Fansuri, 2021) Penambahan serbuk limbah kaca dan abu daun bambu terhadap kinerja paving block. Penelitian ini membahas penggunaan serbuk kaca dan abu daun bambu sebagai substitusi semen dalam pembuatan *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata *paving block* memenuhi standar mutu tinggi berdasarkan SNI 03-0691-1996, sementara tingkat penyerapan air pada hampir semua variasi sesuai dengan persyaratan. kuat tekan maksimum *paving block* dicapai pada campuran 10% serbuk kaca dan 7% abu daun bambu dari volume semen, dengan nilai 20.271 N/mm². Nilai ini melampaui standar mutu B, di mana batas kuat tekan berkisar antara 17.0 MPa hingga 20 MPa, sehingga *paving block* ini layak digunakan untuk area parkir. Namun tingkat penyerapan udara rata-rata sebesar 10.992% masih sedikit di atas batas SNI mutu D (10%)

3. (Putri, Artiani, & Handayasari, 2017) Pengaruh penambahan limbah serutan bambu terhadap kuat tekan batako. Hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh bahwa kuat tekan bervariasi berdasarkan persentase serutan bambu yang digunakan. Pada campuran tanpa serutan bambu (0%), kuat tekan mencapai 44,25 Kg/cm². Sementara itu, pada campuran dengan 20% serutan bambu, kuat tekan menurun menjadi 40,11 Kg/cm², dan pada campuran dengan 30% serutan bambu, kuat tekan lebih rendah lagi, yaitu 28,15 Kg/cm². Hasil ini menunjukkan bahwa materi tersebut termasuk dalam tingkat mutu III dan IV. Kuat tekan optimum terdapat pada variasi perbandingan serutan bambu 10% terhadap pasir, dengan nilai kuat tekan sebesar 40,11 Kg/cm², yang termasuk dalam tingkat mutu III.
4. (Iskandar et al., 2024) Abu daun bambu sebagai bahan substitusi semen terhadap kinerja beton normal. Hasil besar penambahan abu daun bambu untuk mencapai kuat tekan beton optimal yaitu pada beton dengan variasi 8% dengan kuat tekan pada umur 7 hari dengan kuat tekan rata-rata 5,73 MPa dan umur 28 hari 11,51 MPa. Besar persentase penambahan abu daun bambu untuk mencapai kuat lentur beton optimal yaitu pada beton variasi 8% dengan kuat lentur beton pada umur 28 hari dengan kuat lentur rata-rata 2,12 MPa.
5. (Alvian & Hammam, 2024) Pengaruh penambahan abu daun bambu dan limbah pecahan keramik sebagai bahan substitusi terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan abu daun bambu dan limbah pecahan keramik tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas kuat tekan beton. Proporsi yang ideal dalam penelitian ini adalah beton dengan penambahan abu daun bambu sebesar 1,5% dan limbah pecahan keramik 2%, yang diberi kode sampel AK2. Sampel ini menunjukkan nilai kuat tekan beton sebesar 24,2 MPa, yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel beton lainnya yang menggunakan tambah bahan berbeda.

6. (Hidayat et al., 2021) Pengaruh penambahan abu arang bambu sebagai bahan tambah pada semen terhadap kuat tekan beton normal. Penelitian ini menunjukkan pengaruh penambahan abu bambu dengan variasi campuran 0%, 2%, 4%, dan 8% menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan bahwa variasi campuran abu bambu memiliki dampak simultan terhadap peningkatan kuat tekan beton. Kuat tekan beton mencapai nilai optimal pada variasi 8%, dengan rata-rata kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 20,48 MPa, pada umur 14 hari 25,38 MPa, dan pada umur 28 hari 30,95 MPa. Sementara itu penambahan abu bambu sebesar 2% hampir tidak memberikan pengaruh, karena kuat tekan beton hampir sama dengan beton normal.
7. (Aji Firmansyah, Anisah, dan Santoso Sri Handoyo 2022) Menyatakan bahwa abu daun bambu dapat meningkatkan kuat tekan beton jika dibandingkan dengan beton kontrol umur 28 hari pada kadar persentase abu daun bambu 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% secara berturut-turut adalah 16,448 MPa ; 18,768 MPa ; 18,297 MPa ; 14,958 MPa ; dan 12,827 MPa.