



## Studi eksperimen kuat tekan beton *eco-friendly* menggunakan abu daun pisang sebagai substitusi pada semen dan penambahan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar

Azzahra Naja Mutiara Roya<sup>a\*</sup>, Nanda Niken Fauziyah<sup>a</sup>, Hartono<sup>a</sup>, Shifa Fauziyah<sup>a</sup>

<sup>a\*</sup><sup>a</sup>Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[azzahranajamr@gmail.com](mailto:azzahranajamr@gmail.com)

#### Article history:

Received : 24 June 2025

Revised : 20 December 2025

Accepted : 21 December 2025

Publish : 25 December 2025

#### Keywords:

Banana leaf ash, compressive strength, concrete waste, geopolymer concrete, lean concrete

### ABSTRAK

*The use of concrete as a construction material in Indonesia is increasing day by day for the ready mix concrete industry. One of the problems that arise in the concrete industry is disposing of concrete waste left over from testing. Things like the following have a big impact on environmental balance. Given the following, the purpose of this research is to understand the physical and mechanical properties of concrete containing concrete waste from testing which is also added with banana leaf ash. The research uses quantitative experimental methods. The variables used in this research are the independent variables consisting of variations in replacing some of the cement using banana leaf ash and replacing some of the coarse aggregate using concrete waste left over from testing. Concrete research and testing was carried out in the SV Undip laboratory. This test was carried out for 14 days with the aim of the concrete reaching a compressive strength of 90%. The variations used in this research are 5 variations with the composition of Concrete A without using additives, Concrete B using 2.5% banana leaf ash and 5% concrete waste, Concrete C using 5% banana leaf ash and 7.5% concrete waste, Concrete D uses 7.5% banana leaf ash and 10% concrete waste and finally Concrete E uses 10% banana leaf ash and 12.5% concrete waste. It is hoped that banana leaf ash and concrete waste can be used as a mixture of materials that are environmentally friendly and have a more economical price than normal concrete. This research is used as lean concrete (work floor) in non- structural construction.*

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Beton adalah bahan bangunan yang biasa dipakai dengan komposisi terdiri dari semen, agregat kasar dan halus, serta air dimana hal tersebut begitu penting bagi pembangunan infrastruktur di Indonesia misal: gedung dan jembatan karena bahan untuk membuat beton mudah didapatkan, teknologi yang digunakan tergolong sederhana, dan harganya pun murah (Wallah, S, 2014). Banyak proyek bermunculan untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur mendorong adanya gagasan tentang cara pemanfaatan bahan atau komponen lain yang sebelumnya limbah supaya dimanfaatkan kembali dalam penunjang konstruksi (Soelarso dkk, 2016). Penggunaan limbah di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal. Limbah memiliki jumlah banyak akan terus bertambah dan mayoritas hanya dibuang di lahan terbuka (Soelarso dkk, 2016). Banyak limbah yang mencemari lingkungan memberikan ide tentang cara memanfaatkannya. Limbah daun pisang dan limbah pengujian seperti sampah beton bisa dimanfaatkan supaya tidak mencemari lingkungan serta bisa menekan pemakaian material pembuatan beton (Ramaditya dkk, 2022).

Berkat infrastruktur yang kian meningkat menyebabkan pemakaian semen bertambah juga. Akhir-akhir ini per tahun pemakaian semen dunia masuk angka 2,3 juta ton, dimana hal tersebut menandakan

bahwa 2,3 juta ton gas CO<sub>2</sub> dibuang tiap tahun. Oleh sebab itu, tentu membawa dampak negatif untuk kelangsungan hidup apabila dalam pemakaiannya terus meningkat, yakni terdapat pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu cara dalam menekan produksi semen. Agregat kasar merupakan salah satu material kena imbasnya dari eksploitasi berlebih yang diperkirakan persediaan di alam makin ke sini makin berkurang. Kelemahan beton yang digunakan dalam pengujian yaitu memiliki berat yang besardimana agregat kasar ini penyumbang berat terbesar beton. Supaya bisa mendapat berat jenis ringan bisa dilakukan dengan cara mengganti sebagian agregat kasar dengan material yang lainnya (Karimah, Rusdianto, 2021).

Menurut (Badan Pusat Statistik Jawa Tengah 2019-2020), Kabupaten Banyumas merupakan salah satu daerah penghasil pisang terbanyak di Jawa Tengah dengan jumlah 307.814 kuintal di tahun 2019 dan 313.756 kuintal di tahun 2020, hal itu karena semakin banyak kebun pisang di Kabupaten Banyumas. Dilihat dari hal tersebut membuat limbah dari daun pisang melimpah. Oleh sebab itu, dibutuhkan langkah-langkah dalam mengelola daun pisang supaya bernilai ekonomis, tepat guna, serta dapat menekan limbah daun pisang raja. Pohon pisang merupakan tumbuhan kebun yang bernilai ekonomis dan mendatangkan hasil daun pisang yang berlebih. Daun pisang berada pada tiap pelepah pohonnya. Ukuran daun pisang standar dan memiliki tekstur yang kaku dan mudah sobek. Warna daun kering yaitu kecoklatan. Kegunaan pohon pisang sangat banyak dalam dunia industri, salah satunya diambil buah untuk membuat makanan sale pisang sehingga menyebabkan produksi buah pisang meningkat. Besarnya produksi buah pisang di Kabupaten Banyumas membuat pemanfaatan limbah daun pisang sangat diperlukan dalam rangka menekan laju pertumbuhan limbah. Hal tersebut perlu dilakukan kajian dalam mengolah limbah daun pisang raja agar mengurangi dampak negatif pada lingkungan serta mampu menambah nilai ekonomi.

Usaha dalam memanfaatkan limbah daun pisang ditemukan adanya upaya terhadap pengembangan beton dengan cara mengaplikasikannya untuk bahan campuran semen, sedangkan untuk limbah beton cara pengaplikasian sebagai pengganti agregat kasar. Penggunaan limbah baik organik maupun anorganik juga menjadi salah satu inovasi pada dunia konstruksi, seperti penelitian ini menggunakan penambahan abu daun pisang dan sisa material beton sisa pengujian yang dimanfaatkan sebagai bahan substansi dari beton. Pemanfaatan limbah tentu bisa menghemat dalam hal material beton konvensional yang akan menjadi pertimbangan pada penelitian dan seharusnya dapat bermanfaat untuk lingkungan agar penambahan material beton berkurang dan pastinya mengurangi limbah (Ramaditya dkk, 2022). Pemanfaatan hasil dari penelitian ini untuk penggunaan *lean concrete* (lantai kerja) pada beton non struktural.

## 2. Data dan Metode

### 2.1. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu daun pisang dan limbah beton sebagai substitusi semen dan agregat kasar terhadap kuat tekan beton yang bermutu K-125 dengan pemanfaatan beton sebagai lantai kerja (*lean concrete*).

### 2.2. Pengujian material

Penelitian ini melakukan pengujian material terhadap agregat halus yaitu pasir. Pengujian agregat halus yang dilakukan yaitu analisis gradasi butiran, berat jenis, uji kadar lumpur dan pengujian kadar organik agregat. Pengujian analisis gradasi ditunjukkan pada. Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui angka keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles* dan analisis gradasi butiran seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



(a) (b)

**Gambar 1.** (a) Pengujian gradasi; (b) Pengujian abrasi

### 2.3. Pengolahan limbah

Penambahan material untuk inovasi beton ini yaitu abu daun pisang dan limbah beton. Abu daun pisang ditambahkan menjadi bahan substitusi semen sedangkan limbah beton digunakan sebagai substitusi agregat kasar. Abu daun pisang terhadap semen harus lolos saringan No. 200 (0.075 mm) sesuai SNI 03-4142-1996 dan untuk limbah beton sendiri harus tertahan saringan No. 4 (4.75 mm) sesuai ASTM C 136-01 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Abu daun pisang

### 2.4. Job mix design

Untuk menentukan campuran beton (*mix design*) sebagai bahan penyusun beton pada penelitian ini digunakan acuan campuran beton yaitu (SNI 7394:2008). Dengan proporsi 276 kg semen, 828 kg pasir, 1012 kg batu, 215 liter air untuk setiap m<sup>3</sup> beton normal mutu f'c 9,8 Mpa (K-125). Pada campuran beton di penelitian ini dilakukan pencampuran untuk lima variasi. Adapun campuran itu adalah satu campuran beton normal dengan acuan *mix design* sesuai dengan SNI 7394:2008 dan empat campuran substitusi limbah beton sebagai agregat kasar dan abu daun pisang sebagai bahan tambah. Adapun rekapitulasi *job mix design* disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Job mix design

Sampel	Semen (kg)	Pasir (Kg)	Split (Kg)	Air (Lt)	Abu Pelepah Pisang (kg)	Limbah Beton (Kg)
A	1,463	4,389	5,364	1,139	-	-
B	1,333	4,389	5,099	1,139	0,13	0,265
C	1,198	4,389	4,834	1,139	0,265	0,53
D	1,066	4,389	4,569	1,139	0,397	0,795
E	0,933	4,389	4,304	1,139	0,53	1,06

## 2.5. Metode pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dibuat pada masing-masing jenis campuran dengan proses *mixing* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Pembuatan benda uji dilakukan 5 kali sesuai jumlah jenis campuran, yaitu pembuatan benda uji tipe A, B, C, D, dan E. Dibuat 2 benda uji untuk setiap jenis campuran dan akan diuji pada umur beton 14 hari. Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.



**Gambar 3.** Proses *mixing* beton

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pengujian material

#### A) Pengujian agregat halus

Dilakukan 4 pengujian pada agregat halus, yaitu uji gradasi, berat jenis, kadar lumpur, dan organis. Berdasarkan pengujian agregat halus, pasir yang digunakan untuk penelitian memenuhi SNI acuan dan dapat digunakan sebagai bahan penyusun untuk membuat *paving block*. Adapun rekapitulasi hasil pengujian agregat halus disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	SNI Acuan	Keterangan	
Uji Modulus Kehalusan	2,36	1,5 - 3,5	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi
Uji berat Jenis	2,6	1,6 - 3,3	SNI 1970:2008	Memenuhi
Uji Kadar Lumpur	3,45%	$3,45\% \leq 5\%$	SNI S-04-1989-F	Memenuhi
Uji Organik	Bening - Kuning Muda	Bening/tidak berwarna kuning muda - merah kekuningan	SNI S-04-1989-F	Memenuhi

#### B) Pengujian agregat kasar

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat keausan agregat kasar yang dibuktikan dengan perbandingan berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen (%). Adapun setelah dilakukan pengujian didapatkan bahwa keausan agregat kasar dan limbah beton masing-masing adalah 24% dan 33,90%.

### 3.2. Berat masa volume beton uji

Adapun perbandingan masa volume pada beton uji coba tipe A, B, C, D, dan E disajikan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Berat masa beton pada benda uji

Sampel	Berat (Kg)	Rata-rata berat (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat masa volume beton (kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata berat masa volume (kg/m <sup>3</sup> )
A <sub>1</sub>	12,320	12,327	5298	0,005298	2325,405	2326,821
A <sub>2</sub>	12,335				2328,237	
B <sub>1</sub>	12,445	12,378			2348,999	2336,353
B <sub>2</sub>	12,311				2323,707	
C <sub>1</sub>	12,520	12,493			2363,155	2358,059
C <sub>2</sub>	12,466				2352,963	
D <sub>1</sub>	12,440	12,407			2348,055	2341,921
D <sub>2</sub>	12,374				2335,787	
E <sub>1</sub>	12,143	12,147			2291,996	2292,845
E <sub>2</sub>	12,152				2293,695	

Berdasarkan tabel grafik di atas rata – rata berat massa untuk beton tipe A adalah 2326,821 kg/m<sup>3</sup>, tipe B 2336,353 kg/m<sup>3</sup>, tipe C 2358,059 kg/m<sup>3</sup>, tipe D 2341,921 kg/m<sup>3</sup> dan tipe E 2292,845 kg/m<sup>3</sup>. Menurut SNI 03-2847-2002 berat massa volume untuk benda uji yang termasuk kategori beton normal adalah tipe A, B, C, dan D sedangkan benda uji tipe E tidak masuk karena berat massanya masih di bawah beton normal menurut SNI 03-2847-20.

### 3.3. Hasil kutat tekan dan kuat tekan karakteristik

Pengujian kuat tekan beton menggunakan *compression machine* menunjukkan bahwa beban maksimal yang dapat ditahan benda uji sampai terjadi retakan. Adapun hasil kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil kuat tekan beton umur 14 hari dan 28 hari

Sampel	P (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Kuat tekan beton (N/mm <sup>2</sup> )		
			14 hari	28 hari	
A	A <sub>1</sub>	189	17662,5	10,70	12,15
	A <sub>2</sub>	174	17662,5	9,85	11,19
B	B <sub>1</sub>	203	17662,5	11,49	13,06
	B <sub>2</sub>	162	17662,5	10,30	11,70
C	C <sub>1</sub>	286	17662,5	16,19	18,40
	C <sub>2</sub>	253	17662,5	14,32	16,27
D	D <sub>1</sub>	194	17662,5	10,98	12,48
	D <sub>2</sub>	177	17662,5	10,02	11,38
E	E <sub>1</sub>	152	17662,5	8,60	9,77
	E <sub>2</sub>	141	17662,5	7,98	9,07

**Tabel 5.** Hasil kuat tekan karakteristik beton

Sampel	P (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Standar deviasi	Kuat tekan karakteristik (N/mm <sup>2</sup> )
A	A <sub>1</sub>	189	0,6823	10,557
	A <sub>2</sub>	174		
B	B <sub>1</sub>	203	0,9540	10,820
	B <sub>2</sub>	162		
C	C <sub>1</sub>	286	1,500	14,879
	C <sub>2</sub>	253		
D	D <sub>1</sub>	194	0,772	10,668
	D <sub>2</sub>	177		
E	E <sub>1</sub>	152	0,124	9,220
	E <sub>2</sub>	141		

Tabel 5 dapat disimpulkan beton dengan jenis B (substitusi limbah beton 5% + abu daun pisang 2,5%) memiliki kuat tekan karakteristik sebesar 10,820 N/mm<sup>2</sup> memenuhi kuat tekan minimum berdasarkan

acuan beton A (Normal) yaitu sebesar 10,557 N/mm<sup>2</sup>. Untuk beton tipe C (substitusi limbah beton 10% + abu daun pisang 5%) dengan kuat tekan karakteristik 14,879 N/mm<sup>2</sup>, kemudian beton tipe D (substitusi limbah beton 15% + abu daun pisang 7,5%) dengan kuat tekan karakteristik 10,668 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan beton tipe E (substitusi limbah beton 20% + abu daun pisang 10%) dengan kuat tekan karakteristik sebesar 9,220 N/mm<sup>2</sup> tidak memenuhi kuat tekan minimum yang dibandingkan dengan beton tipe A (Normal).

### 3.4. Biaya material

Analisis perhitungan biaya dibuat berdasarkan kebutuhan job mix dan disesuaikan dengan analisa harga satuan (AHSP) Kota Semarang tahun 2024. Perhitungan biaya modifikasi *paving block* disajikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Biaya produksi beton A

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m <sup>3</sup> )	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir Batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	1012	Rp257.048,00
Total Harga				Rp803.252,00

**Tabel 7.** Biaya produksi beton B (2,5% abu daun pisang + 5% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m <sup>3</sup> )	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	961,4	Rp244.195,60
4	Limbah beton	-	50,6	-
5	Abu daun pisang	-	6,9	-
Total Harga				Rp790.399,60

**Tabel 8.** Biaya produksi beton C (5% abu daun pisang + 15% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m <sup>3</sup> )	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	961,4	Rp231.343,20
4	Limbah beton	-	101,2	-
5	Abu daun pisang	-	13,8	-
Total Harga				Rp777.547,20

**Tabel 9.** Biaya produksi beton D (7,5% abu daun pisang + 15% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m <sup>3</sup> )	Harga
1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	860,2	Rp218.490,80
4	Limbah beton	-	151,8	-
5	Abu daun pisang	-	20,7	-
Total Harga				Rp764.694,80

**Tabel 10.** Biaya produksi beton E (10% abu daun pisang + 20% limbah beton)

No	Material	Harga Satuan/kg	Kebutuhan Material (kg/m <sup>3</sup> )	Harga
----	----------	-----------------	--	-------

1	Semen	Rp1.160,00	276	Rp320.160,00
2	Pasir batu	Rp273,00	828	Rp226.044,00
3	Kerikil	Rp254,00	809,6	Rp205.638,50
4	Limbah beton	-	202,4	-
5	Abu daun pisang	-	27,6	-
			Total Harga	Rp751.842,50

Berdasarkan analisis diatas dapat dilihat perbedaan biaya produksi pada kelima jenis beton. Beton A (Normal) menjadi acuan perbandingan dari analisis ini. pada beton B, C, D, dan E secara berturut-turut terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp.12.852,40; Rp. 25.704,80; Rp. 38.557,20, dan Rp. 51.409,50 terhadap beton A (Normal) yang merupakan beton A adalah beton dengan biaya tertinggi.

#### 4. Kesimpulan

Nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh penggunaan limbah beton sebagai pengganti Sebagian agregat kasar dan penambahan abu daun pisang sebagai pengganti semen secara parsial. Dalam penelitian ini, beton B menunjukkan kuat tekan karakteristik yang lebih tinggi (10,820 N/mm<sup>2</sup>), dan beton C menunjukkan peningkatan yang signifikan (14,8879 N/mm<sup>2</sup>). Namun, beton D dan E menunjukkan kuat tekan karakteristik yang lebih rendah (10,668 N/mm<sup>2</sup> dan 9,220 N/mm<sup>2</sup>, masing-masing, sehingga beton E tidak memenuhi kuat tekan minimum yang diperlukan untuk dibandingkan dengan beton A. Hasilnya menunjukkan bahwa beton campuran pada beton B, C, dan D dapat digunakan sebagai beton lantai kerja. Namun, dibandingkan dengan biaya produksi variasi yang lain beton C yang mana kuat tekannya lebih tinggi memiliki biaya produksi lebih murah dibandingkan beton normal. Yakni selisih biaya produksi pada kelima jenis beton. Beton A (Normal) menjadi acuan perbandingan dari analisa ini. pada beton B, C, D, dan E secara berturut-turut terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp.12.852,40; Rp. 25.704,80; Rp. 38.557,20, dan Rp. 51.409,50 terhadap beton A (Normal) yang merupakan beton A adalah beton dengan biaya tertinggi.

#### Referensi

- Badan Standar Nasional. (1971). *SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- Badan Standar Nasional. (1972). *SNI 03-1972-1990 Metode Pengujian Slump Beton*.
- Badan Standar Nasional. (1974). *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standar Nasional. (1990). *SNI T-15-1990-03 Pembuatan Benda Uji*.
- Badan Standar Nasional. (1991). *SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*.
- Badan Standar Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standar Nasional. (2008). *SNI 7394:2008 Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*.
- Department of Defense. (2003a). *ASTM C 29M-97 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*.
- Department of Defense. (2003b). *ASTM C 127-01 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate*.
- Department of Defense. (2003c). *ASTM C 128-01 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*.
- Department of Defense. (2003d). *ASTM C 136-01 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
- Department of Defense. (2003e). *ASTM C 138M-01a Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*