

UJI EKSPERIMENTAL PEMANFAATAN LIMBAH ABU DAUN PISANG PADA BETON *INTERLOCK* SEBAGAI DINDING PENAHAN OPRIT JEMBATAN

Annisa Zakiyah Najib¹, Nawir Rasidi², Deni Putra Arystianto³

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹

Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang² Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: ichazakiyah26@gmail.com¹, nawir.rasidi@polinema.ac.id², deniputra@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Perkembangan infrastruktur jembatan khususnya dinding penahan oprit jembatan melakukan inovasi terbaru dengan menggunakan interlock concrete block, selain itu penelitian terbaru melakukan pengembangan bahan tambahan pada beton yang sifatnya ekonomis dan ramah lingkungan. Penelitian ini menyelidiki penggunaan abu daun pisang (BLA) yang mengandung silika sebagai bahan tambahan pada beton interlock untuk meningkatkan daya tahan dan kekuatan konstruksi. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh BLA (0%, 1%, 4.5%, 8%) terhadap kekuatan tekan dan tarik beton, menentukan persentase BLA optimal, nilai kuat geser desain beton interlock, serta membandingkan anggaran 1m³ dinding beton interlock dengan batu kali. Metode eksperimental melibatkan 32 sampel silinder (15 x 30 cm) untuk uji tekan dan tarik, serta 2 sampel interlock (60 x 15 x 45 cm) untuk uji geser selama 28 hari. Hasilnya, kekuatan tekan rata-rata berkisar antara 26.00 MPa hingga 33.00 MPa, kekuatan tarik antara 3.2 MPa hingga 3.7 MPa, dan kekuatan geser 22,957 ton/m². Anggaran pembuatan 1m³ beton interlock adalah Rp 655.153, sementara batu kali Rp 938.109. Penambahan BLA optimal adalah 1%, meskipun terjadi penurunan kekuatan pada 4.5% dan 8%. Kekuatan tarik berkurang dengan penambahan BLA, dan kapasitas beban benda uji ukuran 60 x 15 x 15 cm adalah 1942,83 Kg.

Kata kunci : beton *Interlock*, abu daun pisang, kuat tekan, kuat tarik, kuat geser dinding

ABSTRACT

The development of bridge infrastructure, especially the retaining walls of bridge oprites, has made renewable innovations by using interlock concrete blocks, in addition to the latest research developing additives to concrete that are economical and environmentally friendly. This research investigates the use of banana leaf ash (BLA) containing silica as an additive to interlock concrete to improve durability and construction strength. The objectives of the study were to determine the effect of BLA (0%, 1%, 4.5%, 8%) on the compressive and tensile strength of concrete, determine the optimum percentage of BLA, the design shear strength value of interlock concrete, and compare the budget of 1m³ of interlock concrete wall with river stone. The experimental method involved 32 cylinder samples (15 x 30 cm) for compressive and tensile tests, and 2 interlock samples (60 x 15 x 45 cm) for shear tests for 28 days. As a result, the average compressive strength ranged from 26.00 MPa to 33.00 MPa, tensile strength from 3.2 MPa to 3.7 MPa, and shear strength from 22.957 tons/m². The budget for 1m³ of interlock concrete was IDR 655,153, while river stone was IDR 938,109. The optimal BLA addition was 1%, although there was a decrease in strength at 4.5% and 8%. The tensile strength decreases with the addition of BLA, and the load capacity of the 60 x 15 x 15 cm specimen is 1942.83 Kg.

Keywords : *interlock concrete, banana leaf ash, compressive strength, tensile strength, shear strength.*

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jembatan adalah komponen vital dalam pembangunan wilayah untuk mendukung mobilitas dan konektivitas masyarakat. Dinding penahan oprit jembatan berfungsi menahan tanah agar tidak longsor. *Interlock*

concrete block adalah solusi terbaru yang menawarkan efisiensi dan keberlanjutan lebih baik dibanding beton konvensional karena elemen betonnya mudah disatukan tanpa mortar, menghasilkan konstruksi yang lebih cepat dan ramah lingkungan [1].

Penelitian terkini terus mengembangkan bahan penyusun beton yang ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satu bahan tambahan yang dieksplorasi adalah limbah abu daun pisang atau *banana leaf ash* (BLA), yang melimpah di Indonesia dan mengandung SiO₂ yang dapat bereaksi dengan semen, meningkatkan kinerja beton [2];[3]. Oleh karena itu, penelitian ini menguji pengaruh penambahan limbah abu daun pisang atau *banana leaf ash* (BLA) pada beton *interlock* sebagai dinding dalam skala laboratorium.

2. METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan dan Struktur Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang pada bulan Januari hingga Juni 2024.

Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini, yaitu silinder ukuran 15 x 30 cm dan *interlock* ukuran 60 x 15 x 45 cm yang terbagi menjadi 3 bagian (*top*, *middle*, *1/2middle*, dan *bottom*), variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 1%, 4.5%, dan 8% dari berat semen. Dalam pembuatan benda uji ini material yang digunakan berupa agregat halus Lumajang, agregat kasar Pasuruan, semen Portland tipe I merk Gresik, air, dan bahan tambahan abu daun pisang. Sebelum benda uji dibuat, dilakukan pengujian terhadap material yang digunakan berupa uji xrf, uji kehalusan abu, uji berat jenis abu, gradasi agregat, kadar air agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, berat isi agregat, kadar organik agregat halus dan kekerasan agregat kasar. Setelah diperoleh hasil pengujian sifat fisik dan memenuhi standar pengujian. Maka, dilakukan perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000[4].

Pada saat pembuatan benda uji dilakukan pengujian terhadap beton segar berupa uji slump, dengan rencana sebesar 60-180 mm, kadar udara dan berat isi. Berikut benda uji yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 1. Benda uji silinder dan *interlock*

Pengujian Benda Uji

Setelah mencapai umur yang direncanakan selama 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan yang mengacu pada standart SNI 03-1974-2011[5] dan kuat tarik belah beton mengacu pada SNI 2491-2014[6] pada benda uji silinder

dengan memberikan beban hingga benda uji mengalami retak atau hancur menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM). Sedangkan pada benda uji *interlock* dilakukan pengujian kuat geser (tegangan geser) dinding *interlock* dengan memberikan beban di Tengah benda uji hingga mengalami keretakan atau patah menggunakan alat *loading test* dan *hydrolick jack*.

Berikut metode pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat geser dinding *interlock*.



Gambar 2. Metode Uji tekan, tarik, dan geser dinding *interlock*

Data Penelitian

Data penelitian yang dihasilkan berupa hasil pengujian sifat fisik abu dan agregat, hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat geser dinding *interlock*, serta perbandingan nilai rencana anggaran biaya dinding *interlock* dan batu kali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Tambah

Pengujian material beton meliputi pengujian sifat fisik abu dan pengujian sifat fisik agregat.

Berikut ini merupakan hasil pengujian xrf abu daun pisang:

Tabel 1. Komposisi Senyawa Abu Daun Pisang

Komponen Senyawa	Kode	Hasil
Silikon Dioksida	SiO ₂	37,1%
Besi (III) Oksida	Fe ₂ O ₃	4,63%
fosfor Pentoksida	P ₂ O ₅	2,6%
Belerang Trioksida	SO ₃	0,90%
Kalium Oksida	K ₂ O	15,5%
Kalsium Oksida	CaO	37,3%
Titanium Oksida	TiO ₂	0,34%
Vanadium Pentoksida	V ₂ O ₅	0,02%
Mangan (II) Oksida	MnO	0,72%
Tembaga (II) Oksida	CuO	0,063%
Seng Oksida	ZnO	0,053%
Stronsium Oksida	SrO	0,22%
Molibdenum Dioksida	MoO ₃	0,3%
Barium Hidroksida	BaO	0,05%

Komponen Senyawa	Kode	Hasil
Europium	Eu ₂ O ₃	0,1%
Renium (VII) Oksida	Re ₂ O ₇	0,09%

Sumber: Hasil Lab. Universitas Negeri Malang

Berdasarkan hasil pengujian xrf, BLA mengandung SiO₂ sebesar 37,1%, Fe₂O₃ sebesar 4,63%, dan CaO sebesar 37,3%, yang merupakan komposisi oksida penyusun semen, SiO₂ memiliki peran penting karena dapat bereaksi dengan Ca(OH)₂ membentuk CSH, yang meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton. Tingginya kandungan CaO menunjukkan abu dapat menjadi sumber kalsium tambahan untuk pembentukan CSH selama hidrasi semen, sehingga meningkatkan kekuatan beton.

Berikut ini hasil pengujian kehalusan abu daun pisang:

Tabel 2. Hasil Uji Kehalusan Abu Daun Pisang

No. saringan	Tertahan (gram)		Kehalusan
	Individu	Kumulatif	%
No. 100	0.00	0.00	0.00
No. 200	9.00	9.00	18.00
PAN	41.00	50.00	82.00
Jumlah	50.00		

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil uji kehalusan memenuhi syarat ASTM yang mana lolos saringan nomor. 100 lolos 100%, dan lolos saringan nomor 200 18% yang mana syaratnya maksimal 22%.

Berikut ini hasil pengujian berat jenis abu daun pisang:

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu

PEMERIKSAAN	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda uji (w)	51.7	51.7
Pembaca Pertama pada skala botol (V1)	0.3	0.3
Pembaca Kedua pada skala botol (V2)	23.0	22.0
Isi cairan yang dipindahkan (V2 - V1)	22.7	21.7
Temperatur pembacaan pertama	26.0	26.0
Temperatur pembacaan kedua	26.0	26.0
Berat Jenis abu $\{w / (V2 - V1)\} \times d$	2.28	2.38
Berat Jenis rata-rata	2.33	

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian, abu daun pisang memiliki berat jenis rata-rata 2.33, sedangkan berat jenis semen biasanya sekitar 3.15, sehingga tidak memenuhi standar.

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Material yang digunakan untuk menguji sifat fisik agregat halus adalah pasir alami Lumajang. Analisis saringan, kadar air, berat jenis, penyerapan, berat isi, dan kadar organik

adalah beberapa pengujian yang dilakukan dalam pengujian ini. Hasilnya disajikan dalam **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Standart Mutu	Aturan	Ket.
MHB (%)	2.76	2 – 3	SNI 03-6820-2002	OK
Kadar Air (%)	4.06	3% - 5%	SNI 03-1971-2011	OK
Berat Jenis SSD (gr/cm ³)	2.715	2.4 – 2.8	SNI 03-1970-2008	OK
Penyerapan air (5)	0.990	0.2 – 2	SNI 03-1970-2008	OK
Berat Isi Lepas (gr/cm ³)	1.2	≤1.2	ASTM C-29M-03	OK
Berat Isi Tumbuk (gr/cm ³)	1.46	≤1.6	ASTM C-29M-03	OK
Berat Isi Goyang (gr/cm ³)	1.47	≤1.6	ASTM C-29M-03	OK
Kadar Organik	Warna No.1	≤warna no.3	SNI 2816-2014	OK

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil pengujian sifat fisik agregat halus yang ditunjukkan pada tabel di atas menunjukkan bahwa pasir alami Lumajang secara keseluruhan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton standart. Selanjutnya, sifat fisik agregat kasar diuji dengan kerikil Pasuruan. Analisa saringan, kadar air, berat jenis, penyerapan, berat isi, dan kekerasan agregat adalah beberapa tes yang dilakukan dalam pengujian ini, dan hasilnya disajikan dalam **Tabel 5.**

Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Standart Mutu	Aturan	Ket.
MHB (%)	6.94	5 - 8	SNI 03-2834-2000	OK
Kadar Air (%)	1.22	0.5 - 5	SNI 03-1971-2011	OK
Berat Jenis SSD (gr/cm ³)	2.745	2.5 – 2.8	SNI 03-1969-2008	OK
Penyerapan air (%)	1.708	Maks.4	SNI 03-1969-2008	OK
Berat Isi Lepas (%)	1.38	≤1.2	ASTM C-29M-03	OK
Berat Isi Tumbuk (gr/cm ³)	1.46	≤1.6	ASTM C-29M-03	OK

Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Standart Mutu	Aturan	Ket.
Berat Isi Goyang (gr/cm ³)	1.47	≤1.6	ASTM C-29M-03	OK
Kekerasan (%)	5.76	≤24	ASTM C-33	OK

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik agregat kasar Pasuruan memenuhi syarat untuk dijadikan bahan campuran beton.

Kebutuhan Material Benda Uji

Kebutuhan benda uji silinder tiap variasi 4 buah sehingga total benda uji 32 buah. Berikut kebutuhan material benda uji silinder dalam satuan kg.

Tabel 6. Kebutuhan Material Benda Uji Silinder

Material	Vol. (m3)	Jumlah kebutuhan variasi per kg			
		0%	1%	4.5%	8%
Air	0.053	9.99	10.09	10.44	10.79
Semen	0.053	24.17	24.17	24.17	24.17
Pasir	0.053	38.51	38.51	38.51	38.51
Kerikil	0.053	55.76	55.76	55.76	55.76
BLA	0.053	0.00	0.24	1.09	1.93

Sumber: Hasil Perhitungan

Kebutuhan benda uji beton *interlock* dalam 1 dinding dalam satuan kg sebagai berikut:

Tabel 7. Kebutuhan Material Benda Uji *Interlock*

Material	volume 1 dinding (m3)	Jumlah kebutuhan dinding per kg
		1%
Air	0.0476	9.06
Semen	0.0476	21.71
Pasir	0.0476	34.58
Kerikil	0.0476	50.08
BLA	0.0476	0.22

Sumber: Hasil Perhitungan

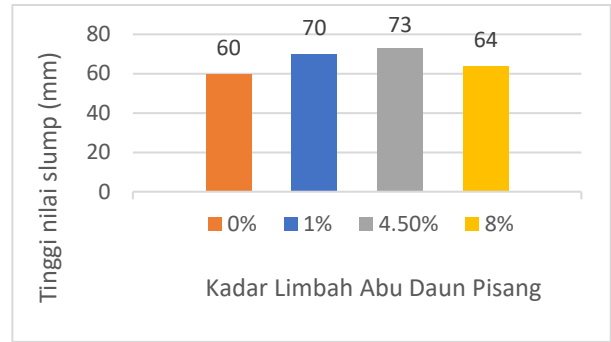
Hasil Pengujian Beton Segar

Berikut hasil pengujian slump beton:

Tabel 8. Hasil Pengujian Slump Beton

Uji Slump		
Pemeriksaan	Tinggi slump	Satuan
Beton Variasi 0%	60	mm
Beton Variasi 1%	70	mm
Beton Variasi 4.5%	73	mm
Beton Variasi 8%	64	mm

Sumber: Hasil Pengujian

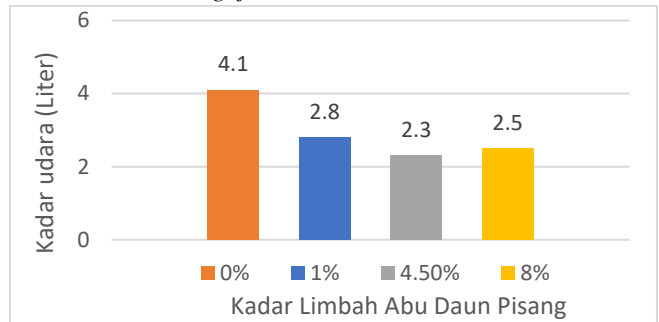


Grafik 1. Grafik Pengujian Nilai Slump

Tabel 9. Hasil Pengujian Kadar Udara Beton

Uji Kadar Udara		
Pemeriksaan	Hasil	Satuan
Beton Variasi 0%	4.1	Liter
Beton Variasi 1%	2.8	Liter
Beton Variasi 4.5%	2.3	Liter
Beton Variasi 8%	2.5	Liter

Sumber: Hasil Pengujian

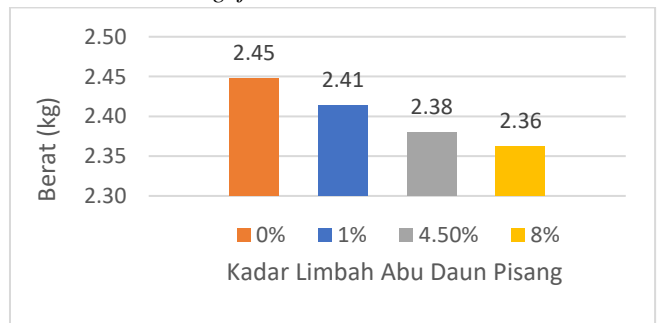


Grafik 2. Grafik Pengujian Kadar Udara

Tabel 10. Hasil Pengujian Berat Isi Beton

Uji Berat Isi		
Pemeriksaan	Hasil	Satuan
Beton Variasi 0%	2.45	Kg
Beton Variasi 1%	2.41	Kg
Beton Variasi 4.5%	2.38	Kg
Beton Variasi 8%	2.36	Kg

Sumber: Hasil Pengujian



Grafik 3. Grafik Pengujian Berat isi

Hasil Pengujian Beton Silinder

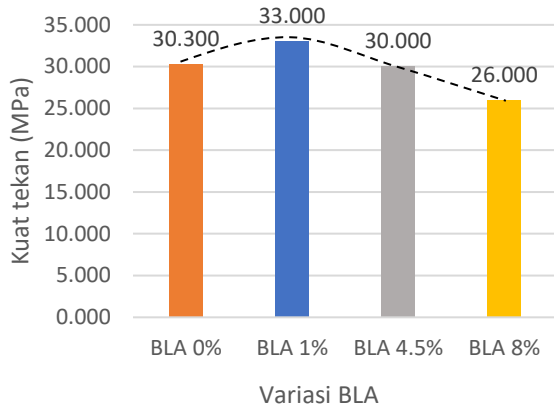
1. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton silinder dengan umur 28 hari

Tabel 11. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata

Kuat tekan (MPa)	Variasi Penambahan BLA			
	0%	1%	4.5%	8%
	30.30	33.00	30.00	26.00

Sumber: Hasil Pengujian



Grafik 4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Rata-rata

Berdasarkan grafik 4 didapatkan nilai kuat tekan yang paling optimal terjadi pada penambahan BLA dengan variasi 1% kuat tekannya sebesar 33 MPa.

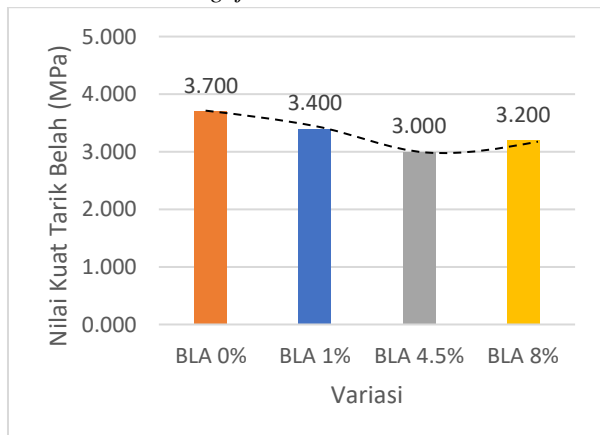
2. Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tekan beton silinder dengan umur 28 hari

Tabel 12. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Rata-rata

Kuat Tarik (MPa)	Variasi Penambahan BLA			
	0%	1%	4.5%	8%
	3.700	3.400	3.000	3.200

Sumber: Hasil Pengujian



Grafik 5. Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Rata-rata

Berdasarkan grafik 5 menunjukkan terjadi penurunan kuat tarik belah dengan penambahan BLA, namun naik kembali pada variasi 8%.

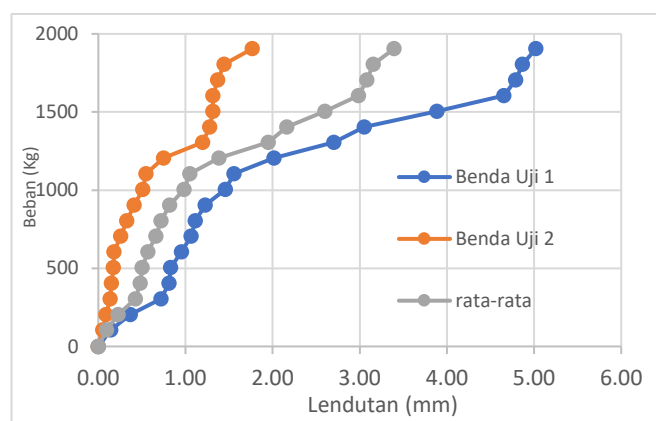
Hasil Pengujian Kuat Geser (Tegangan Geser) Dinding Interlock

Berikut ini hasil pengujian beban-lendutan pengujian geser dinding interlock dan hasil kuat geser:

Tabel 12. Nilai beban-lendutan pengujian geser dinding interlock

Beban (Kg)	Total beban (Kg)	Lendutan (mm)		
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	rata-rata
0	0	0.000	0.000	0.000
100	105.4	0.144	0.050	0.097
200	205.4	0.368	0.087	0.228
300	305.4	0.720	0.135	0.428
400	405.4	0.812	0.152	0.482
500	505.4	0.830	0.173	0.502
600	605.4	0.957	0.179	0.568
700	705.4	1.065	0.256	0.661
800	805.4	1.112	0.327	0.720
900	905.4	1.227	0.413	0.820
1000	1005.4	1.459	0.510	0.985
1100	1105.4	1.556	0.548	1.052
1200	1205.4	2.018	0.750	1.384
1300	1305.4	2.702	1.196	1.949
1400	1405.4	3.051	1.279	2.165
1500	1505.4	3.887	1.315	2.601
1600	1605.4	4.653	1.317	2.985
1700	1705.4	4.790	1.372	3.081
1800	1805.4	4.867	1.445	3.156
1900	1905.4	5.023	1.768	3.396

Sumber: Hasil Pengujian



Grafik 6. Grafik beban-lendutan pengujian geser dinding *interlock*

Berdasarkan **grafik 6**, kedua benda uji menunjukkan pola hubungan beban-defleksi yang sangat berbeda. Defleksi maksimum pada benda uji 1 adalah 5,023 mm, sedangkan pada benda uji 2 adalah 1,79 mm, dengan rata-rata defleksi maksimum 3,40 mm. Grafik menunjukkan pola keretakan yang berbeda, tetapi benda uji tetap mampu menahan beban dan tidak langsung runtuh. Kerusakan terjadi karena desain *interlock* yang kurang presisi akibat cetakan dari multipleks yang kurang rapat saat dikaitkan. Sedangkan nilai kuat geser sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{(D+q) \cdot S}{b \cdot lx} = \frac{(D+q) \times (\frac{1}{6}bh^2)}{b \times (\frac{1}{12}bh^3)} = \frac{(971,42+61,65) \times (\frac{1}{6} \times 0,60 \times 0,15^2)}{0,6 \times (\frac{1}{12} \times 0,6 \times 0,15^3)} \\ &= \frac{1033,07 \times 0,00225}{0,6 \times 0,00016875} = 22957,1 \frac{kg}{m^2} \\ &= 22,957 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai kuat geser (tegangan geser) dinding *interlock* yaitu 22,957 ton/m².

Analisis Perbandingan RAB Dinding Beton *Interlock* dan Dinding Batu Kali 1m³

Anggaran beton *interlock* per m³ adalah Rp 655.153, lebih ekonomis dibandingkan batu kali yang mencapai Rp 938.109.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan limbah abu daun pisang atau *banana leaf ash* (BLA) dapat meningkatkan kuat tekan rata-rata beton dengan nilai kuat tertinggi 33 MPa pada variasi 1%, namun kuat tarik belah rata-rata menurun pada 4.5%, tetapi meningkat kembali pada 8%.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan limbah abu daun pisang atau *banana leaf ash* (BLA) optimal untuk campuran beton *interlock* adalah pada

variasi 1% karena memiliki kuat tekan paling optimal dibandingkan variasi lainnya.

3. Beton *interlock* mampu menerima beban sebesar 1942,83 kg dan menahan kuat geser sebesar 22,957 ton/m². Desain beton *interlock* memiliki kapasitas kuat geser yang memadai untuk menahan beban. Perbedaan lendutan terjadi karena benda uji 2 mengalami keretakan sebelum pengujian akibat kesalahan saat membuka cetakan.
4. Nilai rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan dinding beton *interlock* dalam 1 m³ adalah sebesar Rp 655,153. Sedangkan untuk pembuatan dinding dari batu kali dibutuhkan biaya sebesar Rp 938,109. Perbedaan ini menunjukkan bahwa biaya pembuatan dinding beton *interlock* lebih rendah dibandingkan dengan batu kali.

Sedangkan, saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan variasi penambahan abu daun pisang di bawah 4.5% untuk kuat tekan beton.
2. Perlu digunakan vibrator saat proses pematangan untuk meningkatkan kualitas pengujian.
3. Perlu digunakan cetakan dari pelat untuk pembuatan beton *interlock* agar bentuknya sesuai desain, memungkinkan benda uji saling berkaitan sempurna, dan meningkatkan kuat geser.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemilihan limbah abu daun pisang dan standar pengolahan abu untuk meningkatkan kandungan SiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Al-Fakih, B. S. Mohammed, F. Nuruddin, and E. Nikbakht, "Development of Interlocking Masonry Bricks and its' Structural Behaviour," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/140/1/012127.
- [2] H. H. M. Darweesh, "Effect of banana leaf ash as a sustainable material on the hydration of Portland cement pastes," 2023.
- [3] S. Sakthivel, R. Parameswari, M. Gomathi, and S. Sangeetha, "Experimental Investigation on Concrete With Banana Fiber and Partial Replacement of Cement By Banana Leaf Ash," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 2019.
- [4] SNI 03-2834, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," *Badan Standarisasi Nasional*. 2000.
- [5] Standar Nasional Indonesia 1974, "Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder," *Badan Standarisasi Nasional Indonesia*. 2011.
- [6] SNI 2491, "Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder," *Badan Stand. Nas. Indones.*, pp. 1–17, 2014.