

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Daya Serap Terhadap Air, Kuat Tekan, dan Patah Pada Batako

The Effect of Adding Sugarcane Bagasse Ash on Water Absorption, Compressive Strength, and Fracture of Concrete Blocks

Marjuki¹, Dwiria Wahyuni^{1*}, Asifa Asri¹

¹Jurusan Fisika, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia 78124

Email: *dwiriawahyuni@physics.untan.ac.id; asifa.asri@physics

Received: 02nd May 2025; Revised: 22th May 2025; Accepted: 27th May 2025

Abstrak – Batako merupakan material yang dapat diperkuat dengan memanfaatkan silika dari material alam seperti ampas tebu. Silika (SiO_2) pada ampas tebu dapat diperkaya melalui proses pembakaran dengan suhu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan abu ampas tebu (AAT) sebagai bahan pengisi terhadap daya serap air, kuat tekan dan patah pada batako. Ampas tebu terlebih dahulu dibakar di dalam drum pada suhu 320 °C selama 1 jam. Hasil pembakaran ampas tebu diayak menggunakan pengayak berukuran 50 dan 150 mesh, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRF. Dari hasil penelitian diperoleh kandungan silika sebesar 30%, daya serap air tertinggi sebesar 10,6% pada batako tanpa penambahan AAT dan terendah pada batako dengan penambahan AAT berukuran 150 mesh yaitu sebesar 7,66%. Batako dengan ukuran AAT 150 mesh memiliki nilai densitas, kuat tekan, dan kuat patah tertinggi, masing-masing sebesar 2079,99 kg/m³, 6,448 MPa, dan 1,372 MPa. Secara umum, batako dengan penambahan AAT mengalami perbaikan sifat mekanik dibandingkan dengan batako tanpa AAT.

Kata kunci: Batako; abu ampas tebu (AAT); bahan pengisi (filler); kuat patah; kuat tekan; daya serap

Abstract – Concrete block is a material that can be strengthened by utilizing silica from natural materials such as bagasse. Silica (SiO_2) in bagasse can be enriched through a high-temperature combustion process. This study aims to see the effect of adding bagasse ash (AAT) as a filler on water absorption, compressive and fracture strength of concrete blocks. Bagasse is first burned in a drum at a temperature of 320 °C for 1 hour. The results of the burning of bagasse are sieved using 50 and 150 mesh sieves, then characterized using XRF. The results of the study obtained a silica content of 30%, the highest water absorption of 10.6% in bricks without the addition of AAT and the lowest in bricks with the addition of 150 mesh AAT, which is 7.66%. Concrete blocks with AAT size 150 mesh have the highest density, compressive and fracture strength of 2079.99 kg/m³, 6.448 MPa, and 1.372 MPa. The concrete blocks with the addition of AAT improved in mechanical properties compared to bricks without AAT.

Keywords: Concrete block; bagasse ash (AAT); filler; fracture strength; compressive strength; water absorption capacity.

1. Pendahuluan

Peningkatan pertumbuhan penduduk berpengaruh terhadap pemakaian bahan bangunan. Batu bata atau bata beton (batako) merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Batako merupakan salah satu bahan bangunan untuk pembuatan dinding yang relatif murah dan kuat dibanding dengan batu bata [1]. Batako terbuat dari campuran pasir, semen, dan air yang dicetak sesuai ukuran standar dengan perbandingan masing-masing yaitu 70%:25%:5%. Perbandingan komposisi tersebut sesuai dengan pedoman teknis yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986 [2]. Selain komposisi standar tersebut, sifat batako dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan lain seperti silika [3]. Bahan dari silika berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pelebur untuk meningkatkan kekuatan tekan batako

[4]. Jenis silika yang biasa digunakan sebagai *filler* adalah silika tetraethylorthosilicate dan tetramethylorthosilicate. Namun, keduanya memiliki harga yang relatif mahal, sulit ditemukan, serta tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan adanya pemanfaatan silika yang berasal dari alam [5].

Pemanfaatan limbah sebagai bahan *filler* baik dalam bentuk butiran maupun serat pada pembuatan batako banyak menarik minat peneliti. Pemanfaatan serbuk gergaji [6], abu batu bara [7], serbuk kaca [8], batu kapur dan *fly ash* [9]. sebagai *filler* telah mampu meningkatkan sifat mekanik batako pada komposisi tertentu. Bahan lain seperti kapas [10] dan kertas [2] juga mampu meningkatkan kualitas batako. Sementara itu, limbah pertanian seperti abu ampas tebu (AAT) mampu meningkatkan kuat patah hingga 40% [11], dan serat kelapa meningkatkan kuat tekan hingga 17% [12]. Dari berbagai penelitian tersebut sifat mekanik optimum diapai pada komposisi campuran bahan baku tertentu. Salah satu limbah pertanian yang melimpah dan potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengisi batako adalah AAT [11]. Pada penelitian ini digunakan AAT sebagai bahan pengisi pada pembuatan batako karena sampai saat ini pemanfaatannya masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan baku pada pembuatan pupuk, dan papan partikel [11].

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik fisik dan mekanis dari batako adalah ukuran *filler* yang ditambahkan ke dalam campuran batako [12]. *Filler* digunakan dalam proses pembuatan batako untuk mengisi celah-celah antara butiran material lainnya. Ukuran *filler* memiliki potensi untuk mempengaruhi kepadatan, kekuatan tekan, dan sifat-sifat lain dari batako yang dihasilkan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh penambahan abu ampas tebu dengan variasi ukuran *filler* terhadap karakteristik sifat fisik dan mekanis batako. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka pada penelitian ini dikaji mengenai potensi ampas tebu sebagai *filler* berdasarkan ukuran partikel untuk pembuatan batako.

2. Landasan Teori

Batako adalah bahan bangunan yang berupa batu-batuan dengan proses pengerasannya tidak melalui pembakaran. Bahan pembentuk batako berupa campuran pasir, semen, dan air. Pembuatan batako juga dapat ditambahkan bahan lain (*additive*) yang dicetak sesuai dengan standar SNI. Pencetakan batako juga harus memerhatikan syarat-syarat SNI seperti kuat tekan, dan daya serap air sehingga dapat digunakan untuk bahan konstruksi bangunan. Dalam perkembangannya batako merupakan bahan bangunan yang sering digunakan masyarakat karena relatif murah dan lebih kuat dibanding dengan batu bata [1]. Berdasarkan bahan dasar pembuatannya batako dibagi menjadi 3 jenis, yaitu batako ringan, batako putih, dan batako press. Batako ringan terbuat dari bahan dasar pasir kuarsa, semen, kapur, dan bahan lain (*gypsum*, pasta aluminium) yang dikategorikan sebagai bahan pembuatan batako ringan. Batako putih terbuat dari bahan dasar batu kapur, campuran trass, dan air. Batako press terbuat dari campuran pasir, air, dan semen.

Karakteristik sifat fisis dan mekanis batako yang baik harus memenuhi standar SNI yang sudah dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum dengan nomor SNI 03-0349-1989, yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat fisis dan mekanis batako.

No	Uraian	Satuan	Tingkat mutu batako berlubang			
			I	II	III	IV
1	Kuat tekan rata-rata minimal	MPa	9,8	6,86	3,92	2,45
2	Kuat tekan masing-masing benda uji	MPa	8,82	6,37	3,43	2,05
3	Penyerapan air rata-rata, maksimum	%	25	35	-	-

Berdasarkan tingkat mutunya, batako berlubang dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Mutu I dapat digunakan sebagai dinding struktural terlindungi, kuat tekan minimal sebesar 6,86 MPa.
2. Mutu II dapat digunakan sebagai dinding struktural tak terlindungi (boleh ada beban), kuat tekan minimal sebesar 4,90 MPa.
3. Mutu III dapat digunakan sebagai dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena panas dan hujan, kuat tekan minimal sebesar 3,43 MPa.

4. Mutu IV dapat digunakan sebagai dinding non struktural terlindungi dari cuaca, kuat tekan minimal sebesar 1,96 MPa.

Ampas tebu biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 500-600°C. Pengerukan abu ampas tebu (AAT) dari dalam boiler dilakukan setiap 4-8 jam sekali, karena jika dibiarkan akan terjadi penumpukan dan mengganggu proses pembakaran berikutnya. AAT memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi mencapai 53% ketika dilakukan pembakaran [13]. Pemanfaatan silika yang berbahan ampas tebu berguna untuk meminimalisir ketergantungan kebutuhan terhadap silika sintesis. Pemanfaatan ampas tebu memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan *filler* pembuatan batako, mengingat silika sintesis memiliki harga relatif mahal, sulit ditemukan, dan tidak ramah terhadap lingkungan.

3. Material Dan Metode

3.1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu drum digunakan untuk membakar ampas tebu, *thermogun* untuk mengukur suhu pada saat pembakaran ampas tebu, toples untuk merendam batako pada proses perhitungan daya serap air, ayakan berukuran 50 dan 150 mesh, cetakan batako dengan dimensi (340×80×160) mm³, gelas ukur, jangka sorong, mortar, oven, penggaris, sendok semen, timbangan analog, dan *Universal Testing Machine* (UTM). Bahan yang digunakan sebagai bahan pengisi batako yaitu abu ampas tebu yang didapat dari pedagang es tebu di daerah Pontianak, Kalimantan Barat. Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan batako adalah pasir, semen, dan air.

3.2. Pembuatan abu ampas tebu (AAT)

Pembuatan partikel AAT dilakukan dengan menyiapkan ampas tebu. Ampas tebu yang telah dijemur di bawah terik matahari selama 4 jam dibakar menggunakan drum terbuka. Setelah pembakaran, AAT dibiarkan dingin, lalu dihaluskan menggunakan mortar sesuai kebutuhan. Selanjutnya, AAT diayak dengan pengayak berukuran 50 dan 150 mesh sesuai dengan ukuran yang diperlukan. AAT yang diperoleh dikarakterisasi dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk melihat persentase unsur/senyawa yang terkandung di dalamnya.

3.3. Pembuatan batako

Langkah awal pembuatan batako yaitu melakukan penimbangan massa AAT, semen, dan pasir yaitu 0%:70%:30% untuk spesimen kontrol (tanpa AAT). Untuk spesimen dengan penambahan AAT, sebesar 5% dicampurkan sehingga komposisi campuran menjadi 5%:70%:25%. Kemudian semua bahan dicampur sesuai perbandingan komposisi dan diaduk hingga homogen. Spesimen yang telah homogen, dituangkan kedalam cetakan yang sudah disediakan. Batako di press menggunakan cetakan manual batako. Setelah dicetak, batako dilepaskan dari cetakan dan disimpan pada suhu ruangan selama 28 hari dan disiram menggunakan air setiap pukul 08.00 dan 17.00 WIB. Batako yang dihasilkan adalah batako berlubang.

3.4. Pengukuran sifat fisis batako

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan paramater densitas batako dan daya serap air. Langkah-langkah perhitungan densitas yaitu, massa batako (m) ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dan dihitung volumenya (V). Nilai densitas (ρ) dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Untuk pengujian daya serap batako terhadap air dilakukan dengan menyiapkan wadah (toples), sampel batako, dan air. Mula-mula masa batako diukur dengan menggunakan timbangan digital, kemudian batako dimasukan ke dalam toples dan ditambahkan air sampai batako terendam. Setelah 24 jam batako diangkat dan ditiriskan selama ~1 menit, kemudian permukaan batako dilap menggunakan kain lembab. Batako kemudian ditimbang sehingga didapatkan massa basah batako (m_b). Selanjutnya batako dipanaskan di dalam tungku pada suhu 105 °C hingga massanya konstan. Penimbangan dilakukan setiap 1 jam. Massa batako yang sudah konstan kemudian ditimbang (m_k), dan dihitung besar penyerapan air (P_a) dengan Persamaan (2).

$$P_a = \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \quad (2)$$

3.5. Pengukuran sifat mekanis batako

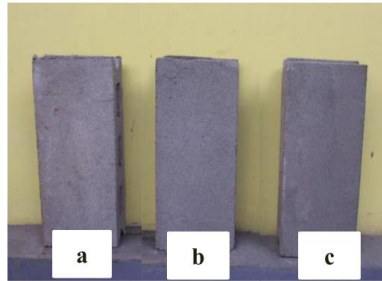
Pengukuran sifat mekanis dilakukan untuk mengukur parameter kuat tekan dan kuat patah batako. Mula-mula dilakukan pengukuran panjang, lebar, dan tinggi sampel batako menggunakan penggaris. Sampel yang sudah diukur diletakkan pada mesin UTM. Jarum penunjuk pada mesin UTM dipastikan tepat pada posisi angka 0, kemudian secara perlahan batako diberi beban tekan hingga hancur sehingga jarum bergeser pada skala tertentu. Besar nilai maksimum beban yang diberi dimana batako tepat hancur yang terbaca jarum dicatat.

Tahap awal pengujian kuat patah batako dilakukan dengan menentukan titik sisi tepi dan tengah. Kemudian secara perlahan batako diberi beban hingga patah. Besar nilai maksimum patah yang terbaca jarum dicatat.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil pabrikasi batako

Terdapat tiga variasi batako yang telah dibuat, yaitu batako tanpa bahan pengisi AAT, batako dengan bahan pengisi AAT berukuran 50, dan 150 mesh. Secara kualitatif ketiga variasi batako dapat dilihat pada Gambar 1. Dapat dibandingkan warna antara batako tanpa dan dengan bahan pengisi AAT. Dapat dilihat batako yang diberi bahan pengisi AAT abu ampas tebu, semakin kecil partikel yang ditambahkan warna batako semakin gelap dan permukaan batako terasa lebih halus. Perubahan warna pada batako terjadi karena kandungan selulosa dan lignin yang terdapat dalam ampas tebu dan kandungan tersebut membentuk senyawa karbon saat terjadi proses pembakaran [14].



Gambar 1. Hasil pabrikasi batako (a) tanpa AAT, (b) dengan AAT 50 mesh, dan (c) dengan AAT 150 mesh.

4.2. Karakterisasi silika AAT

Pengujian XRF digunakan untuk melihat kandungan silika (SiO_2) pada AAT. Secara kuantitatif kandungan senyawa logam pada AAT yang dibakar pada suhu $\sim 320^\circ\text{C}$ selama 2 jam dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan SiO_2 adalah 30%. Tinggi rendahnya suhu pembakaran berpengaruh terhadap kandungan senyawa yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu pembakaran ampas tebu persentase silika yang dihasilkan semakin tinggi [15]. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa silika adalah senyawa yang dominan dalam AAT, sejalan dengan hasil penelitian [13].

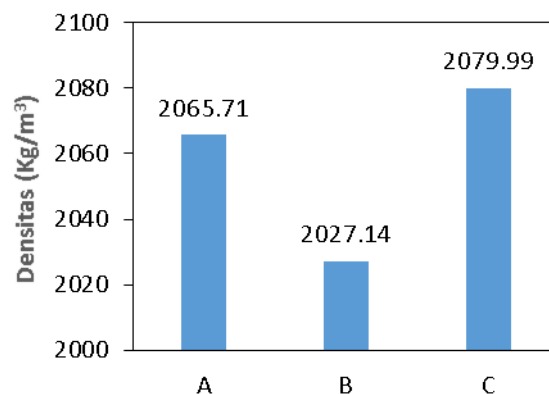
4.3. Densitas batako

Hasil pengukuran densitas dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan bahwa nilai densitas batako untuk ketiga sampel tidak berubah signifikan (cenderung sama). Setelah ditambah AAT 50 mesh terjadi penurunan densitas sebesar 1,86%, namun ketika ukuran partikel AAT semakin kecil (150 mesh) terjadi kenaikan densitas sebesar 0,69%. Perubahan nilai densitas yang tidak terlalu signifikan disebabkan semua sampel memiliki massa dan volume yang sama. Hal ini menunjukkan tidak adanya pengaruh *filler* pada batako dalam pengukuran densitas. Pengaruh dari bahan baku yang digunakan merupakan faktor yang menjelaskan tentang tinggi rendahnya suatu densitas. Menurunnya nilai densitas dikarenakan ukuran partikel yang lebih kecil dapat mengikat antar partikel lebih baik dibandingkan dengan partikel yang lebih

kasar ketika proses hidratisasi berlangsung. Berdasarkan hal tersebut batako dengan penambahan AAT yang lebih halus yaitu 150 mesh memiliki densitas yang lebih tinggi.

Tabel 2. Kandungan senyawa AAT.

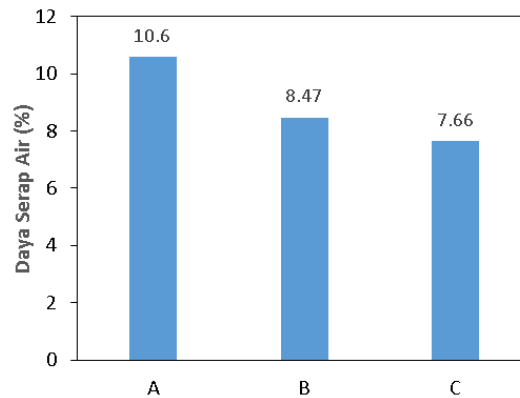
No	Senyawa kimia	Persentase (%)
1	SiO ₂	30,0
2	MgO	6,6
3	P ₂ O ₅	6,89
4	SO ₃	11,9
5	K ₂ O	25,0
6	CaO	12,5
7	TiO ₂	0,24
8	V ₂ O ₅	0,010
9	MnO	1,75
10	Fe ₂ O ₃	3,79
11	CuO	0,13
12	ZnO	0,523
13	Rb ₂ O	0,22
14	SrO	0,25
15	BaO	0,1



Gambar 2. Nilai densitas batako: (A) tanpa AAT, (B) dengan AAT 50 mesh, dan (C) dengan AAT 150 mesh.

4.4. Daya serap air

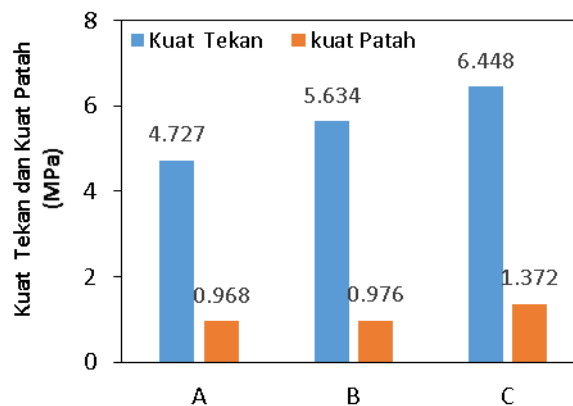
Hasil pengukuran daya serap air dapat dilihat pada Gambar 3. Tampak bahwa nilai daya serap air mengalami penurunan untuk batako yang ditambahkan AAT. Sampel A (tanpa penambahan AAT) memiliki daya serap air sebesar 10,60%, sampel B dan C (batako yang ditambahkan AAT dengan ukuran 50 dan 150 mesh) memiliki daya serap terhadap air masing-masing menurun menjadi 8,47% dan 7,66%. Ini mengindikasikan bahwa dengan memberikan bahan pengisi AAT berukuran yang lebih kecil mengakibatkan tertutupnya rongga-rongga kecil yang ada pada permukaan batako. Hasil yang didapatkan masih memenuhi syarat dan berada dalam jangkauan penyerapan air rata-rata sesuai dengan SNI 03-0349-1989.



Gambar 3. Nilai daya serap air batako: A (tanpa AAT), B (dengan AAT 50 mesh), dan C (dengan AAT 150 mesh).

4.5. Kuat patah dan kuat tekan

Pengukuran kuat patah dan kuat tekan dilakukan untuk mengetahui ketahanan batako dalam menerima tekanan. Hasil pengukuran kuat patah dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, nilai kuat tekan dan kuat patah batako yang ditambahkan AAT mengalami peningkatan. Hasil yang didapatkan memenuhi kualitas batako berdasarkan standar SNI 03-0349-1989 pada tingkat mutu III sebagai dinding non struktural tak terlindungi. Kuat tekan dan kuat patah batako mengalami peningkatan seiring ditambahkan AAT. Kenaikan nilai kuat tekan dan kuat patah batako disebabkan AAT yang mengandung SiO_2 yang memiliki sifat reaktif yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan batako [16].



Gambar 4. Nilai kuat patah dan kuat tekan batako: A (batako tanpa AAT), B (batako dengan AAT 50 mesh), dan C (batako dengan AAT 150 mesh).

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan abu ampas tebu (AAT) dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada pembuatan batako. Penambahan bahan pengisi AAT berdampak pada daya serap terhadap air, kekuatan patah dan tekan dari batako. Penurunan ukuran partikel dari AAT mengakibatkan penurunan terhadap daya serap air, peningkatan pada kuat patah dan tekan dari batako.

Pustaka

- [1] S. Harahap, "Analisa Perbandingan Biaya Serta Waktu Pelaksanaan Material Dinding Batu Bata dan Batako Pada Rumah Type 36," *Educ. Dev.*, vol. 9, no. 3, pp. 20–26, 2021.
- [2] I. Hendriyani, Rahmat, and S. M. Devi, "Kajian Pembuatan Batako dengan Penambahan Limbah Kertas HVS," *Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, pp. 316–321, 2017.
- [3] Mirna, H. Iqbal, and Kasman, "Analisis Sifat-sifat Fisik Keramik Berbahan Tambahan Abu Ampas Tebu dan Abu Sekam Padi," *Gravitasi*, vol. 16, no. 2, pp. 10–16, 2017.

- [4] R. A. Naibaho, A. Rohanah, and S. Panggabean, “Pemanfaatan Abu Ampas Tebu untuk Mengurangi Pemakaian Semen pada Pembuatan Batako,” vol. 3, no. 4, pp. 537–541, 2015.
- [5] S. Sinaga and D. Asmi, “Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Keramik Silika dari Daun Bambu Hasil Leaching Asam Sitrat dan Suhu Pembakaran 500°C-700°C,” *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 3, no. 1, pp. 31–36, 2015.
- [6] M. Masthura, A. H. Daulay, and D. F. Lubis, “Uji Mekanik Batako dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandist),” *J. Sains dan Pendidik. Fis.*, vol. 17, no. 2, p. 153, 2021.
- [7] E. K. Pangestuti, “Penambahan Limbah Abu Batu Bara Pada Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air,” *J. Tek. Sipil Perenc.*, vol. 13, no. 2, pp. 161–168, 2011.
- [8] N. Nursyamsi, I. Indrawan, and I. P. Hastuty, “Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Batako,” *J. Media Tek. Sipil*, vol. 14, no. 1, p. 84, 2016.
- [9] I. Silviyati, E. Supraptiah, I. Ramadhan, and M. Wulandari, “Pengaruh Penambahan High Density Poly Ethylene (HDPE) dan Oli Bekas Sebagai Binder pada Bata Ringan Dengan Variasi Filler,” *J. Kinet.*, vol. 10, no. 03, pp. 14–18, 2019.
- [10] E. Jumiaty, N. Z. Nasution, and A. H. Daulay, “Analisis Sifat Mekanik Batako dengan Penambahan Kapas,” *J. Ilmu Fis. dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 36–40, 2020.
- [11] M. Masthura, I. Sawitri, and A. H. Daulay, “Uji Mekanik Batako dengan Penambahan Abu Ampas Tebu,” *J. Ilmu Fis. dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 62–68, 2019.
- [12] Samsul, Herwani, and A. Supriyadi, “Pengujian Sifat Mekanis Batako Pejal dengan Serat Kelapa dengan Variasi 1,5 cm, 2 cm, dan 2,5 cm,” *J. Tek. kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, vol. 2, no. 2, 2015.
- [13] E. P. Fauzi, N. W. Setyanto, and R. Y. Efranto, “Pendukung Pembuatan Paving Block dengan Metode Multi Respon Taguchi (Studi Kasus di CV . Kali Ampo Malang),” *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, vol. 2, no. 5, pp. 1088–1099, 2013.
- [14] I. G. Tunas, A. Asrafil, and N. M. Suwitri Parwati, “Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Alternatif Campuran Material Dinding Ringan Untuk Mendukung Hunian Tahan Gempa di Kota Palu,” *J. Pengabd. Magister Pendidik. IPA*, vol. 4, no. 3, pp. 100–108, 2021.
- [15] R. Karimah and Y. Wahyudi, “The Use Of Bagasse Ash With Temperature Variations As A Partial Substitution Of Cement In The Concrete Mix,” vol. 13, no. 2, pp. 167–173, 2015.
- [16] dan R. Harianto Hardjasaputra¹, Marcia Devana², “Beton Normal Dan Beton UHPC Terhadap Kuat Tekan,” *Ilm. Tek. Sipil*, vol. 22, no. 2, pp. 151–156, 2018.
- [17] R. Desiasni, F. Widyawati, and R. Monica, “Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Limbah Gergaji Kayu Jati dengan Matrik Resin Epoxy,” *Hexag. J. Tek. dan Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 46–52, 2022.