

## Analisis Nilai Fisis Dan Mekanis Batu Bata Tanpa Proses Pembakaran Dengan Campuran Abu Ampas Tebu Dan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Tanah Liat

Mohamad Arif Hidayatulloh<sup>1</sup>, Eko Supri Murtiono<sup>2</sup>, Budi Siswanto<sup>3</sup>

Email: [arif\\_uns17@student.uns.ac.id](mailto:arif_uns17@student.uns.ac.id)

Diterima : 16 Juli 2024  
Disetujui : 24 Juli 2024  
Terbit : 29 Juli 2024

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah abu ampas tebu dan *fly ash* terhadap sifat fisik dan mekanik batu bata tanpa proses pembakaran, 2) Untuk mengetahui presentase optimal penggunaan limbah abu ampas tebu dan *fly ash* pada tiap-tiap variasi campuran 0%:30%, 5%:25%, 10%:20%, 15%:15%, 20%:10%, 25%:5%, 30%:0% pada pembuatan batu bata tanpa proses pembakaran untuk mencapai karakteristik fisik dan mekanik batu bata yang sesuai standar. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Variabel pada penelitian ini adalah (1) variabel bebas: variasi campuran abu ampas tebu, (2) variabel bebas: variasi campuran *fly ash*, (3) variabel terikat: Hasil uji sifat fisik dan mekanik. Benda uji ukuran 26 cm x 12,5 cm x 5 cm. Hasil penelitian ini sebagai berikut: presentase daya serap batu bata yang paling kecil terdapat pada variasi A2 dengan campuran dan AAT dan *fly ash* yaitu 10%:20% menghasilkan nilai daya serap sebesar 20,02%, sedangkan daya serap yang paling tinggi terdapat pada variasi A7 dengan campuran AAT dan *fly ash* batu bara yaitu 30%:0% menghasilkan nilai daya serap sebesar 28,38%. Massa jenis batu bata yang paling rendah terdapat pada variasi A7 dengan campuran AAT dan *fly ash* sebesar 30%:0% menghasilkan nilai massa jenis sebesar 1,06 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan massa jenis tertinggi batu bata terdapat pada variasi A0 dengan campuran AAT dan *fly ash* 0% menghasilkan nilai massa jenis sebesar 1,34 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai kuat tekan tertinggi pada variasi B4 dengan perbandingan variasi campuran AAT dan *fly ash* yaitu 15%:15% dengan nilai kuat tekan batu bata pada umur 14 hari sebesar 1,514 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah pada variasi B7 dengan campuran AAT 30% dengan nilai kuat tekan sebesar 1,088 MPa.

**Kata kunci:** abu ampas tebu; batu bata; fly ash

**Abstract:** This research aims to: 1) determine the effect of using bagasse ash and fly ash on the physical and mechanical properties of bricks without the combustion process, 2) find out the optimal percentage of using bagasse ash and fly ash in each mixture variation 0%:30%, 5%:25%, 10%:20%, 15%:15%, 20%:10%, 25%:5%, 30%:0% in the manufacture of bricks without burning process to achieve physical and mechanical characteristics of bricks according to standards. This research is experimental. The variables in this study are (1) independent variable: variation of bagasse ash, (2) independent variable: variation of fly ash, and (3) dependent variable: results of physical and mechanical properties test. The test specimens were 200x100mm cylinder(s). The test object measures 26 cm x 12.5 cm x 5 cm. The results of this research are as follows: the lowest percentage of absorption power of bricks is found in variation A2 with a mixture of bagasse ash and coal fly ash, namely 10%:20% resulting in an absorption value of 20.02%, while the highest absorption power is found in variation A7 with a mixture of bagasse ash and coal fly ash which is 30%:0% produces an absorption value of 28.38%. The lowest density of bricks is found in variation A7 with a mixture of bagasse ash and coal fly ash of 30%:0%, resulting in a density value of 1.06 gr/cm<sup>3</sup>. In contrast, the highest density of bricks is found in variation A0 with a bagasse ash mixture, and 0% coal fly ash produces a density value of 1.34 gr/cm<sup>3</sup>. The highest compressive strength value in the B4 variation with a comparison of the bagasse ash mixture and coal fly ash is 15%: 15% with the brick compressive strength value at 14 days of age of 1.514 MPa, while the lowest compressive strength value is in the B7 variation with bagasse ash 30 mixture % with a compressive strength

value of 1.088 MPa.

**Keywords:** *bagasse ash; bricks; fly ash*

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta

## PENDAHULUAN

Batu bata adalah bahan bangunan prisma segiempat panjang yang terbuat dari tanah liat, dengan atau tanpa aditif, dan dibakar pada suhu tinggi (SNI 15-2094-2000). Meskipun ada alternatif seperti bata ringan, masyarakat masih menyukai batu bata. Penelitian oleh Kencana (2018) menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah industri batu bata di beberapa daerah Klaten dari tahun 2014 hingga 2018. Pada tahun 2014, terdapat 187 industri batu bata, dan pada tahun 2018, jumlahnya meningkat menjadi 240. Hal ini disebabkan oleh permintaan konsumen yang terus meningkat setiap tahun dan karena batu bata masih memiliki kualitas dan kelebihan yang diminati oleh masyarakat.

Batu bata konvensional membutuhkan material utama yaitu tanah dalam pembuatannya. Apabila permintaan batu bata semakin banyak, maka penggunaan tanah sebagai material utama batu bata akan semakin banyak dan dieksploitasi secara terus menerus. Dalam penelitian Apriyanti (2018), eksploitasi tanah secara terus-menerus menimbulkan dampak negatif jika dilakukan secara jangka panjang, seperti hilangnya unsur hara pada tanah sekitar, lapisan tanah semakin menipis, kemampuan tanah yang tidak stabil, serta kerusakan lingkungan sekitar tempat pengambilan tanah. Sesuai dengan masalah tersebut, diperlukan bahan alternatif pengganti sebagian tanah yang memiliki karakteristik kimia yang terkandung pada tanah. Peneliti mencoba menggunakan bahan abu ampas tebu dan *fly ash* sebagai pengganti sebagian tanah liat dalam proses pembuatan batu bata.

Batu bata konvensional dalam proses pembuatannya dicetak lalu dibakar menggunakan sekam padi atau kayu bakar sebagai bahan bakar, sehingga menghasilkan gas karbondioksida. Proses pembakaran itu menyebabkan terjadinya masalah lingkungan

misalnya polusi udara, akibatnya akan berdampak pada lingkungan sekitarnya (Mukono, 2008). Jika permintaan batu bata sebagai material konstruksi semakin meningkat, maka dampak yang ditimbulkan oleh pembakaran bata semakin besar serta masalah lingkungan yang semakin parah. Pada penelitian sebelumnya, sudah ada cara alternatif untuk mengurangi dampak tersebut yaitu dengan membuat batu bata tanpa pembakaran.

Dalam penelitian Maryunani, dkk (2009), batu bata tanpa bakar memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat menghilangkan polusi udara akibat proses pembakaran, menekan biaya produksi karena tidak menggunakan bahan bakar boiler seperti kayu dan lain-lain, serta batu bata tanpa pembakaran tidak harus mengandalkan cuaca. Batu bata tanpa bakar membutuhkan bahan tambah yang bersifat mengikat dengan tanah, mengandung silika alumina dan bersifat pozzolan. Bahan yang memiliki sifat pozzolan antara lain yaitu semen, pasir, kapur, keramik sampai bahan limbah produksi seperti abu ampas tebu, dan *fly ash* (Sudarsana dkk, 2011). Pada penelitian ini batu bata tanpa proses pembakaran menggunakan campuran limbah abu ampas tebu dan *fly ash*.

Berdasarkan penelitian Siregar (2010), abu ampas tebu mampu mengurangi penyusutan batu bata dengan campuran tanah dan pasir, sampai 34% dibandingkan dengan bata lempung asli. Batu bata dengan campuran abu ampas tebu dapat mengurangi penyusutan hingga 19,49%-53,62%. Didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 5,84 Mpa dengan abu ampas tebu sebanyak 5% dan termasuk dalam kelas 50 menurut SNI 15-2094-2000. Selain abu ampas tebu, peneliti menggunakan *fly ash* sebagai pengganti sebagian tanah liat dalam pembuatan batu bata tanpa pembakaran.

*Fly ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yaitu

salah satu nya adalah limbah yang dihasilkan oleh PLTU. Limbah tersebut terdapat jumlah yang cukup banyak, dan diperlukan pengelolaan secara tepat untuk menghindari limbah yang menumpuk dan masalah lingkungan lainnya. Menurut Badan Pusat Statistik (2020) pada tahun 2019 tercatat 67 juta ton batu bara dimanfaatkan untuk kebutuhan bahan baku PLTU dalam negeri. Pada tahun 2019 PLTU Tanjung Jati B memiliki kebutuhan batu bara sebanyak 8,6 juta ton dan menghasilkan 1,2 juta ton. Limbah tersebut memiliki potensi dijadikan bahan tambahan untuk material bangunan karena termasuk bahan yang bersifat pozzolan. Berdasarkan data *fly ash* yang diperoleh dari PLTU TJB Jepara (2021), kandungan silika dan alumina pada *fly ash* batu bara yang terdapat di lokasi tersebut memiliki kandungan sebesar 80,79%.

Beberapa penelitian menggunakan bahan tambah dalam pembuatan batu bata telah dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas batu bata. Berdasarkan penelitian oleh Evendi, Fadli & Dastrinawati (2015), tentang pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan campuran batu bata didapatkan peningkatan hasil kuat tekan sebesar 9,375 N/mm<sup>2</sup> dan termasuk yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2018:72). Sampel yang digunakan yaitu benda uji batu bata dengan dimensi 26 x 12,5 x 5 cm. Berikut presentasi dalam penelitian ini dalam kategori batu bata kelas 50 berdasarkan SNI 15-2094-2000. Selain itu didapatkan nilai porositas batu bata sebesar 2,73%.

Forest, dkk (2017) melakukan penelitian tentang batu bata ramah lingkungan dengan penambahan abu terbang batu bara, dimana dengan penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara berpengaruh terhadap nilai thermal properties batu bata. Daya hambat panas optimum terdapat pada variasi penggantian *fly ash* batu bara sebesar 50% yakni dengan hasil 0,201 Kcal/mh°C.

Ketersediaan kedua limbah tersebut belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal. Dengan pertumbuhan produksi gula

dan konsumsi batu bara yang terus meningkat, jumlah limbah yang dihasilkan juga mengalami peningkatan yang signifikan. Oleh karena itu, perlu memaksimalkan pemanfaatan kedua jenis limbah ini, terutama dalam konteks industri konstruksi sebagai bahan tambah material bangunan.

Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan kedua bahan tersebut dengan tujuan menghasilkan batu bata yang memiliki mutu yang unggul. Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai kuat tekan, daya serap dan massa jenis batu bata yang dihasilkan dari penggantian sebagian tanah liat dengan campuran abu ampas tebu dan *fly ash*, serta untuk mengetahui presentase optimum penggantian sebagian tanah liat dengan abu ampas tebu dan *fly ash* pada batu bata tanpa pembakaran.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Sebelas Maret untuk pengujian bahan, kuat tekan, massa jenis dan daya serap air batu bata. Abu ampas tebu berasal dari pabrik gula merah di daerah Tulungagung. *Fly ash* berasal dari PLTU Tanjung Jati B yang diambil dari SCG Solo.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, karena penelitian ini memerlukan suatu perlakuan pada variabel bebas dan hasilnya dilihat pada variabel terikatnya. Penelitian eksperimen yaitu metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2018:72). Sampel yang digunakan yaitu benda uji batu bata dengan dimensi 26 x 12,5 x 5 cm. Variasi presentase campuran batu bata dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Presentase campuran

Variasi Campuran	Tanah Lempung	Abu Tebu	<i>Fly Ash</i>	Semen
------------------	---------------	----------	----------------	-------

Kontrol	90%	-	-	10%
Komp. I	60%	-	30%	10%
Komp. II	60%	5%	25%	10%
Komp. III	60%	10%	20%	10%
Komp. IV	60%	15%	15%	10%
Komp. V	60%	20%	10%	10%
Komp. VI	60%	25%	5%	10%
Komp. VII	60%	30%	-	10%

### Uji Nilai Fisis

#### Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui nilai maksimum daya serap air pada batu bata. Berdasarkan SNI 15-2094-2000 nilai daya serap air dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air}(\%) = (A-B)/B \times 100\%$$

dimana:

A= Massa basah sampel (gr)

B= Massa kering sampel (gr)

#### Massa Jenis

Pengujian massa jenis dilakukan untuk mengetahui nilai massa jenis pada batu bata. Nilai massa jenis batu bata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Massa jenis } (\rho) = m/v \text{ dimana:}$$

$\rho$  = massa jenis

m = berat batu bata (g)

v = volume batu bata (cm<sup>3</sup>)

### Uji Nilai Mekanis

#### Kuat Tekan

Besar kuat tekan pada batu bata dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan } (\sigma) = P/A$$

dimana:

$\sigma$  = Kuat Tekan (Mpa , kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban Maksimum (N, KN, Kg)

A = Luas Bidang Permukaan (mm<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>, m<sup>2</sup>)

## HASIL PENELITIAN

### Daya Serap Air

Tabel 2 berikut ini merupakan hasil pengujian daya serap air batu bata.

Tabel 2. Pengujian Daya Serap Air

Sampel	Daya Serap Air (%)
Kontrol	23,17
Komp. I	21,64
Komp. II	20,02
Komp. III	22,72
Komp. IV	22,76
Komp. V	23,07
Komp. VI	23,78
Komp. VII	28,38

Dari hasil pengujian daya serap air dapat diketahui bahwa batu bata yang diuji belum memiliki daya serap yang optimal berdasarkan SNI 15-2094-2000 yaitu maksimal 20%. Didapatkan hasil uji daya serap terendah yaitu 20,02% pada variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* 5%:25%, sedangkan uji daya serap tertinggi yaitu 28,38% pada variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* 30%:0%.

### Massa Jenis

Tabel 3 berikut ini merupakan hasil pengujian massa jenis batu bata. Dari hasil pengujian massa jenis batu bata didapatkan hasil massa jenis terendah sebesar 1,06 gr/cm<sup>3</sup> pada komposisi VII. Sedangkan nilai massa jenis terbesar yaitu 1,39 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabel 3. Pengujian Massa Jenis

Sampel	Massa Jenis (gram/cm <sup>3</sup> )
Kontrol	1,39
Komp. I	1,34
Komp. II	1,33
Komp. III	1,31
Komp. IV	1,29
Komp. V	1,26
Komp. VI	1,23
Komp. VII	1,06

### Kuat Tekan

Tabel 4 berikut ini merupakan hasil pengujian kuat tekan batu bata.

Tabel 4. Pengujian Kuat Tekan

Sampel	Kuat Tekan (MPa)
Kontrol	0,52
Komp. I	1,108
Komp. II	1,388
Komp. III	1,288
Komp. IV	1,514

Komp. V	1,414
---------	-------

Komp. VI	1,098
----------	-------

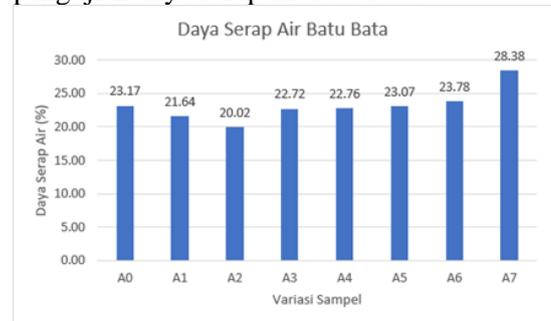
Komp. VII	1,088
-----------	-------

Dari hasil pengujian kuat tekan batu bata didapatkan hasil kuat tekan terendah sebesar 1,06 MPa pada komposisi VII. Sedangkan kuat tekan tertinggi sebesar 1,514 MPa pada komposisi IV.

## KESIMPULAN

### Daya Serap Air

Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian daya serap air batu bata:



Gambar 1. Grafik Daya Serap Air

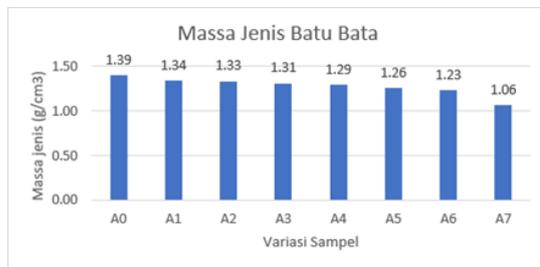
Berdasarkan grafik di atas, pada variasi A0 hingga A2 mengalami penurunan. Lalu variasi A3 sampai variasi A7 mengalami kenaikan nilai daya serap air. Menurut hasil analisis, penambahan air ketika proses pembuatan sampel yaitu antara tanah liat dan bahan campuran lainnya memiliki peranan penting. Pada praktiknya, tidak adanya takaran khusus untuk campuran air pada batu bata, sehingga penambahan air dilakukan terus menerus sampai semua bahan diaduk dan dicampur rata. Selain itu, proses pencampuran bahan dan pencetakan batu bata yang dilakukan secara manual, menghasilkan adukan dan sampel batu bata yang kurang baik dibandingkan dengan menggunakan mesin, sehingga mengakibatkan terjadinya rongga-rongga pada batu bata.

Penelitian Forest, dkk (2017), penurunan nilai daya serap batu bata dikarenakan takaran air yang terlalu banyak

sehingga ikatan partikel dari bahan campuran batu bata tersebut kurang sempurna. Alhasil, batu bata yang dihasilkan memiliki nilai daya serap maksimal yang tidak memenuhi syarat berdasarkan SNI 15-2094- 2000. Dengan hasil nilai daya serap batu bata yang tidak memenuhi syarat tersebut, hal yang perlu diperhatikan saat batu bata digunakan sebagai penyusun dinding yaitu proses finishing agar dinding tidak mengalami rembesan air.

### Massa Jenis

Gambar 2 berikut ini merupakan grafik hasil pengujian massa jenis batu bata.



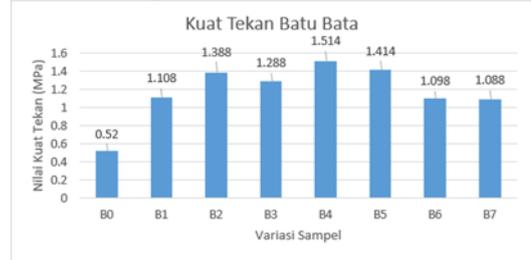
Gambar 2. Grafik Massa Jenis

Berdasarkan gambar grafik di atas, nilai massa jenis pada variasi A0 hingga A7 mengalami penurunan. Jika dilihat dari grafik 4.2, terlihat massa jenis batu bata semakin menurun seiring dengan bertambahnya *fly ash* dan abu ampas tebu pada batu bata. Hal tersebut dikarenakan berat jenis antara tanah, abu ampas tebu dan *fly ash* batu bara memiliki nilai yang berbeda. Berat jenis tanah liat, *fly ash* batu bara dan abu ampas tebu yang telah diuji yaitu 2,35 gr/cm<sup>3</sup>, 2,29 gr/cm<sup>3</sup>, dan 1,64 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil uji bahan, abu ampas tebu dan *fly ash* memiliki berat jenis lebih kecil dibandingkan dengan tanah liat sehingga didapatkan batu bata yang lebih ringan.

Menurut penelitian Forest, dkk (2017) ketika *fly ash* dicampurkan dengan adukan tanah liat, bahan tersebut dapat menggantikan sebagian volume tanah liat yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan perbedaan nilai berat jenis antara tanah liat dan *fly ash* sehingga akan mengurangi massa jenis dari batu bata tersebut.

### Kuat Tekan

Gambar 3 berikut ini merupakan grafik hasil pengujian massa jenis batu bata.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan

Berdasarkan gambar grafik di atas, terdapat kenaikan nilai kuat tekan batu bata pada variasi B0 sampai B2, kemudian nilai kuat tekan menurun pada variasi B3. Hal ini dikarenakan kesalahan human error pada saat pembuatan sampel. Selanjutnya nilai kuat tekan batu bata mengalami kenaikan lagi pada variasi B4, kemudian menurun lagi di variasi B5 hingga variasi B7. Jika dibandingkan dengan kombinasi penambahan campuran *fly ash* batu bara dengan abu ampas tebu, terlihat bahwa penambahan *fly ash* batu bara memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan penambahan abu ampas tebu. Hal ini dikaitkan dengan ukuran butiran pada *fly ash* batu bara dan abu ampas tebu yang tidak sama, sehingga mempengaruhi kerapatan dan ikatan antar bahan penyusunnya.

Jika ditinjau dari kandungan kimia yang terdapat pada kedua bahan campuran tersebut, *fly ash* batu bara memiliki kandungan silika- alumina dan besi oksida sekitar 80,79% (PLTU TJB Jepara 2021). Sedangkan abu ampas tebu memiliki kandungan silika sekitar 56,54% (Zulkaidah dkk, 2017), sehingga bisa dikatakan yang seharusnya memperoleh nilai kuat tekan batu bata tertinggi yaitu berada pada campuran 30% *fly ash* batu bara. Akan tetapi jika kita melihat grafik di atas, kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi B4 dengan campuran abu ampas tebu dan *fly ash* 15%:15% dengan nilai kuat tekan sebesar 1,514 MPa. Hal tersebut dikarenakan abu ampas tebu juga memiliki kandungan kimia semen yaitu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 28,42% (Zulkaidah dkk, 2017), sehingga abu ampas tebu memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan untuk campuran batu

bata. Akan tetapi hasil kuat tekan yang didapatkan tidak termasuk dalam kuat tekan minimal yang disyaratkan oleh SNI 15-2094-2000.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis data dan pembahasan di atas, peneliti mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi dalam campuran limbah abu ampas tebu dan *fly ash* sebagai pengganti sebagian tanah liat mempengaruhi daya serap air pada batu bata yang tidak mengalami proses pembakaran. Keseluruhan nilai daya serap air dari berbagai variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* batu bara sebagai pengganti sebagian tanah liat dalam penelitian ini tidak memenuhi persyaratan standar SNI 15-2094-2000 yang membatasi nilai daya serap air batu bata maksimal hingga 20%. Namun, terdapat variasi yang mendekati batas maksimum daya serap air batu bata sesuai dengan SNI, yaitu pada variasi A2 dengan nilai 20,02%.
2. Variasi dalam campuran limbah abu ampas tebu dan *fly ash* sebagai pengganti sebagian tanah liat memengaruhi nilai massa jenis pada batu bata. Nilai massa jenis batu bata pada berbagai variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* batu bara sebagai pengganti sebagian tanah liat dalam penelitian ini memenuhi standar yang ditetapkan, yakni minimal 1,2 gram/cm<sup>3</sup> (sesuai dengan SNI 15-2094-2000), khususnya pada variasi A0 hingga A6.
3. Perbedaan dalam campuran limbah abu ampas tebu dan *fly ash* sebagai pengganti sebagian tanah liat memiliki dampak pada nilai kuat tekan batu bata. Keseluruhan nilai kuat tekan pada berbagai variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* sebagai pengganti sebagian tanah liat dalam penelitian ini tidak memenuhi persyaratan yang diatur oleh standar SNI 15-2094-2000. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada batu bata dicapai pada variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* batu bara sebanyak 15%:15%, dengan nilai mencapai 1,514 MPa.

## SARAN

Berdasarkan simpulan dan hasil penelitian, untuk memperbaiki dan lebih menyempurnakan hasil penelitian, perlu adanya beberapa saran antara lain:

1. Perlu dipelajari dan dikaji lebih mendalam mengenai perbandingan variasi campuran abu ampas tebu dan *fly ash* yang optimal untuk batu bata tanpa proses pembakaran.
2. Perlu dipelajari dan dikaji lebih mendalam mengenai variasi umur yang optimal untuk batu bata tanpa proses pembakaran.
3. Perlu adanya perhatian khusus pada saat proses pembuatan benda uji mulai dari persiapan bahan, pencampuran, hingga perawatan benda uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrohmanasyah, Idharmahadi Adha, dan Hadi Ali. (2015). *Studi Kuat Tekan Batu Bata Menggunakan Bahan Additive (Abu Sekam Padi, Abu Ampas Tebu dan Fly Ash) Berdasarkan Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI)*, 3(3): 541–52.
- Apriyanti, Ria, Tuti Mutia. (2018). Dampak Industri Bata Merah Terhadap Kondisi Lahan Di Desa Kesik Kecamatan Masbagik Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Geodika*, 2.
- Ariningsih, Ening. (2014). Menuju Industri Tebu Bebas Limbah. *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial*, 409–19. Bogor: Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.
- Arwini, Ni Putu Decy. (2018). *Analisis Penggunaan Bata Merah Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Baku Bangunan*, 1 (2).

- Badan Standardisasi Indonesia. (1964). *SNI-1964:2008, Cara Uji Berat Jenis Tanah*. issued 1964.
- Badan Standardisasi Indonesia. (1965). *SNI-1965:2008, Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium*, issued 1965.
- Badan Standardisasi Indonesia. (1966). *SNI-1966:2008, Cara Uji Penentuan Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas Tanah*. Bandung.
- Badan Standardisasi Indonesia. (1967). *SNI-1967:2008, Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, issued 1967.
- Badan Standardisasi Indonesia. (1989). *SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*, issued 1989.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2000). *SNI-15-2094-2000, Bata Merah Untuk Pasangan Dinding*, issued 2000.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2004a). *SNI 15-2049-2004, Semen Portland*, issued 2004. Portland Komposit, issued 2004.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2014). *SNI-2460:2014, Spesifikasi Abu Terbang Batu Bara dan Pozolan Alam Mentah Atau Yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton*, issued 2014.
- Das, Braja M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. disunting oleh Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar, 1:9. Surabaya: Erlangga.
- Mukono. (2008). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Eri Febriani. (2012). *Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Dengan Abu Sekam Padi dan Lama Pembakaran Terhadap Karakteristik Fisis dan Mekanik Batu Bata*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Evendi, Zulfan, Ahmad Fadli, Drastinawati. (2015). *Pembuatan Batu bata Dengan Penambahan Campuran Fly Ash Dan Semen Tanpa Proses Pembakaran*. *JOM FTEKNIK*, 2(2): 1.
- Forest, Jedy Green, Siswanto, dan Rahmawati. (2017). *Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Oleh Fly Ash Batubara Terhadap Nilai Thermal Properties Sebagai Upaya Memetakan Material BatuBata Yang Ramah Lingkungan*. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan* 10(1):31. <https://doi.org/10.20961/jipte.k.v10i1.14962>.
- Hanafi, A, dan A Nandang. (2010). *Studi pengaruh bentuk silika dari abu ampas tebu terhadap kekuatan produk keramik*. *Jurnal Kimia Indonesia*, 5(1): 35–38.
- Kencana, Putri Mahardika. (2018). *Analisis Perkembangan Industri Batu Bata Di Desa Srimulyo Kecamatan Gondang Kabupaten Sragen Tahun 2014-2018*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Maryunani, Woro Partini, dan Yudhi Arnandha. (2009). *Batu Bata Non Bakar Solusi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan*, 31 (1): 44–58.
- Muhardi, Reni Suryanita, dan Alsaidi. (2007). *Perbaikan Karakteristik Batu Bata Lempung Dengan Penambahan Abu Terbang*. 7 (2): 165–79.
- PLTU TJB Jepara. (2021). *Hasil Uji Laboratorium Kandungan Kimia Pada Fly Ash Batu Bara*. Jepara.
- Proses Pembentukan Tanah Liat Secara Alami. (2008). <http://axzx.blogspot.com/2008/12/proses-pembentukan-tanah-liat-secara.html>. 2008.
- Rompas, Gerry Phillip, J D Pangouw, R Pandaleke, dan J B Mangare. (2013). *Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas*. *Jurnal Sipil Statik* 1(2): 82–89.
- Siregar, Nuaisyah. (2010). *Pemanfaatan*

- Abu Pembakaran Ampas Tebu Dan Tanah Liat Pada Pembuatan Batu Bata*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Handayani. (2010). *Kualitas Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji*. 12 (1): 41–50.
- Sudarsana, Ketut, Budiwati, dan Wijaya. (2011). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Terbuat dari Abu Sekam Padi dan Serbuk Batu Tabas. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Udayana*. Denpasar.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Manajemen (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi (Mixed Methods), Penelitian Tindakan (Action Research, dan Penelitian Evaluasi)*. Alfabeta
- Terzaghi, Karl, dan Ralph B. Peck. (1987). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Disunting oleh Bagus Witcaksono dan R. Benny Krisna, 2 ed., 1:5. Jakarta: Erlangga.
- Zulkaidah, Nurhaeri, Tri Harianto, dan H.M Ikskandar Marciar. (2017). Pengaruh Silika (O<sub>2</sub>) Dalam Ampas Tebu dan Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Batu Bata Tanpa Pembakaran.