

## **PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SEMEN PORTLAND ADA BATU BATA TANPA PEMBAKARAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK**

Rosyi Fitriani<sup>1</sup>, Anis Rakhmawati<sup>2</sup>, Dedy Firmansyah<sup>3</sup>,  
*Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tidar Jalan Kapten Suparman No. 39*  
*Corresponding Author: rosyubay@gmail.com*

### **ABSTRAK**

Kebutuhan batu bata semakin meningkat sejalan dengan pembangunan yang merata. Namun, kayu bakar sebagai bahan bakar sulit didapat dan harganya relatif mahal. Penelitian ini mengenai batu bata tanpa pembakaran yang terbuat dari tanah lempung dengan campuran abu sekam padi dan semen *portland*. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub>, mengurangi eksploitasi tanah lempung, mengurangi limbah pertanian. Penelitian ini menggunakan metode yang mengacu pada SNI 15-2049 tahun 2000. Perbandingan variasi terdiri dari tanah lempung : material tambah (abu sekam padi : semen *portland*) secara berurutan adalah 70%:30%(1:2), 70%:30%(2:1), 55%:45%(1:2), 55%:45%(2:1). Cetakan kayu yang digunakan berukuran 230mmx110mmx55mm. Benda uji melalui perawatan pada suhu ruangan selama 21 hari. Pembuatan benda uji di Desa Purwodadi, Kabupaten Magelang. Pengujian Tampak fisik, garam berbahaya, densitas, dan daya serap dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Tidar. Pengujian kuat tekan di DPUPR Kabupaten Magelang. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik secara fisis dan mekanik, hanya 2 variasi batu bata tanpa pembakaran yang memenuhi syarat mutu masuk kelas 50 adalah variasi 70%:30%(1:2) dan 55%:45%(1:2) dengan kuat tekan sebesar 6,749 MPa dan 6,139 MPa, lebih besar dari kuat tekan batu bata melalui proses pembakaran sebesar 5,193 MPa.

---

**Kata kunci :** abu sekam padi, batu bata tanpa pembakaran, semen *portland*

### **ABSTRACT**

*The need for bricks is increasing in line with equitable development. However, firewood as a fuel is difficult to obtain and its haraga is relatively expensive. This study included non-burning bricks made of clay soil with a mixture of rice husk ash and portland cement. The research is intended to reduce CO<sub>2</sub> gas emissions, reduce clay soil exploitation, and reduce agricultural waste. The study used a method referring to SNI 15-2049 (2000). The ratio of variations consists of clay soil: added material (rice husk ash: portland cement) in order is 70%:30% (1:2), 70%:30% (2:1), 55%:45% (1:2), 55%:45% (2:1). The wood mold used measures 230mm x 110mm x 55mm. Test objects through treatment at room temperature for 21 days. Manufacture of test objects in Purwodadi Village, Magelang Regency. Testing of physical appearance, hazardous salts, density, and absorption was conducted at the Civil Engineering Laboratory, Tidar University. Compression strengt testing in DPUPR Magelang Regency. The results of the study showed physical and mechanical characteristics. Only 2 variations of non-burning bricks that meet the 50th grade entry quality requirements are variations of 70%:30% (1:2) and 55%:45% (1:2) with a compressive strength of 6,749 MPa and 6,139 MPa, greater than the strength of the brick press through the combustion process of 5,93 MPa.*

---

**Keywords:** rice husk ash, bricks without burning, portland cement

## PENDAHULUAN

Pembangunan fisik akan terus bertambah sejalan dengan pemerataan pembangunan, berpengaruh pula terhadap kebutuhan akan bahan-bahan pendukungnya. Salah satu bahan bangunan yang semakin meningkat tajam dalam produksi adalah kebutuhan batu bata. Batu bata merupakan bahan bangunan yang sangat penting dalam konstruksi suatu bangunan. Batu bata dimanfaatkan sebagai dinding pada pembangunan perumahan dan gedung, pondasi, saluran dan pagar.

Definisi batu bata adalah unsur bangunan yang diperuntukkan dalam pembuatan konstruksi bangunan dan dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan lain, dibakar dengan suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air [1]. Proses pembentukan batu bata biasanya memerlukan pembakaran pada suhu tinggi (mencapai 1000°C) dengan memakai bahan bakar seperti minyak tanah dan kayu bakar. Hal itu bisa menyebabkan polusi udara disebabkan emisi gas CO dari tungku pembakaran dan dapat mengakibatkan pencemaran udara serta menyebabkan efek rumah kaca pada bumi [2]. Permintaan batu bata yang semakin meningkat untuk proyek konstruksi berimbas pada produksi gas monoksida yang meningkat, mengakibatkan kerusakan lingkungan.

Proses pembakaran batu bata memakan waktu 1-2 hari, sebelum dibakar batu bata dijemur dibawah terik matahari selama 3-5 hari tergantung cuaca dan dilakukan penganginan selama 30 hari. Bahan bakar untuk pembakaran biasanya menggunakan kayu bakar, namun sekarang semakin susah didapatkan. Adapun penggunaan bahan bakar batu bara yang relatif mahal. Oleh karena itu, dicari solusi guna mengurangi emisi gas monoksida, seperti pembuatan batu bata tanpa pembakaran tanpa mengurangi kualitas batu bata.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong adanya inovasi pada pembuatan material bahan bangunan, khususnya menuju konsep *green construction*. Limbah yang dapat mengganggu lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan agar tidak terbuang sia-sia. Bahan yang bisa ditambahkan pada batu bata tanpa pemangangan salah satunya merupakan abu sekam padi, semen, batu

tabas [3]. Abu sekam padi adalah sampah hasil pertanian yang masih sangat jarang dimanfaatkan, memiliki nilai gizi rendah dan berkadar abu yang sangat besar yaitu 23,0% [4]. Abu sekam memiliki senyawa silika pada kadar yang relatif besar antara 90 - 95%, pada tingkat porositas yang besar, enteng dan bidang luar yang besar lebih sesuai sebagai komponen campuran pada pembentukan batu bata [5]. Semen *portland* akan menjadi media perekat bila bereaksi dengan air yang kemudian memadat dan membentuk massa yang keras [6].

Penelitian ini menggunakan bahan tambah abu sekam padi yang merupakan limbah pertanian dan semen *portland* sebagai pengikat atau *binder*. Abu sekam padi memiliki kandungan silika reaktif yang dapat digunakan sebagai bahan material *pozzoland*. Abu sekam padi akan menggantikan ruang-ruang kosong yang terisi air dan udara sehingga daya serap batu bata akan lebih kecil. Semen *portland* sebagai *binder* menciptakan batu bata yang melengkapi kriteria sifat fisis dan mekanik, terlihat lebih ramah lingkungan karena tidak melalui proses pembakaran. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan mengenai sifat fisis dan mekanik dari batu bata yang melalui pembakaran dengan batu bata tanpa pembakaran. Batu bata tanpa melalui proses pembakaran diharapkan mengurangi dampak kerusakan lingkungan, menghasilkan batu bata berkualitas sesuai SNI 15-2049 tahun 2000 yang ramah lingkungan guna mendukung *green construction*.

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui variasi campuran abu sekam padi dan semen *portland* pada batu bata tanpa pembakaran yang sesuai SNI 15-2049 tahun 2000.
2. Mengetahui pengaruh abu sekam padi dan semen *portland* pada batu bata tanpa pembakaran.
3. Membandingkan sifat fisis dan mekanik batu bata tanpa pembakaran dengan batu bata melalui proses pembakaran

## METODE PENELITIAN

Berikut bagan alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Penelitian ini menggunakan benda uji dengan cetakan ukuran panjang 230 mm, lebar 110 mm, dan lebar 55 mm atau M-6a mengacu pada SNI 15-2049 tahun 2000 tentang Batu Bata Merah Pejal sebagai Pasangan Dinding. Benda uji yang dibuat berjumlah 60 buah, dengan masing-masing variasi berjumlah 12 benda uji. Variasi batu bata tanpa pembakaran yaitu variasi A (55% tanah liat : 15% abu sekam padi : 30 semen *portland*), variasi B (55% tanah liat : 30% abu sekam padi : 15 semen *portland*), variasi C (70% tanah liat : 10% abu sekam padi : 20 semen *portland*), dan variasi D (70% tanah liat : 20% abu sekam padi : 10 semen *portland*). Variasi batu bata melalui proses pembakaran sebagai perbandingan yaitu variasi E (100%) tanah liat.

Lokasi pembuatan benda uji dilakukan di Desa Purwodadi, Kecamatan Tegalrejo, Kabupaten Magelang. Lokasi pengujian sifat fisis (tampak fisik, garam berbahaya, daya serap air, dan densitas) dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tidar. Lokasi pengujian sifat mekanik (kuat tekan) dilaksanakan di Laboratorium Bahan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Magelang.

Bahan-bahan dalam penelitian ini adalah :

- Tanah liat
- Abu sekam padi
- Semen *portland*
- Air

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Alat uji kuat tekan (*Compression Testing Machine*)
- Cetakan Batu Bata Kayu
- Timbangan Digital atau Neraca Ohaus

Tabel 1. Kebutuhan Bahan Benda Uji

No	Material	Perbandingan Benda Uji	Volume Total Benda Uji (m <sup>3</sup> )	Berat Satuan Material (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Total (Kg)
1	Tanah Liat	0,55	0,0184	1300	23,88
		0,70	0,0234	1300	30,39
		1,00	0,0167	1300	21,71
Jumlah					75,98
2	Semen <i>Portland</i>	0,10	0,00167	1250	2,087
		0,15	0,00250	1250	3,131
		0,20	0,00334	1250	4,175
		0,30	0,00501	1250	6,262
Jumlah					15,65
3	Air	0,0006	0,036	1000	36
4	Abu Sekam Padi	0,10	0,00167	2121	3,542
		0,15	0,00250	2121	5,313
		0,20	0,00334	2121	7,083
		0,30	0,00501	2121	10,63
Jumlah					26,56

Tabel 2. *Mix Design*

Variasi	Tanah Liat (Kg)	Semen Portland (Kg)	Air	Abu Sekam Padi (Kg)	Berat Total (Kg)
Komposisi A	0,9949	0,5218125	0,6	0,442706	1,95944
Komposisi B	0,9949	0,2609063	0,6	0,885411	2,14124
Komposisi C	1,2663	0,347875	0,6	0,295137	1,90928
Komposisi D	1,2663	0,1739375	0,6	0,590274	2,03048
Komposisi E	1,809	-	0,6	-	1,80895

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian di laboratorium yang meliputi: pengujian tampak fisik, pengujian garam berbahaya, pengujian daya serap air, pengujian kerapatan semu, dan pengujian kuat tekan batu bata tanpa proses pembakaran.

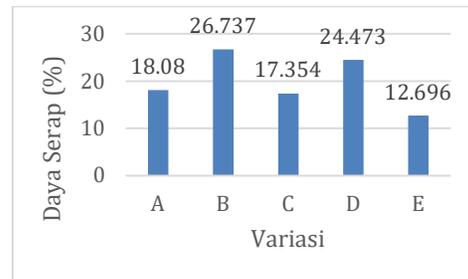
Tabel 3. Perbandingan Tampak Fisik

No	Variasi	Tampak Fisik
1	A	M-6a, Tidak Repih, Abu-abu
2	B	M-6a, Repih, Coklat Muda
3	C	M-6a, Tidak Repih, Abu-abu
4	D	M-6a, Repih, Coklat Tua
5	E	M-6a, Tidak Repih, Merah

Berdasarkan Tabel 3, pengujian tampak fisik semua variasi batu bata dengan dimensi

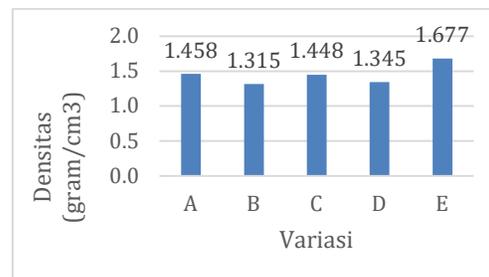
ukuran memenuhi syarat ukuran kategori M-6a. Penggunaan tanah liat pada batu bata tanpa pembakaran menghasilkan sifat plastis yang tinggi. Abu sekam padi sebagai bahan untuk mengisi pori-pori sekaligus sebagai bahan *pozzolan*. Abu sekam padi mengandung senyawa silika-alumina aktif yang dapat yang dapat berinteraksi dengan air pada kadar tertentu akan membentuk senyawa stabil dan mengikat. Semen *portland* sebagai bahan pengikat atau perekat material-material padat untuk dapat menjadi satu bentuk yang saling mengikat dan kuat. Berdasarkan hasil pengujian tampak fisik, berat batu bata tanpa pembakaran dapat diketahui bahwa semakin besar kadar penambahan abu sekam padi maka batu bata yang dihasilkan semakin ringan beratnya. Selain itu, penambahan abu sekam padi yang semakin banyak akan menimbulkan lebih banyak pori dalam batu bata. Tidak semua butiran abu sekam padi dapat mengisi pori-pori dalam batu bata, butiran abu sekam padi yang tidak dapat mengisi pori akan menimbulkan ruang kosong dan mengakibatkan batu bata mudah repih/rusak. Penambahan semen *portland* untuk mendapatkan batu bata yang maksimal diperlukan kadar yang tidak terlalu tinggi ataupun rendah. Nilai optimum dicapai pada titik kadar semen 20-30% [7]. Pengaruh penambahan semen *portland* pada tampak fisik batu bata ialah warna batu bata menjadi abu-abu serta menjadikan batu bata lebih keras dan tidak mudah repih. Variasi A (kadar semen 30%) dan C (kadar semen 20%) merupakan komposisi yang sesuai dengan SNI 15-2049 tahun 2000, variasi tersebut tidak terlalu banyak mengandung abu sekam padi dan semen *portland*. Sedangkan variasi B dan D terlalu banyak mengandung abu sekam padi sehingga mudah repih/ rusak. Penambahan semen *portland* dengan kadar 10% dan 15% pada variasi ini membuat warna batu bata masih terlihat seperti tanah liat coklat muda dan coklat tua. Menurut standar pengujian kadar garam pada SNI 15-2094 tahun 2000 bahwa bata merah yang akan digunakan sebagai pasangan pada dinding tidak boleh memiliki kadar garam lebih dari 50%. Batu bata pada penelitian ini semua variasi memenuhi syarat untuk kadar garam berbahaya, karena tidak ditemukan bintik putih pada permukaan batu bata setelah 3 hari direndam di air akuades 250 ml. Hal tersebut membuktikan bahwa tidak ada

garam berbahaya pada batu bata tanpa pembakaran dengan penambahan abu sekam padi dan semen *portland*.



Gambar 2. Perbandingan Daya Serap Air

Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan bahwa daya serap air variasi B dengan nilai 26,737% dan D dengan nilai 24.473% tidak memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan. Hasil pengujian penyerapan air. Penelitian ini sejalan pada teori [8], bahwa nilai penyerapan air akan meningkat dan kekuatan kuat tekan batu bata menurun. Penyerapan air yang tinggi membuktikan bahwa batu bata tidak sudah ditetapkan. Semakin banyak abu sekam padi menghasilkan batu bata dengan daya serap air yang tinggi, karena dapat menghasilkan rongga/ ruang jika terlalu banyak. Tingginya nilai daya serap air disebabkan karena kandungan air dan bahan organik pada abu sekam padi lebih besar dari pada kandungan silika didalamnya sehingga menghasilkan batu bata berpori. Pori-pori atau retakan pada batu bata memungkinkan air mudah meresap pada batu bata. Daya serap air tinggi mengakibatkan kualitas batu bata rendah, batu bata ketika digunakan akan menjadi lebih mudah patah.



Gambar 3. Perbandingan Densitas

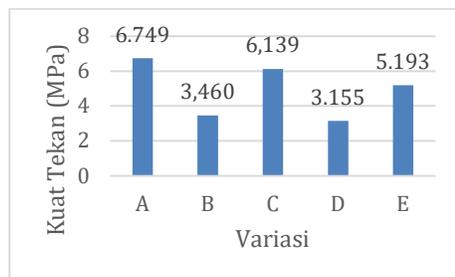
Semua variasi memenuhi syarat densitas yang ditentukan SNI 15-2049 tahun 2000 dengan besar minimal nilai densitas 1,2

gr/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas lebih besar menunjukkan daya serapnya lebih kecil. Material yang digunakan juga menentukan besarnya densitas. Material pada variasi B dan D mengandung banyak abu sekam padi dibandingkan dengan variasi lain. Hal ini mengakibatkan nilai densitasnya kecil dan beratnya ringan. Densitas batu bata tanpa pembakaran 1,458 gr/cm<sup>3</sup>, 1,313 gr/cm<sup>3</sup>, 1,448 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,313 gr/cm<sup>3</sup>. Densitas batu bata melalui proses pembakaran yaitu 1,677 gram/cm<sup>3</sup> yang artinya batu bata melalui proses pembakaran memenuhi syarat SNI 15-2094-2000.

Tabel 4. Berat Semua Varisasi Batu Bata

No	Variasi	Berat Rata-rata (gram)
1	A	2087,333
2	B	1657,667
3	C	1884,417
4	D	1721,667
5	E	1605,917

Penggunaan abu sekam padi sebagai material tambah batu bata mampu membuat massa jenis lebih ringan. Penurunan massa jenis ini karena adanya ikatan antar partikel abu sekam padi dengan partikel tanah liat. Terjadinya ikatan tersebut mengakibatkan sebagian volume tanah liat terganti dengan volume abu sekam padi. Selain itu densitas mengalami penurunan dapat dipengaruhi oleh proses pembuatan dan pengeringan batu bata, dimana penekanan pada saat mencetak batu bata serta proses pengeringan berpapasan langsung dibawah panas matahari sehingga muncul retakan [9].



Gambar 4. Perbandingan Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan batu bata tanpa pembakaran ialah 6,749 MPa (variasi A), 3,460 MPa (variasi B), 6,139 MPa (variasi C), dan 3,155 MPa (variasi D). Variasi batu

bata tanpa pembakaran yang hasil pengujiannya sesuai dengan SNI 15- 2094-2000 adalah variasi A (tanah liat 55%, abu sekam padi 15%, dan semen portland 30%) senilai 6,749 MPa dan variasi C (tanah liat 70%, abu sekam padi 10%, dan semen portland 20%) senilai 6,139 MPa. Hal tersebut didukung dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nugradi (2020) dengan presentase semen 30% menghasilkan kuat tekan terbesar dengan nilai 3,413 Mpa [10]. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini presentase campuran 30% semen menghasilkan kuat tekan terbesar senilai 6,749 Mpa, juga dengan Widodo & Artiningsih (2021) dengan hasil penelitiannya mengatakan presentase semen 17% menghasilkan kuat tekan sebesar 52 Kg/cm<sup>2</sup> [11]. Berdasarkan kelas bata merah pejal SNI 15- 2094-2000 bahwa syarat kuat tekan minimal batu bata yaitu 5 MPa, maka batu bata tanpa proses pembakaran variasi A dan C layak digunakan sebagai bahan bangunan. Batu bata dengan proses pembakaran diperoleh kuat tekan sebesar 5,193 MPa yang berarti layak digunakan untuk bahan bangunan. Variasi B senilai 3,460 MPa dan D senilai 3,155 MPa menunjukkan bahwa hasil rata – rata kuat tekan batu bata tanpa dibakar tidak memenuhi syarat Standar SNI 15-2049 tahun 2000. Hal ini terjadi karena pada hasil penyerapan air batu bata kedua variasi ini memiliki angka penyerapan air yang tinggi. Penyerapan air yang tinggi dapat mengakibatkan daya tahan batu bata lebih mudah hancur ketika terkena hujan. Pada proses perendaman batu bata mudah terkikis dan rusak yang dapat mempengaruhi pengujian penyerapan air. Penelitian ini sejalan pada teori Kadir dan Rahim (2014) bahwa nilai penyerapan air akan meningkat dan kekuatan kuat tekan batu bata menurun. Penyerapan air yang tinggi membuktikan bahwa batu bata tidak padat, material yang kurang saling mengikat dapat mengakibatkan kuat tekan batu bata mudah hancur[8].

Nilai kuat tekan pada batu bata mengalami peningkatan seiring penambahan abu sekam padi dan semen *portland*. Hal ini disebabkan silika yang terkandung dalam abu sekam padi akan menambah silika pada campuran batu bata sampai dengan kadar optimum. Penambahan abu sekam padi yang melebihi kadar optimum akan menurunkan kuat tekan.

Penurunan kuat tekan tersebut dikarenakan kandungan abu sekam padi yang berlebihan mengakibatkan batu bata mudah getas. Penambahan semen *portland* terlalu rendah, maka hasil uji tekan juga rendah sehingga kualitas batu bata rendah. Namun, jika kadar semen *portland* yang digunakan terlalu tinggi, maka hasil uji kuat tekan juga rendah sehingga batu bata yang dihasilkan juga berkualitas rendah. Batu bata dengan kualitas yang maksimal, diperlukan kadar semen *portland* yang tidak terlalu tinggi ataupun rendah. Nilai optimum dicapai pada titik kadar semen *portland* 20-30% berat [7]. Variasi kandungan semen *portland* pada campuran batu bata juga memberikan pengaruh yang signifikan bagi kuat tekan batu bata. Variasi A (kadar semen *portland* 30%) dan C (kadar semen *portland* 20%) terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen yang dipadukan dengan kadar abu sekam padi 10% dan 15 % maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah kadar semen yang dipadukan dengan kadar abu sekam padi 10% dan 15% maka semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan. Lama waktu pengeringan juga memberikan pengaruh terhadap kuat tekan batu bata. Pengeringan batu bata yang semakin lama memberikan efek pada peningkatan kuat tekan batu bata. Hal ini disebabkan kondisi batu bata yang semakin kering setiap harinya, dimana kadar air yang terkandung lebih sedikit. Hubungan kuat tekan dan densitas adalah semakin besar nilai densitas maka semakin besar kuat tekannya. Hubungan kuat tekan dan daya serap air dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai daya serap air maka semakin kecil nilai kuat tekan.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian analisa data dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Benda uji yang memenuhi syarat fisis dan mekanik sesuai Standar SNI 15-2049 tahun 2000 ada dua variasi yaitu variasi A (abu sekam padi 15%, semen *portland* 30%) dan C (abu sekam padi 10%, semen *portland* 20%).
2. Penambahan kadar abu sekam yang semakin banyak akan menghasilkan berat batu bata tanpa proses pembakaran yang

semakin ringan dan menghasilkan ruang kosong sehingga kuat tekan lebih rendah dan besarnya daya serap semakin tinggi. Nilai kuat tekan maksimum dicapai pada kadar penambahan abu sekam padi 15% dan semen *portland* 30% yaitu sebesar 6,479 MPa untuk batu bata tanpa proses pembakaran. Variasi yang memenuhi syarat diperoleh nilai kuat tekan batu bata masuk pada kelas 50 sesuai SNI 15-2049 tahun 2000.

3. Pada batu bata tanpa proses pembakaran dengan variasi kadar penambahan abu sekam padi dan semen *portland* 10%, 15%, 20% dan 30% berturut-turut diperoleh:
  - a. Kuat tekan sebesar 6,749 MPa, 3,460 MPa, 6,139 MPa, dan 3,155 MPa.
  - b. Daya serap air sebesar 18,080%; 26,737%; 17,354%; dan 24,473%.
  - c. Densitas sebesar 1,458 gr/cm<sup>3</sup>, 1,313 gr/cm<sup>3</sup>, 1,448 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,313 gr/cm<sup>3</sup>.
  - d. Tidak ditemukan kandungan garam berbahaya di semua variasi benda uji.
  - e. Sedangkan pada batu bata dengan proses pembakaran nilai kuat tekan sebesar 5,193 MPa, daya serap air sebesar 12,696% dan densitas 1,681 gr/cm<sup>3</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standar SNI 15-2049, *Batu Merah Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standar Nasional. 2000.
- [2] Pohan, N., *Pencemaran Udara dan Hujan Asam*, 2002.
- [3] Sudarsana, dkk., *Karakteristik Batu Bata tanpa Pembakaran Berbahan Abu Sekam Padi dan Serbuk Batu Tabas*, J. Ilm. Tek. Sipil, Univ. Udayana. Denpasar, 2011.
- [4] Della, dkk., *Rice Husk Ash as an Alternate Source for Active Silica Production*, pp. 818–821, 2002.
- [5] Setyoko, P., *Pemanfaatan Silika (SiO<sub>2</sub>) Dalam Ampas Tebu Pabrik Gula dan Sekam Padi sebagai Bahan Baku Pembuatan Batu Bata tanpa Pembakaran*, 2011.
- [6] Hardiyatmo, *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta, 2010.
- [7] Baharita, *Uji Mutu Batu Bata tanpa Pembakaran dengan Bahan Tambah*.

- Semen., 2014.
- [8] Kadir dan Rahim, *An Overview of Sludge Util. Into Fired Clay Brick*. *Int. J. Environmental Ecol. Eng.*, vol. 8, 2014.
  - [9] Kapasiang dan Tarigan, *Penentuan Morfologi Permukaan dan Sifat Fisis serta Sifat Mekanik. Batu Bata Asal Tanah Merah Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur*, vol. 2, 2017.
  - [10] Nugradi, *Pengaruh Penggunaan Semen dan Bahan Tambah Difa Soil Stabilizer pada Kekuatan dan Harga Batu Bata dari Godean*, 2020.
  - [11] Widodo, B., & Artiningsih, *Optimasi Semen pada Pembuatan Batu Bata tanpa Bakar*, vol. 14, no. 1, pp. 32–40, 2021.