



KARAKTERISTIK BATU BATA TANPA PEMBAKARAN DARI LIMBAH INDUSTRI PERTANIAN DAN MATERIAL ALAM

Irwansyah¹, Faiz Isma², Meilandy Purwandito³

^{1,2,3}Universitas Samudra Langsa

Surel : irwansyah@unsam.ac.id

Diterima :14 November 2018; Disetujui : 29 November 2018

ABSTRAK

Pembangunan perumahan di kota Langsa dan sekitarnya terus mengalami peningkatan menyebabkan permintaan bata untuk keperluan pasangan dinding akan terus juga mengalami peningkatan. Umumnya ketersediaan bata saat ini masih menggunakan cara tradisional melalui proses pembakaran secara berlebihan akan berdampak terhadap polusi udara. Sehingga perlu diberikan suatu alternatif dalam penyediaan bata tanpa pembakaran yang ramah lingkungan dan bermutu baik. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan produksi batu bata tanpa bakar dengan memanfaatkan material limbah pertanian dan material alam yang lebih efisien dari segi waktu serta bermutu baik berdasarkan sifat fisik dan mekanis memenuhi standarisasi penyediaan bata di Indonesia. Penelitian menunjukkan pembuatan bata tanpa bakar lebih efisien dari segi waktu yaitu selama 4 hari bata sudah dapat dipasarkan dengan sifat fisik bata berukuran 225 x 110 x 65 mm, berwarna coklat muda dan bersuara nyaring dan sifat mekanis menghasilkan kuat tekan sebesar 6,14 Mpa dan kuat lentur berkisar 1,5 Mpa dimana kondisi ini memenuhi toleransi standarisasi bata di Indonesia.

Kata Kunci: Bata tanpa bakar, sifat fisik bata, dan sifat mekanis bata

ABSTRACT

Housing development in the city of Langsa and surrounding areas continues to increase. It cause the demand of bricks for the needs of wall pairs continuesly increasing. Currently, the availability of bricks is produced by traditional methods through excessive combustion processes which caused an impact on air pollution. Therefore, the needs of an alternative method in providing both environmentally friendly and good quality bricks. The purpose of this study is to produce non-combustible brick production by utilizing agricultural waste and natural materials that are more time-efficient and good quality based on physical and mechanical properties to meet the standard of brick provision in Indonesia. The study showed that brick without burning process was more efficient in terms of time where in 4 days brick could be marketed. The brick physical properties is 225 x 110 x 65 mm, light brown color and loud sound. The mechanical properties of brick have compressive strength of 6.14 Mpa and strong bending ranges from 1.5 MPa which meets brick standardization tolerance in Indonesia

Keywords: *Brick without burning, brick physical test, and brick mechanical*

1. Pendahuluan

Provinsi Aceh banyak terdapat limbah abu sekam padi (ASP) dan abu tandan kosong kelapa sawit (ATKKS) yang berasal dari industri pertanian kilang padi dan pabrik kelapa sawit khususnya yang berada di Kabupaten Aceh Tamiang dan kota Langsa. Sebagian besar masyarakat menggunakan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan bakar dalam pembakaran batu bata tradisional yang menghasilkan limbah abu yang sampai saat ini belum banyak yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau memanfaatkan limbah tersebut, hal ini dikarenakan masyarakat banyak yang belum mengetahui pemanfaatan ASP dan ATKKS ini dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan campuran dalam pembuatan batu bata. Industri penghasil batu bata yang saat ini ada di kalangan masyarakat kota langsa dan aceh tamiang pembuatannya melalui proses pembakaran, tetapi cara pembuatan batu bata dengan pembakaran ini tidak baik untuk dilakukan, karena akan menghasilkan peningkatan gas karbondioksida dalam jumlah yang besar. Gas karbondioksida merupakan salah satu gas penyebab utama terjadinya masalah lingkungan, seperti: efek rumah kaca dan polusi udara. Apabila permintaan batu bata untuk proyek konstruksi semakin meningkat, maka produksi gas karbondioksida juga semakin meningkat, yang pada akhirnya akan menambah kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif proses produksi batu bata untuk mengurangi emisi gas karbondioksida dengan cara membuat batu bata tanpa pembakaran.

2. Kajian Pustaka

Menurut Civil Engeneering Materials (2001) mendefinisikan batu bata sebagai bahan bangunan dari tanah lempung dan mineral-mineral lain yang dibentuk dalam ukuran-ukuran tertentu. Pada dasarnya, terdapat tiga tipe tanah lempung yang digunakan sebagai bahan baku batu bata, yaitu: Lempung permukaan (*surface clays*) ditemukan diatas permukaan bumi yang berasal dari deposit tanah hasil sedimentasi alami. Jenis lempung ini memiliki kandungan asam 10 - 25 %.

Sifat Fisik Bata

Sifat fisik adalah sifat yang terdapat pada batu bata tanpa adanya pemberian beban atau perlakuan apapun. Adapun sifat fisik dari batu bata meliputi:

- a) Tampak luar
Batu bata untuk pasangangan dinding harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisinya harus datar dan berbentuk segi empat panjang, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warnanya seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul.
- b) Ukuran dan toleransi
Standar Bata di Indonesia berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) nomor 15-2094-1991 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut:
 - panjang 240 mm, lebar 115 mm dan tebal 52 mm
 - Panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm
 adalah maksimum 5%. (Yahya Ibahim, 2002). Sedangkan standar ukuran batu bata menurut SII-0021-78 yang terlihat pada Tabel 1. berikut ini:

Tabel 1. Modul Standarisasi Ukuran Batu Bata (SII-0021-78)

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65	90	190
M-5b	65	140	220
M-6	55	110	220

- c) Densitas atau Kerapatan
Densitas yang disyaratkan untuk digunakan adalah 1,60 gr/cm³ - 2,00 gr/cm³ (SNI -03-4164-1996). Persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Densitas (D)} = \frac{\text{Berat Kering}}{\text{Volume}} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) (1)$$
- d) Warna tampak
Warna abu - abu sampai hitam mengandung zat arang dan sisa - sisa tumbuhan, warna merah disebabkan oleh oksida besi (Fe), sehingga untuk warna batu bata tanpa pembakaran yang memanfaatkan limbah industri pertanian dan material alam sulit untuk dipastikan.

Sifat Mekanis Bata

Sifat mekanis merupakan sifat yang terdapat pada batu bata apabila diberikan suatu perlakuan atau pemberian beban dipermukaannya.

- a) Kuat tekan
kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (*failure*).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Dengan:

σ = Kuat Tekan (Kg/cm²); P = Beban Maksimum (kg); A = Luas Penampang Bata (cm²)

Besar kuat tekan yang diizinkan untuk batu bata sebagai pasangan dinding adalah:

Tabel 3. Nilai Standarisasi Kuat Tekan

Kelas	Kekuatan tekan rata - rata batu bata		Koefisien Variasi Izin
	Kg/cm ²	Mpa	
25	25	2,5	25%
50	50	5,0	22%
100	100	10	22%
150	150	15	15%
200	200	20	15%
250	250	25	15%

b) Kuat Patah (*Bending Strength*)

Kekuatan patah ini berkaitan dengan komposisi, struktur material, pori-pori, dan ukuran butiran. Standar *modulus of rupture* batu bata yang disyaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah sebesar 1,50 - 3,50 MPa. Kekuatan patah sampel berbentuk balok dihitung dengan persamaan berikut: (Van Flack, 1992)

$$Bs = \frac{3.P.L}{2b.h^2} \quad (3)$$

Dengan:

Bs = kekuatan patah (N/cm²); P = gaya pada puncak beban (N); L= jarak antara tumpuan (cm); b = lebar benda uji (cm); h = tinggi benda uji (cm)

c) Porositas

Besarnya porositas pada suatu material bervariasi mulai dari 0 % sampai dengan 90 % tergantung dari jenis dan aplikasi material tersebut. Berdasarkan standar ASTM C-67-03 porositas yang diizinkan adalah maksimal 10 - 20 %, porositas sampel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: (Van Flack, 1992)

$$Porositas (\%) = \frac{M_b - M_k}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\% \quad (4)$$

Dengan:

Mb = Massa kering benda uji (gram); Mk = Massa basah benda uji, setelah direndam dalam air selama 2x24 jam (gram); Vb = Volum benda uji (cm³); ρ_{air} = Massa jenis air (gram/cm³).

d) Kadar air

Berdasarkan ASTM C-67-03 adalah < 15 % dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan:

W₁ = Berat sebelum dipanaskan (kg); W₂ = Berat sesudah dipanaskan (kg)

Material Bata Tanpa Pembakaran

Material inovasi yang digunakan dalam pembuatan batu bata tanpa pembakaran meliputi bahan dasar tanah lempung, limbah pertanian yang terdiri dari abu sekam padi dan abu tandan kosong kelapa sawit, semen, pasir, dan alkali tanah

a) Tanah Liat (Lempung)

Tanah lempung merupakan bahan dasar dalam pembuatan batu bata, dimana kegunaannya sangat menguntungkan bagi manusia karena bahannya yang mudah didapat dan pemakaian hasilnya yang sangat luas. secara komposisi kimia tanah lempung memiliki kandungan silika yang paling besar sehingga berfungsi untuk meningkatkan daya rekat dari campuran material batu bata tersebut. (Masthura, 2010).

b) Abu Sekam Padi (ASP)

Sekam padi merupakan bahan berlignoselulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Konversi sekam padi menjadi abu silika sebesar 95%, setelah mengalami proses karbonisasi juga merupakan sumber pozzolan yang berpotensi sebagai SCM (*Supplementary Cementitious Material*). (Abdurrohman, dkk 2015)

c) Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS)

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah sisa pemanfaatan pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Setiap pengolahan 1ton TBS (Tandan Buah Segar) akan dihasilkan TKKS sebanyak 20 - 23% TKKS atau sebanyak 220 - 230 kg TKKS.

d) Semen (*Portland Cement*)

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif digunakan sebagai bahan pengikat (*Bonding material*) yang dipakai bersama batu kerikil, pasir, dan air.

e) Air

Air digunakan sebagai campuran batu bata tanpa pembakaran sama dengan syarat air dalam campuran beton adalah air bersih yang tidak dapat menurunkan kualitas campuran (Nawy, 1990).

f) Pasir

Pasir sering disebut agregat halus didalam campuran beton terdiri dari butiran sebesar 0,14-5 mm, didapat dari hasil disintegrasi

batuan alam (natural sand) atau dapat juga dengan memecahnya (artificial sand), tergantung dari kondisi pembentukan tempat yang terjadinya. (PBI, 1971)

g) Batu Apung (*Pumice*)

Komposisi dominan dari batu apung berturut - turut adalah sebagai berikut: SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Na₂O dan Fe₂O₃, sedangkan senyawa lainnya relatif kecil (< 2%).

Bahan Tambahan

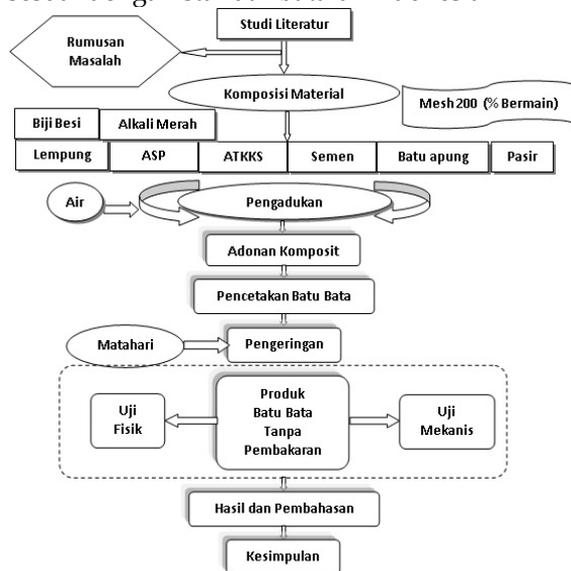
Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat campuran beton termasuk bata tanpa pembakaran agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, untuk tujuan ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi.

3. Metodologi

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimen

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini menunjukkan proses pelaksanaan dari awal hingga tercapainya hasil yang telah dirumuskan untuk mendapatkan suatu tujuan yaitu batu bata tanpa pembakaran yang berkualitas dan ramah lingkungan serta sesuai dengan standar bata di Indonesia



Gambar 1. Flow Chart Tahapan Penelitian

Komposit Campuran Material

Melakukan penimbangan terhadap material yang telah disiapkan sesuai dengan specimen komposisi yang telah ditentukan.

Tabel 4. Komposisi Bata Tanpa Bakar

Material Baku	% Komposisi Material						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Lempung	30	30	30	30	30	30	30
ASP	0	5	10	15	20	25	30
ATKKS	30	25	20	15	10	5	0
Pasir	15	20	15	20	15	20	15
Semen	13	13	13	13	13	13	13
Alkali Merah	6,84	6,85	6,90	6,85	6,85	6,90	6,84
Batu Apung	5	-	5	-	5	-	5
Biji Besi	0,16	0,15	0,10	0,15	0,15	0,10	0,16

4 Hasil dan Pembahasan

Perubahan variasi campuran dilakukan pada material limbah pertanian abu tandan kosong kelapa sawit (ATKKS) dan abu sekam padi (ASP) dari 0 - 30 % mendefinisikan bahwa pertukaran variasi campuran ini dilakukan setiap kelipatan 5 %. Sedangkan variasi campuran dari material alam dipertukarkan antara batu apung dan pasir dimana jika pasir 15% berarti batu apung 5% dan jika pasir 20 % berarti batu apung 0 %.

Uji Fisik Bata Tanpa Bakar

Selama proses pengamatan dalam pembuatan adonan dilihat dari besaran penambahan air, warna adonan, dan kualitas adonan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Sifat fisik bata tanpa bakar (Hasil Uji Laboratorium)

Komposisi	Ukuran	Penambahan air (ml)	Warna adonan	Kualitas adonan	Densitas/Berat Jenis (gr/cm ³)	Bunyi
I	225 x 110 x 55	500	Coklat muda	Padat	1,45	Nyaring
II	225 x 110 x 55	600	Coklat muda	Padat	1,80	Nyaring
III	225 x 110 x 55	600	Coklat muda	Padat	1,40	Nyaring
IV	225 x 110 x 55	600	Coklat muda	Agak padat	1,60	Nyaring
V	225 x 110 x 55	600	Coklat tua	Agak padat	1,35	Nyaring
VI	225 x 110 x 55	700	Merah tua	Terjadi Mekar	1,60	Nyaring
VII	225 x 110 x 55	700	Merah tua	Terjadi Mekar	1,30	Tidak

Dari Tabel 5 menyatakan sifat fisik bata tanpa bakar berdasarkan hasil pengamatan setelah dilakukan pencetakan sampel dari 7 komposisi, jika dilihat dari tampak luar bata yang dicetak sudah memenuhi ketentuan SNI 15-2094-2000 masuk pada Modul M-6a dari sisi warna dari 7 komposisi memiliki variasi warna dari coklat muda, coklat tua, dan merah tua hal ini dikarenakan pengaruh dari variasi kandungan campuran material alkali, ATKKS, dan ASP. Komposisi campuran bata tanpa bakar memiliki kualitas adonan semakin besar kandungan ASP (25% dan 30 %) membutuhkan air 700 ml menyebabkan terjadi mekar pada kualitas adonannya. Selanjutnya jika dilihat dari berat jenis / densitas pada komposisi bata yang memenuhi persyaratan dari SNI 03-4164-1996 bata harus memiliki berat jenis 1,6 - 2,00

gr/cm³ berada pada komposisi II dan komposisi VI.

Uji Mekanis Batu Tanpa Bakar

Pengujian mekanis pada batu bata tanpa bakar dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Politeknik Negeri Lhoksumawe dalam penentuan kuat tekan dan kuat patah/lentur dari 7 komposisi dengan 5 buah sampel pengujian disetiap komposisi untuk pengujian mekanis kuat tekan bata serta pengujian kuat lentur terdiri dari 2 sampel dari setiap komposisi sampel. Proses pencetakan bata tanpa pembakaran ini dilaksanakan di Laboratorium Prodi Teknik Sipil Universitas Samudra dimana setiap sampel bata dengan ukuran 225 x 110 x 55 mm dilakukan pemotongan secara melintang untuk pengujian kuat tekan dengan jumlah sampel 3 buah di setiap komposisi dan pemotongan memanjang untuk pengujian kuat lentur dengan jumlah sampel 1 buah.

Tabel 6. Pedoman Batas Izin Uji Mekanis

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Pedoman	Batasan Izin
1.	Kadar air	(%)	ASTM	<15 %
2.	Porositas	(%)	C-67-	10 - 20
3.	Uji Patah	MPa	03	1,50 - 3,50
4.	Uji Tekan	MPa	SII-0021-78	>2,5 - 25
5.	Berat Jenis	gr/cm ³	SNI-03-4164-1996	1,60 - 2,00

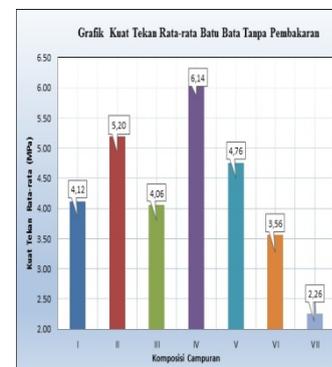
Dalam pengujian mekanis kuat tekan berpedoman pada Standar Industri Indonesia (SII-0021-78) dimana batu bata harus >2,5 MPa sampai 25 MPa dan pengujian kuat patah berdasarkan pedoman pada ASTM C 67-03 adalah sebesar 1,50 - 3,50 MPa.

Tabel 7. Hasil Uji Mekanis Bata Tanpa Bakar (Uji laboratorium)

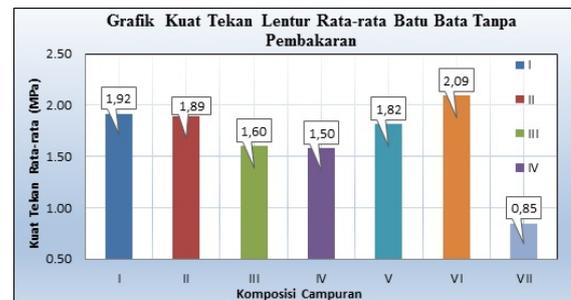
Pengujian	Komposisi Material							
	Bata Bakar	I	II	III	IV	V	VI	VII
Kadar air (%)	13,50	8,04	7,43	7,78	7,98	8,32	7,80	7,56
Berat Basah (kg)	1,950	1,692	2,160	1,680	1,800	1,620	1,973	1,603
Berat Kering (kg)	1,520	1,450	1,800	1,400	1,500	1,350	1,600	1,300
Porositas (%)	43	15,02	22,38	17,41	18,65	16,78	23,21	18,86
Uji Lentur (MPa)	0,77	1,92	1,89	1,60	1,45	1,82	2,09	0,85
Waktu Pengeringan	Jemur 4 Hari Bakar 4 Hari	5 hari						
Uji Tekan (MPa)	3,58	4,12	5,20	4,06	6,14	4,76	4,36	3,98
Waktu Pengeringan	Jemur 4 Hari Bakar 4 Hari	4 hari						

Dari Tabel 7 menyatakan bahwa batu bata tanpa pembakaran dari 7 komposisi, apabila ditinjau dari waktu pengeringan hanya membutuhkan waktu 4 hari jika dibandingkan

bata bakar memerlukan waktu pengeringan berkisar 15 hari sehingga proses pembuatan bata tanpa bakar lebih cepat dan efisien dalam meningkatkan produktivitas dalam pembuatan batu bata. Hasil pengujian mekanis terhadap kuat tekan dan kuat patah dari sampel bata tanpa bakar paling baik berada pada komposisi IV dengan nilai Kuat tekan 6,14 MPa, kuat patah 1,50 MPa, berat jenis 1,60 gr/cm³, porositas 18,65 %, kadar air 7,98 % yang masuk batas ambang pedoman SII-0021-78, SNI-03-4164-1996, dan ASTM C-67-03 dimana komposisi IV memiliki campuran material pertanian ASP 15 % dan ATKKS 15 % serta material alam pasir 20 % dengan sifat fisik warna coklat muda, dan ukuran 225 x 110 x 55 mm. Dari 5 sampel pengujian tekan diperlihatkan pada Gambar 2 dan pengujian patah pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji Bata Tanpa Bakar



Gambar 3. Pengujian Kuat Patah Pada Benda Uji Bata Tanpa Bakar

Gambar 2 menjelaskan kuat tekan tertinggi berada pada komposisi IV sebesar 6,14 MPa dan yang terendah berada pada komposisi VII sebesar 2,26 MPa sebagai komposisi yang tidak masuk dalam batas toleransi kuat tekan dan Gambar 3 menjelaskan hasil pengujian kuat patah yang tertinggi berada pada komposisi VI sebesar 2,09 MPa dan terendah berada pada komposisi VII sebesar 0,85 MPa. Dimana komposisi campuran material yang tidak masuk batasan persyaratan hanya berada pada

komposisi VII, dimana penelitian ini sejalan dengan Munos V. P, et al. pada tahun 2016 Dari *Department of Civil Engineering, Universidad de la Frontera, Av. Fco. Salazar* dan Sayed Minhail, et al. tahun 2016 dari Jurusan Teknik Sipil, Mirpur Universitas Sains dan Teknologi, Mirpur, AJK, Pakistan bahwa pemanfaatan limbah sebagai bahan pengganti tanah liat memiliki hubungan yang baik dalam mengurangi emisi gas karbondioksida yang memiliki hasil bata yang berkualitas ditinjau dari sifat fisik dan sifat mekanis bata (kuat tekan 6,14 MPa dan kuat patah 1,45 MPa) memenuhi batas toleransi minimum standarisasi bata di Indonesia dari ASTM C 67-03 dan SII-0021-78.

5. Simpulan

Proses pembuatan bata tanpa bakar akan lebih efisien dari segi waktu yaitu selama 4 hari bata sudah dapat dipasarkan dibandingkan bata dengan bakar memerlukan waktu 15 hari pembuatannya atau nilai efisiensi waktunya sekitar 73,30 %. Bata tanpa bakar dapat mengurangi penggunaan tanah secara berlebihan dapat diminimalisir hanya memerlukan 30 % penggunaan campuran tanah lempung. Bata tanpa bakar dari hasil uji sifat mekanis dan sifat fisik dari inovasi campuran material yang terbaik berada pada komposisi IV (tanah lempung 30%, ATTKS 15%, ASP 15%, pasir 20%, semen 13%, biji besi 0,15%, dan alkali merah 6,85%) menghasilkan sifat fisik bata berukuran 225 x 110 x 55 mm dengan warna coklat muda dan bersuara nyaring, dilihat hasil uji mekanis menghasilkan kuat tekan 6,14 Mpa, kuat lentur 1,5 Mpa, densitas 1,60 kg/m³, porositas 18,65 %, dan kadar air 7,98 % kondisinya memenuhi batas toleransi standarisasi batu bata di Indonesia berdasarkan ASTM C-67-03, SII-0021-78, dan SNI-03-4164-1996.

Daftar Pustaka

- Abdurrohmanasyah. dkk. (2015). *Studi Kuat Tekan Batu Bata Menggunakan Bahan Additive (Abu Sekam Padi, Abu Ampas Tebu dan Fly Ash) Berdasarkan Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI)*. JRSDD, Edisi September 2015, Vol. 3, No. 3, Hal:541 - 552 (ISSN:2303-0011)
- Amin, M. (2014). *Inovasi Material Pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar Untuk Kemakmuran Industri*

Kerakyatan. UPT Balai Pengolahan Mineral Lampung-LIPI. Inovasi Dan Pembangunan Jurnal Kelitbangan Vol.02 No. 03

- Budi Witjaksana. (2016). *Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar Dengan Campuran Sodium Hiroksida (NaOH) Dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃)*. JHP17 Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya. Pebruari 2016, Vol. 01, No. 01, hal 25 - 32
- Muñoz V.P. et.al. (2016). *Fired clay bricks made by adding wastes: Assessment of the impact on physical, mechanical and thermal properties*. *Construction and Building Materials*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/conbuildmat
- SNI 03-4164, (1996), Standar Nasional Indonesia tentang *Metode Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah Di Laboratorium*, Jakarta.
- SNI 15-2094, (2000), Standar Nasional Indonesia tentang *Kuat Tekan Batu Bata*, Jakarta.
- Syed M.S. Kazmi. et.al. (2016). *“Manufacturing of sustainable clay bricks: Utilization of waste sugarcane bagasse and rice husk ashes”*. *Construction and Building Materials*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/conbuildmat