

## **PENENTUAN SIFAT MEKANIS DAN FISIS BATU BATA DENGAN PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA ASAL ALOR**

***Ernawati Kawa, Minsyahril Bukit, Albert Zicko Johannes***

*Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Penfui, Kupang, Indonesia*

*E-mail: m\_bukit@staf.undana.ac.id*

### **Abstrak**

*Telah dilakukan penelitian tentang penentuan sifat mekanis dan fisis batu bata dengan penambahan tempurung kelapa asal alor. Penelitian ini bertujuan mengetahui kualitas batu bata yang memenuhi standar kelayakan sebagai bahan konstruksi dengan penambahan arang tempurung kelapa asal alor dengan presentasi 0%, 5%, 10%, 15% terhadap tanah liat (lempung). Batu bata dicetak dengan prosedur pemadatan, pengeringan dan pembakaran. Setelah prosedur pencetakan selesai kemudian dilanjutkan dengan pengujian sifat mekanis dan sifat fisis, yaitu uji kuat tekan (compression strength), densitas (density), porositas (porosity) hasil kuat tekan batu bata didapatkan berdasarkan pengujian: a) uji kuat tekan, batu bata tanpa penambahan (0%) : 4,94 N/mm<sup>2</sup> memenuhi standar kuat tekan kelas 50 (SNI 15-2094-2000), b) uji porositas, batu bata 0% dan 5% : 3,82% dan 17,93% memenuhi standar porositas dengan batas maksimum 20% (SNI 15-2094-2000) dan uji densitas, batu bata tidak ada yang memenuhi standar (SII 0021-1978)*

***Kata kunci:*** *sifat mekanis, sifat fisis, tempurung kelapa, densitas, porositas, kuat tekan*

### **Abstract**

*A research had been conducted to determine physical and mechanical properties of the bricks with the addition coconut shell charcoal from alor. This research aims at the quality of the bricks to meet the standards of eligibility as a construction material. The addition of coconut shell charcoal is variate with the presentage 0%, 5%, 10%, 15% to the clay mass. The brick being printed with procedure compaction, drying, and baking. After the printing procedure is done then next is testing the mechanical and physical properties, that is compression strength test, density test, and porosity test. The brick quality result is obtained based on the test: a) compression strength test, the brick without addition (0%) : 4,94 N/mm<sup>2</sup> (SNI 15-2094-2000) is comply with the standard compression strength the class 50 , b) porosity test, the brick 0% and 5% (3,82% and 17,93%) meet the standard with the maximum limit 20% ( SNI 15-2094-2000) , and c) density test, every bricks does not meet the standard (SII 0021- 1978).*

***Keywords:*** *mechanical properties, physical properties, coconut shell, density, porosity, compression strength.*

### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan akan perumahan dapat terpenuhi dengan menyediakan bahan bangunan yang memenuhi persyaratan teknis, mudah didapat dan harganya murah sehingga dijangkau masyarakat luas terutama bagi yang berpenghasilan menengah ke bawah. Bahan bangunan yaitu semua bahan olahan yang mempunyai bentuk beraturan dan ukuran tertentu yang digunakan sebagai bahan untuk membuat elemen bangunan. Elemen bangunan merupakan suatu bagian fungsional dari bahan bangunan dan atau komponen bangunan yang merupakan bagian dari suatu bangunan, seperti lantai, atap maupun dinding [1].

Batu bata merupakan salah satu komponen penting pada suatu bangunan. Batu

bata biasa digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan dinding rumah atau gedung. Batu bata sering dipilih sebagai bahan alternatif utama penyusun bangunan karena tahan terhadap pengaruh cuaca dan tahan terhadap api.

Batu bata adalah batu buatan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa bahan campuran, dikeringkan melalui dijemur beberapa hari kemudian dibakar pada temperatur tinggi hingga mengeras dan tidak hancur jika direndam dalam air. Bahan mentah batu bata dapat menggunakan bahan campuran dan tanpa bahan campuran tergantung keadaan tanah liat yang dipakai. Bahan campuran yang biasa digunakan seperti pasir, sekam padi, dan serbuk gergaji [2].

Pemanfaatan batu bata dalam konstruksi baik non-struktural ataupun struktural perlu adanya peningkatan produk yang dihasilkan, baik cara meningkatkan kualitas bahan material batu bata sendiri (material dasar lempung atau tanah liat yang digunakan) maupun penambahan bahan lain. Salah satu caranya mencampur material dasar batu bata menggunakan arang tempurung kelapa yang merupakan limbah industri sisa pengolahan industri kelapa

Tempurung kelapa kebanyakan hanya dianggap sebagai limbah industri pengolahan kelapa, ketersediaannya yang melimpah dianggap masalah lingkungan, namun *renewable*, dan murah. Padahal arang tempurung kelapa ini masih dapat diolah lagi menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi [3].

Limbah tempurung kelapa yang ada di masyarakat sering hanya digunakan sebagai bahan bakar atau kayu bakar.

Beberapa industri *meubel* kecil ada yang sudah dimanfaatkan sebagai alat peraga edukatif. Manfaat lain yang diambil dari tempurung kelapa ini adalah untuk bahan baku pembuatan arang aktif [4]. Abu tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri bangunan, terutama kandungan *silica* ( $\text{SiO}_2$ ) yang digunakan untuk pembuatan semen *portland*, bahan isolasi, *huskboard* dan campuran pada batu bata (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 1994 dalam Budiraharjo dkk, 2014). Untuk membuktikan manfaat arang tempurung kelapa yang dicampur dalam proses pembuatan batu bata maka dibutuhkan data penelitian batu bata dengan penambahan arang tempurung kelapa untuk terciptanya kualitas batu bata yang memadai dan memenuhi standar kelayakan sebagai bahan konstruksi.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang efek penambahan arang tempurung kelapa pada batu bata dengan melihat perubahan sifat mekaniknya yaitu kuat tekan (*compression strength*), densitas (*density*), dan porositas (*porosity*). Material bahan pembuatan batu bata yang digunakan akan diambil dari Desa Tanah Putih Kabupaten Kupang. Tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan tambahan diambil dari Alor, karena banyak terdapat di Alor dan merupakan salah satu mata

pencaharian masyarakat Alor.

Masyarakat Alor memanfaatkan isi dari buah kelapa untuk dijadikan kopra dan untuk memasak minyak kelapa untuk dijual, setelah diambil isi dari buah kelapa tersebut, kebanyakan tempurung atau cangkang dari kelapa tersebut dibuang begitu saja, ada juga yang digunakan sebagai kayu bakar. Jadi untuk memanfaatkan limbah tempurung kelapa sisa hasil produksi oleh masyarakat tersebut agar dapat bermanfaat bagi kelangsungan hidup manusia maka penulis mencoba melakukan penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas batu bata asal Desa Tanah Putih dengan penambahan arang tempurung kelapa asal Alor berdasarkan kuat tekan (*compression strength*), densitas (*density*), dan porositas (*porosity*) menurut standar yang ditetapkan.

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni sampai dengan bulan Agustus 2017, alat dan bahan yang digunakan alat uji tekan mekanik, Timbangan, Ember, Alu dan Lesung untuk penumbukan arang menjadi halus, alat tulis (Pulpen dan Buku), Penggaris dan Alat Pencetak (Mal) batu bata, Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah liat, arang tempurung kelapa, air dan sampel batu bata yang telah jadi.

## METODE PENELITIAN

### Penyiapan Sampel

Penyiapan sampel dilakukan di Desa Tanah Putih Kabupaten Kupang dengan menggunakan variasi campuran abu tempurung kelapa yaitu dengan persentasi berat 0%, 5%, 10% dan 15%. Untuk persentasi pertama (0%) tanpa menggunakan campuran arang tempurung kelapa (tanah liat 100%), untuk persentasi kedua (5%) terdiri dari campuran tanah liat 95% dan arang tempurung kelapa 5%, persentasi ketiga (10%) terdiri dari campuran 90% tanah liat dan arang tempurung kelapa 10%, persentasi keempat (15%) terdiri dari campuran tanah liat 85% dan arang tempurung kelapa 15%. Proses pembuatan batu bata ini dimulai dengan proses penggalian bahan mentah, pengolahan bahan, pembentukan, pengeringan, pembakaran, pendinginan dan pemilihan (seleksi).

### Analisis sampel

Analisis sampel dengan uji tekan mekanik dilakukan dengan menggunakan uji

mekanik kuat tekan (*compression strength*) di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana dan uji densitas (*density*) dan porositas (*porosity*) batu bata dilakukan di Laboratorium Fisika FST Universitas Nusa Cendana.

#### **Prosedur Pembuatan Sampel Batu bata**

- a. Tanah liat sebagai bahan dasar diambil dengan cara dicangkul setelah itu dihancurkan dengan diinjak-injak menggunakan kaki, sampai tanah liatnya benar-benar hancur.
- b. Tempurung kelapa dibakar, setelah dibakar akan menjadi arang kemudian ditumbuk sampai menjadi arang yang halus.
- c. Air disiapkan untuk melunakkan tanah liat pada saat pengolahan pembuatan batu bata.

#### **Pencetakan/Pembentukan Sampel**

Cetakan batu bata yang terbuat dari kayu berbentuk balok ini terlebih dahulu direndam dalam air supaya bata yang dicetak tidak lengket pada saat dikeluarkan dari cetakan untuk dikeringkan. Cetakan batu bata yang dipakai berukuran 220 mm x 105 mm x 50 mm. Bahan campuran sampel batu bata dicetak dan dilakukan penahanan secara perlahan-lahan hingga memenuhi segala sudut cetakan dan benar-benar padat kemudian batu bata dilepaskan secara pelan-pelan dari cetakan. Hasil cetakan diberi tanda sesuai variasi campurannya.

#### **Pengeringan**

Proses pengeringan dilakukan dengan cara didiamkan dan dijemur dibawah sinar matahari, selama kurang lebih 2-3 hari.

#### **Pembakaran**

Sebelum dilakukan pembakaran, lebih dahulu diukur panjang, lebar dan tebal sampel dengan menggunakan penggaris/mistar. Setelah itu dilakukan pembakaran secara manual yaitu proses pembakaran batu bata dilakukan di dalam tungku pembakaran dengan menggunakan bahan bakar kayu selama 12 jam dengan tiada henti-hentinya karena hal ini sangat mempengaruhi kualitas kekuatan batu bata jika pembakaran tidak dilakukan dengan baik.

#### **Proses Pengujian Sampel Dan Analisis Data Pengujian Densitas**

Pengujian densitas dapat dilakukan dengan cara, sampel yang sudah dibakar, kemudian ditimbang massa keringnya dan dihitung volume batu bata.

#### **Pengujian Porositas**

Proses pengujian porositas dilakukan dengan cara sampel yang telah dibakar lalu ditimbang massa keringnya (mk) dan direndam selama 3 hari dan ditimbang massa basahya (mb).

#### **Pengujian Kuat Tekan**

Pada proses pengujian kuat tekan batu bata, dilakukan agar dapat mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji. Kuat tekan batu bata mengacu pada standar pengujian. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah batu bata tersebut sesudah dibakar kemudian didinginkan, masing-masing sampel yang siap di uji diukur luas penampang kemudian di uji menggunakan alat uji kuat tekan (*compression strength*). Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali untuk setiap variasi campuran, dengan cara memasukkan sampel uji diantara dua keping plat untuk di tekan sampai sampel sudah menunjukkan keadaan retak.

#### **Prosedur Penelitian**

Proses pembuatan batu bata dilakukan dengan penggalian, pengadaan dan seleksi bahan yaitu tanah liat dan arang tempurung kelapa, kemudian rancangan variasi arang tempurung yang ditambahkan antara lain 0%, 5%, 10%, 15%. Langkah berikutnya yaitu tanah liat dicetak menggunakan alat pencetak (mal) yang telah ditentukan ukurannya, kemudian dikeringkan dengan cara dijemur selama 2 hari. Setelah itu sampel hasil cetakan batu bata dilakukan proses pembakaran di Desa Tanah Putih Kabupaten Kupang selama 12 jam. Langkah berikutnya dilakukan analisis sampel batu yang berupa uji tekan mekanik menggunakan alat uji mekanik kuat tekan (*compression strength*) di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil FST Undana, termasuk untuk uji densitas (*density*) dan uji porositas (*porosity*) batu bata yang dilakukan di Laboratorium Fisika FST Undana.

## HASIL PENELITIAN

### Pembuatan Sampel Mentah Batu Bata

Pada penelitian ini, tanah liat (lempung) diambil dahulu kemudian dihancurkan dengan cara diinjak- injak, setelah tanahnya hancur kemudian dicampur air secara merata dan dидiamkan sekitar 10-15 menit. Penambahan air dilakukan agar tanah menjadi elastis sehingga mudah dicetak. Pada pembuatan sampel batu bata ini, tempurung kelapa dibakar seluruhnya menjadi arang. Tanah liat yang disiapkan serta arang tempurung kelapa, masing-masing ditimbang berdasarkan variasi campuran yang ditentukan. Kemudian masing-masing variasi arang tempurung kelapa dicampur tanah liat sampai merata (homogen).

Proses pencetakan sampel batu bata menggunakan mal ukuran batu bata berukuran 220 mm x 105 mm x 50 mm. Cetakan batu bata yang terbuat dari kayu berbentuk balok terlebih dahulu ditaburi tanah debu agar bata yang dicetak tidak lengket saat dikeluarkan dari cetakan untuk dikeringkan. Bahan campuran sampel batu bata dicetak, ditekan-tekan sampai memenuhi segala sudut cetakan dan benar-benar padat kemudian batu bata dilepaskan secara pelan-pelan dari cetakan.

Setelah proses pencetakan selesai, sampel batu bata dikeringkan pada sinar matahari sekitar 2-3 hari. Hasilnya berupa 16 sampel mentah yaitu 2 sampel untuk masing-masing variasi arang tempurung kelapa.

### Hasil Sampel Batu Bata Untuk Diuji

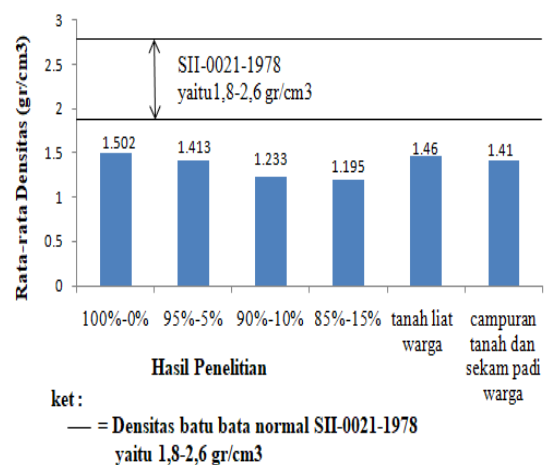
Sampel mentah batu bata yang telah kering sebelum diambil untuk dibakar terlebih dahulu dibersihkan tekstur permukaan, rusuk-rusuk dan juga siku batu bata tersebut. Setelah itu dilakukan proses pembakaran secara manual untuk menghasilkan batu bata untuk pengujian densitas, porositas dan kuat tekan. Proses pembakaran berlangsung selama 12 jam. Setelah proses pembakaran selesai, bata kemudian didinginkan dan dibongkar dari dalam tungku, proses pendinginan berlangsung selama 3 hari. Hasilnya berupa 16 sampel batu bata yang sudah matang dan siap untuk diuji.

### Hasil Pengujian Sampel Batu Bata

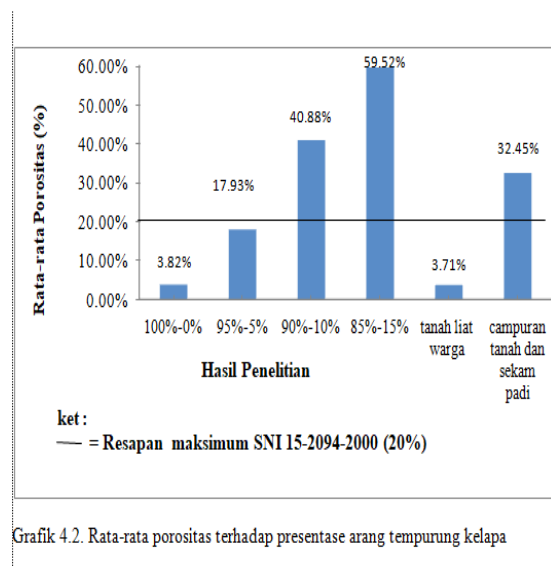
Sampel batu bata dengan campuran arang tempurung kelapa untuk masing- masing variasi ditentukan densitasnya melalui penimbang sampel kering, kemudian dianalisis

menggunakan persamaan 2.1. Langkah berikutnya sampel batu bata direndam selama 3 hari dan ditimbang massa basahnya untuk menghitung nilai porositas menggunakan persamaan 2.2 yang diikuti pengujian kuat tekan sampel menggunakan alat uji kuat tekan mekanik.

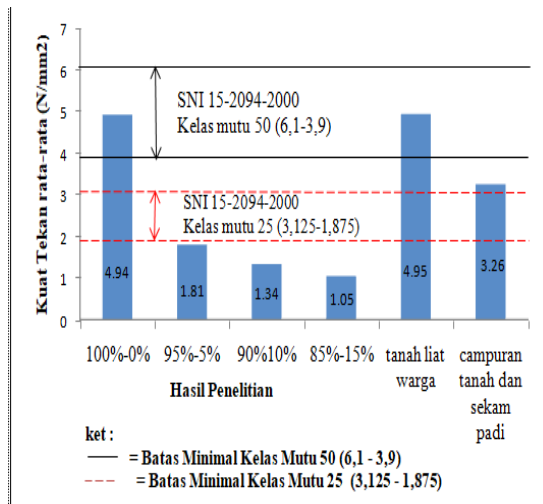
Uji kuat tekan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil dan dianalisis menggunakan persamaan 2.3. Pengujian sampel batu bata dengan campuran arang tempurung kelapa untuk variasi 0, 5, 10, 15 persen, masing-masing ditunjukkan pada grafik 4.1. sampai grafik 4.3.



Grafik 4.1. Rata-rata densitas terhadap presentase arang tempurung kelapa



Grafik 4.2. Rata-rata porositas terhadap presentase arang tempurung kelapa



Grafik 4.3. Rata-rata kuat tekan terhadap presentase arang tempurung kelapa

## PEMBAHASAN

### Penentuan Densitas Sampel Batu Bata

Untuk penentuan densitas, sampel batu bata yang sudah dibakar kemudian ditimbang sehingga diperoleh massa keringnya, kemudian massa kering tersebut dibagi volume batu bata hasil pengukuran panjang, lebar dan tebal dari sampel batu bata tersebut. Berdasarkan grafik 4.1 bisa dilihat bahwa variasi antara tanah dan arang tempurung kelapa densitasnya semakin menurun pada pencampuran 5% sampai 15%. Pada ketiga variasi campuran, hasil densitasnya tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan, standar yang ditetapkan yaitu  $1,8 \text{ gr/cm}^3 - 2,6 \text{ gr/cm}^3$  [5]. Berdasarkan gambar 4.1 diketahui penggunaan arang tempurung kelapa sebagai campuran tanah liat mampu mengurangi massa jenisnya atau lebih ringan dari standar yang ditentukan. Penurunan massa jenis ini dikarenakan adanya ikatan antar partikel arang tempurung kelapa dengan partikel tanah liat. Terjadinya ikatan tersebut mengakibatkan sebagian volume tanah liat akan terganti dengan volume arang tempurung kelapa.

### Penentuan Porositas Batu Bata

Untuk penentuan porositas, sampel batu bata yang telah dibakar, ditimbang massanya (massa kering), kemudian direndam air selama 3 hari dan ditimbang massa basah. Porositas juga berhubungan langsung dengan kerapatan. Porositas dinyatakan dalam (%) yang menghubungkan antar volume pori terbuka terhadap volume benda keseluruhan. Pada grafik bisa dilihat bahwa hasil pengujian porositas batu bata dengan penambahan arang

tempurung kelapa untuk komposisi 0% rata-rata nilai porositasnya adalah 3,82%, sedangkan untuk batu bata dengan penambahan arang tempurung kelapa 5%, 10%, dan 15% nilai rata-rata porositasnya menjadi 17,93%, 40,88%, 59,52%.

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa semakin bertambah arang tempurung kelapa yang ditambahkan akan menghasilkan batu bata dengan porositas yang bertambah besar juga. Naiknya nilai porositas disebabkan karena kandungan air dan bahan organik pada arang tempurung kelapa lebih besar sedangkan kandungan silikanya lebih kecil sehingga menghasilkan bata berpori. Besarnya presentasi daya serap disebabkan adanya pori-pori atau retakan pada batu bata sehingga memungkinkan air sangat cepat dan mudah meresap ke dalam batu bata.

### Penentuan Kuat Tekan Sampel Batu Bata

Pengujian kuat tekan batu bata dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji. Kuat tekan batu bata mengacu pada standar pengujian, benda yang dipakai berupa balok (panjang 22 cm, lebar 10,5 cm dan tebal 5,0 cm). Sampel batu bata diuji menggunakan alat uji kuat tekan mekanik sehingga sampel tersebut patah. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali untuk setiap variasi campuran dengan cara batu bata diletakkan secara horizontal di atas ke dua plat alat tersebut kemudian memposisikan jarum skala gaya di skala 0. Setelah itu diberikan pompa pemberi tekanan sampai bata sudah menunjukkan keadaan retak, maka dengan sendirinya jarum skala akan berhenti. Setelah hasil pengujian maka dihitung nilai kuat tekan dari sampel.

Berdasarkan grafik 4.3 untuk variasi campuran tanah dan arang tempurung kelapa dapat dilihat bahwa kuat tekan batu bata semakin menurun yaitu rata-rata kuat tekan  $4,94 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,81 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,34 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,05 \text{ N/mm}^2$ . Penurunan nilai kuat tekan batu bata di sebabkan kandungan senyawa kimia  $Al_2O_3$  pada tanah liat yang berkurang akibat tanah liat dicampur dengan arang tempurung kelapa. Walaupun kadar *silica dan alumina* ada pada arang tempurung kelapa (pada kandungan abu 13,0% dan arang tempurung kelapa) (Tamado, dkk, 2013), akan tetapi tidak cukup untuk bersifat sebagai *pozzalen* (pengikat) karena presentasinya sangat sedikit

dibandingkan kadar karbon pada arang tempurung kelapa tersebut. Pada dasarnya pada pembuatan batu bata memerlukan campuran agregat yang bersifat pasir atau partikelnya lebih besar dari partikel tanah liat untuk mengurangi penyusutan tanah liat akibat tingkat penguapannya tinggi. Namun keberadaan campuran tersebut tidak boleh terlalu banyak. Jika distribusi campuran terlalu banyak akan mengurangi ruang ikatan antar partikel tanah liat.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata nilai densitas, porositas dan kuat tekan dari masing-masing variasi campuran arang tempurung kelapa yaitu, pada variasi arang tempurung kelapa (0%, 5%, 10%, dan 15%) memiliki rata-rata densitas  $1,502 \text{ gram/cm}^3$ ,  $1,413 \text{ gram/cm}^3$ ,  $1,233 \text{ gram/cm}^3$ ,  $1,195 \text{ gram/cm}^3$  Rata-rata porositas 3,82% ,17,93%, 40,88%, 59,52%, dan rata-rata kuat tekan  $4,94 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,81 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,34 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,05 \text{ N/mm}^2$ .
2. Kualitas batu bata yang memenuhi standar yaitu : a) uji kuat tekan, batu bata tanpa penambahan (0%) :  $4,94 \text{ N/mm}^2$  memenuhi standar kuat tekan kelas 50 (SNI 15-2094-2000), b) uji porositas, batu bata 0% dan 5%: 3,82% dan 17,93% memenuhi standar porositas dengan batas maksimal 20% (SNI 15-2094-2000) dan c) uji densitas, batu bata tidak ada yang memenuhi standar (SII 0021-1978).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka ada beberapa saran yang diberikan. Saran-saran tersebut antara lain:

1. Perlunya proses pengolahan maupun pencampuran tanah liat dan arang tempurung kelapa dengan baik dan benar

sehingga akan memperoleh adonan yang homogen serta hasil yang maksimal

2. Perlu dilakukan untuk penelitian berikutnya dalam pembuatan batu bata yang memanfaatkan jenis limbah padat lain.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Handayani, Sri. 2010. *Kualitas Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji*. Jurnal. Teknik Sipil Dan Perencanaan Nomor 1 Volume 12 – Januari 2010, hal 41-45. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang.
2. Masthura. 2010. *Karakterisasi Batu Bata Dengan Campuran Abu Sekam Padi*. Skripsi Universitas Sumatera Utara, Medan.
3. Pambayun, S. Gilar, Dkk. 2013. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator  $\text{ZnCl}_2$  Dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah*. Jurnal ITS. Teknik Pomits Nomor 1 Volume 2, Fakultas Teknologi Industri, Surabaya
4. Siregar, Nuraisyah. 2010. *Pemanfaatan Abu Pembakaran Ampas Tebu Dan Tanah Liat Pada Pembuatan Batu Bata*. Skripsi Universitas Sumatera Utara, Medan.
5. Muhamad, T. Raharjo, Dkk. *Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Sebagai Pengganti Sebagian Tanah Liat Pada Batu Bata Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis Dan Daya Resapan Air Sebagai Pendalaman Materi Konstruksi Bangunan Di SMK Teknik Bangunan*. Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret. Diakses pada tanggal 06 Oktober 2017.