

**TUGAS AKHIR**  
**PEMERIKSAAN SIFAT MEKANIK BATA TANPA BAKAR**  
**DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU**  
*( Studi Penelitian )*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**VITA AYU PERMATA**  
**1807210027**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Vita Ayu Permata

Npm : 1807210027

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Sifat Mekanik Bata Tanpa Bakar Dengan Memanfaatkan  
Limbah Abu Ampas Tebu

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2022

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti ST, MT

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Vita Ayu Permata

Npm : 1807210027

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Sifat Mekanik Bata Tanpa Bakar Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Ampas Tebu

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti ST, MT

Dosen Pembanding I



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, ST, MT

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Vita Ayu Permata  
Tempat /Tanggal Lahir : Naga Sumpa, 6 Juni 2001  
NPM : 1807210027  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **“Pemeriksaan Sifat Mekanik Bata Tanpa Bakar Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Ampas Tebu”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2022

Saya yang menyatakan,



(VITA AYU PERMATA)

## ***ABSTARCT***

### ***Examination Of Mechanical Properties Of Brick Without Burning Using Sugarcane Bagasse Ash Waste (Research Study)***

Vita Ayu Permata  
1807210027  
Sri Frapanti ST, MT

Research and experiments in the field of bricks are carried out as an effort To improve the quality of bricks, technology, materials, implementation techniques obtained from the results of these studies and experiments are intended to answer the increasingly high demands for the use of bricks and overcome obstacles that often occur in the implementation of work in the field. The purpose of this study was to examine the mechanical properties of bricks using a mixture of bagasse ash waste and lime and cement adhesives. The composition of the brick mixture is 1:8:2:2 ratio by weight of all variations. The mold of the test object used is rectangular with a length of 20 cm, a width of 10 cm, and a height of 6 cm. The planned brick quality was 5 MPa which was tested at a drying age of 7 days at room temperature, each sample contained 12 test objects. By first doing the treatment before testing. This research was carried out by printing using a Hydraulic Press Machine. From this research, what will be tested is the compressive strength test, water absorption, salt content, visible properties, and specific gravity as much as the required test object. The result of the brick compressive strength test is 3.58 MPa. The result of brick water absorption is 0.432%. The result of salt content is 0.0017%. The average density of bricks is 1,403 kg/cm. The results of the visible nature of the bricks are of better quality because the bricks use a printing tool that is specially made using steel material and is measured according to the size of the bricks in the SNI standard.

**Keywords :** Bricks, Without Burning, Sugarcane Bagasse Ash, Lime, Mechanical Properties

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemeriksaan Sifat Mekanik Bata Tanpa Bakar Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Ampas Tebu” ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Ijazah Sarjana pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Sri Frapanti, ST, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing I dan selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan member saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus sekretaris Program studi teknik sipil yang telah banyak membantu dan member saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh Staf Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ayahanda Susilo, SH dan Almh. Ibunda Miswana Damanik serta kakak-kakak kandung saya tercinta dan tersayang yang dengan tulus memberi doa dan kasih sayang yang tak terhingga serta senantiasa memberi dukungan baik secara moril maupun material selama penulis menempuh pendidikan di fakultas

teknik program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Abang kandung saya Coki Naroy Efvando S.T yang telah mendukung dan memotivasi banyak tentang teknik sipil.
8. Teman mahasiswa/I Teknik Sipil 18, dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu serta telah menjadi motivator untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Yang spesial kepada teman-teman seperjuangan yang selalu menghibur dan memberikan masukan serta membantu penulisan ini, khususnya support yang sangat luar biasa, terima kasih kepada Novita Syaputri, Riskaya Ananda, Jaya Hartono, Siti Annisa Samosir, Debby Dwi Ramadhana Srg, Ika Pratiwi Fujianti, Annisa Eka Santy, Oktazana Putri, dan Teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan tefrima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 22 September 2022

Penulis



VITA AYU PERMATA

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 ` Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Batu Bata	5
2.1.1 Syarat Mutu Batu Bata	7
2.2 Material Pembentukan Campuran Bata Merah	9
2.2.1 Abu Ampas Tebu	9
2.2.2 Tanah Liat	11
2.2.3 Air	14
2.2.4 Semen	16
2.2.5 Kapur	16
2.2.6 Agregat Halus	17

2.3	Sifat Mekanik Batu Bata	18
2.3.1	Kerapatan Semu ( Apparent Density )	18
2.3.2	Penyerapan Air	19
2.3.3	Berat Kadar Air	19
2.3.4	Kuat Tekan	20
2.4	Kuat Tekan Batu Bata Merah	20
2.5	Penelitian Terdahulu	21
<b>BAB 3 METODELOGI PENELITIAN</b>		<b>24</b>
3.1	Metode Penelitian	24
3.1.1	Data Primer	24
3.1.2	Data Sekunder	24
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian	25
3.3	Bahan Dan Peralatan Penelitian	25
3.3.1	Bahan	25
3.3.2	Alat	25
3.4	Pembuatan Bata	26
3.5	Bagan Alir Penelitian	26
3.6	Persiapan Penelitian	28
3.7	Persiapan Alat Cetak	28
3.8	Pemeriksaan Bahan	29
3.9	perawatan batu bata merah	29
3.10	Karakteristik Kualitas Produk Bata Merah	31
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>32</b>
4.1	Hasil Pengujian Bata	32
4.2	Hasil Pengujian Sifat Fisik Material	33
4.2.1	Tanah Lempung	33
4.2.2	Pengujian Kadar Air Tanah	34
4.2.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	35
4.2.4	Analisa Saringan Agregat Halus	36
4.2.5	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	37
4.2.6	Uji Batas Cair dan Batas Plastis Tanah Merah dan Tanah	

Galong	38
4.3 Pengujian Kuat Tekan Batu Bata	39
4.4 Pengujian Daya Serap Batu Bata	41
4.5 Pengujian Kadar Garam Batu Bata	42
4.6 Pengujian Berat Jenis	44
4.7 Pengujian Sifat Tampak	45
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Kekuatan Bata (Sni 15-2094- 2000)	7
Tabel 2.2	Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu	10
Tabel 2.3	Kekuatan Tekan Rata-Rata Batu Bata (Sni-10, 1978)	21
Tabel 3.1	Komposisi Campuran Benda Uji	26
Tabel 4.1	Perencanaan Campuran Batu Bata	32
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Tanah Merah	33
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Tanah Galong	34
Tabel 4.4	Hasil Uji Kadar Air Tanah Merah	35
Tabel 4.5	Hasil Uji Kadar Air Tanah Galong	35
Tabel 4.6	Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	36
Tabel 4.7	Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Halus	36
Tabel 4.8	Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus	37
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Batas Cair Dan Batas Plastis Tanah Merah	38
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Batas Cair Dan Batas Plastis Tanah Galong	39
Tabel 4.11	Hasil Uji Kuat Tekan	40
Tabel 4.12	Hasil Daya Serap Bata Tekan Tanpa Bakar	42
Tabel 4.13	Hasil Uji Kadar Garam	43
Tabel 4.14	Hasil Uji Sifat Tampak Hasil Uji Berat Jenis	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Sketsa Mesin Hidrolik Press Bata dan Alat Cetak Bata	28
Gambar 3.3 Mesin Hidrolik Press	29
Grafik 4.1 Pemeriksaan Tanah Merah	33
Grafik 4.2 Pemeriksaan Tanah Galong	34
Grafik 4.3 Uji Analisa Saringan Agregat Halus	37
Grafik 4.4 Uji Kuat Tekan Batu Bata Kontrol (Normal)	41
Grafik 4.5 Uji Kuat Tekan Abu Ampas Tebu	41
Grafik 4.6 Uji Penyerapan Air Pada Bata	42
Grafik 4.7 Uji Kadar Garam	44
Grafik 4.8 Uji Berat Jenis	45
Grafik 4.9 Uji Sifat Tampak Bata Sudut Siku	46
Grafik 4.10 Uji Sifat Tampak Bata Nyaring Bila Dipukul	47
Grafik 4.11 Uji Sifat Tampak Bata Warna Seragam	47
Grafik 4.12 Uji Sifat Tampak Bata Tidak Retak	48
Grafik 4.13 Uji Sifat Tampak Bata Datar	48

## DAFTAR NOTASI

$\sigma$	=	Kuat Tekan	( Kg/Cm <sup>2</sup> )
P	=	Beban Tekan	( Kg )
A	=	Luas Penampang	( Cm <sup>2</sup> )
W	=	Beban Maksimum	( Kg )
n	=	Jumlah Benda Uji	( Buah )
Md	=	berat kering	( Gram )
b	=	Berat Dalam Air	( Gram )
C	=	Berat Setelah Di Rendam	( Gram )
Vsch	=	Volume Batu Bata	( m <sup>3</sup> )
Dw	=	Kerapatan	
Ww	=	Berat Normal	( Gram )
Pmax	=	Maksimum Besaran Gaya Tekan	( Kg )
F	=	Kuat Tekan Benda Uji	( Kg/Cm <sup>2</sup> )

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Batu bata merah atau disebut “batu bata” adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan di masyarakat, di desa atau dipertanian fungsinya untuk bahan konstruksi bangunan, Bata merah adalah salah satu bahan pembangunan yang sudah umum digunakan di Indonesia. (Sarasanty and Zulfika 2021)

Bata merah adalah suatu unsur konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahapan pekerjaan yaitu penggalian, pengolahan, pencetakan, dan pengeringan. Ini akan mengeras seperti batu setelah didinginkan sehingga tidak dapat dihancurkan lagi ketika direndam dalam air. (Amaliyyah 2021)

Di Indonesia, kita dapat melihat bangunan-bangunan yang terbuat dari batu bata yang sudah ada sejak peradaban masa lalu. Peradaban masa itu ternyata sudah cukup maju untuk menggunakan batu bata merah. Bata merah yang lebih dominan digunakan dari pada jenis bata yang lain. Batu bata merah sebagai bahan material untuk pembuat dinding, campuran yang tepat akan lebih dapat menyebabkan dinding menjadi tahan lama dan bisa bertahan terhadap resapan air. Semakin baik bahan campuran yang digunakan untuk bahan perekat bata semakin lebih berkualitas dinding yang kita peroleh.

Salah satu keuntungan menggunakan bata merah mudah menyerap panas. Dengan begitu, rumah akan terasa lebih sejuk. Selain itu, bangunan yang menggunakan bahan ini akan lebih kuat dan kokoh. Terdapat kekurangannya batu bata merah ketika merekatkan, butuh bahan tambahan perekat seperti semen dan pasir dalam jumlah yang cukup banyak.

Industri ini dapat lebih dikembangkan untuk menjadi suatu industri yang sangat besar dan dikelola dengan cara yang lebih profesional, akan tetapi harus tetap memperhatikan lingkungan yang dapat menimbulkan adanya kerusakan lahan maka pemanfaatan lahan harus lebih memperhatikan tentang kesuburan pada lahan .

Tebu merupakan tanaman yang banyak ditanam di Indonesia. Tebu salah satu penghasil gula utama di Indonesia. tebu banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia karena memiliki manfaat bagi kesehatan. Tebu memiliki berbagai macam nutrisi yaitu karbohidrat, protein, mineral, vitamin, dan antioksidan. Limbah tebu merupakan bentuk limbah padat dan juga kering dari tebu dari proses pengolahan tanaman tebu di dalam pabrik pembuatan gula maupun dari limbah pembuatan sari tebu oleh masyarakat. Ampas tebu tersebut dibakar atau dipanaskan pada suhu 600-900°C sampai menjadi abu. Kemudian abu ampas tebu tersebut disaring dengan lolos saringan 200. Limbah tebu sendiri merupakan salah satu jenis limbah organik, yang merupakan salah satu jenis limbah yang ramah lingkungan.(Irawan 2014)

Dari pertimbangan tersebut, maka pada Tugas Akhir ini peneliti ingin mengetahui beberapa penjelasan tersebut maka peneliti bermaksud melakukan penelitian. Oleh sebab itu diambil judul **“PEMERIKSAAN SIFAT MEKANIK BATA MERAH TANPA BAKAR DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH ABU AMPAS TEBU”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan hasil dari latar belakang diatas didapat beberapa permasalahan yang ada pada penelitian :

1. Bagaimana cara pengujian sifat mekanik bata tanpa bakar yang berstandar SNI ?
2. Bagaimana cara membuat bata tanpa bakar yang memenuhi standar kekuatan dan ramah lingkungan?

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Sesuai dengan judul dan ruang lingkup serta sasaran pembahasan yang dicapai dari pembuatan proposal ini, maka penulis memberikan suatu batasan masalah untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang dimaksud, yaitu :

1. Membuat sempel yang akan digunakan untuk produk bata dengan bahan tambah limbah abu ampas tebu

2. Melakukan pengujian kuat tekan dari batu bata dari limbah abu ampas tebu.
3. Bahan yang digunakan tanah liat, air, limbah abu ampas tebu

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan hasil dari rumusan masalah diatas terdapat beberapa tujuan masalahnya yang ada pada penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui sifat-sifat mekanik bata merah tanpa bakar dengan campuran abu ampas tebu .
2. Untuk mengetahui cara pembuatan batu bata tanpa bakar yang memenuhi standar kekuatan dan ramah lingkungan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian yang dapat diambil dari penulis adalah dari penulis adalah pemanfaatan limbah abu ampas tebu sebagai bahan tambah dalam penelitian batu bata dapat memberikan kontribusi dalam dunia industri. Dan mengurangi limbah abu ampas tebu sehingga dapat memberikan nilai lebih bagi para masyarakat.

## **1.6 Sistematika Pembahasan**

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam lima bab. Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Bab ini akan mengawali penulisan dengan menjelaskan latar belakang masalah yang akan dibahas, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori dari penelitian.

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

### **BAB 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

### **BAB 5. PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran

### **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Batu Bata Merah**

Bata merah merupakan salah satu jenis bahan dasar pembangunan rumah yang sudah sangat umum digunakan di Indonesia, dari zaman dulu hingga zaman modern seperti saat ini bata merah memang sudah menjadi salah satu bahan wajib di dalam membangun rumah. (Sarasanty and Zulfika 2021)

Bahan campuran dalam pembuatan bata digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah liat atau bahan penolong yang akan dijadikan sebagai bahan mentah supaya menjadi bahan yang plastis. Bahan mentah bata terdiri dari bahan dasar berupa tanah liat dengan atau tanpa menggunakan bahan campuran. Bahan-bahan campuran yang biasa digunakan seperti abu sekam, pasir, dan sekam padi. Sedangkan bahan campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu ampas tebu karena berbutir halus dan mengandung silikat ( $\text{SiO}_2$ ). (Bata 2016)

Bata merah berdasarkan SNI 15-2094-2000 merupakan unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. (Sipil, Teknik, and Mataram 2018)

Dalam penggunaannya sebagai bahan bangunan yang banyak dipakai oleh masyarakat, bata merah memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangannya :

- 1) Kelebihan :
  - a. Kuat dan tahan lama.
  - b. Dapat menyerap panas pada musim panas dan menyerap dingin pada musim dingin.
  - c. Merupakan bahan tahan panas dan dapat menjadi perlindungan terhadap api/kebakaran.
  - d. Tidak memerlukan keahlian khusus untuk memasang data.

- e. Ukurannya yang kecil memudahkan untuk pengangkatan dalam jumlah kecil atau membentuk bidang-bidang yang kecil.
- f. Murah dan mudah ditemukan.

2) Kekurangan :

- a. Waktu pemasangan lebih lama dibandingkan bahan dinding lainnya.
- b. Tidak tahan terhadap perubahan suhu yang besar.
- c. Menimbulkan beban yang cukup besar pada struktur bangunan.
- d. Sulit untuk membuat pasangan bata yang rapi sehingga dibutuhkan plesteran yang cukup tebal untuk menghasilkan dinding yang cukup rata.
- e. Kualitas yang beragam dan ukuran yang jarang sama membuat sisa material dapat lebih banyak.

Bata merah sebagai hasil industri rumah tangga yang biasanya dilakukan oleh masyarakat di desa, dibuat dengan menggunakan bahan-bahan dasar sebagai berikut :

1. Tanah liat (lempung) yang mengandung silica sebesar 50% sampai dengan 70%.
2. Abu ampas tebu yang manfaatnya sebagai bahan campuran pengganti pasir dan semen pada penelitian batu bata merah.
3. Air digunakan untuk melunakkan dan merendam adonan bata merah,serta sebagai pelican adonan bata merah agar memudahkan dalam pencetakan.

Bahan dasar (tanah liat, abu ampas tebu) dicampur dan diaduk sampai rata. Campuran yang telah dibersihkan direndam selama satu hari satu malam, dan selanjutnya dilakukan pencetakan di atas permukaan tanah. Pencetakan bata merah biasanya dilakukan pada musim kemarau dan di bawah sinar matahari agar cepat kering, setelah kering ditumpuk dalam susunan setinggi 10-15 batu dengan tujuan agar bata merah dapat diangin-anginkan.(Jeklin 2016)

### 2.1.1 Syarat Mutu Batu Bata

Adapun syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000 meliputi beberapa aspek seperti:

a. Pandangan Luar Batu bata merah harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul.

b. Ukuran Standar Bata Merah di Indonesia oleh Y.D.N.I (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia) nomor 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut :

(1) Panjang 240 mm, lebar 115 mm dan tebal 52 mm

(2) Panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm

c. Kuat Tekan Kuat tekan batu bata dapat dilihat pada Tabel 2.1 Kuat tekan bata merah adalah gaya maksimum per satuan luas permukaan yang dibebani. SNI 15-2094-2000 menyatakan bahwa besarnya kuat tekan dapat dinyatakan dengan rumus: (Prakoso, Elhusna, and Wahyuni 2019)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Kuat tekan bata merah (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

Tabel 2.1: Klasifikasi Kekuatan Bata (SNI 15-2094- 2000)

Kelas	Kekuatan Tekan		Koefisien
	Kg/cm <sup>2</sup> □	N/mm <sup>2</sup> □	Variansi Izin
50	50	5	22 %
100	100	10	5 %
150	150	15	15 %

#### d. Pengujian Daya Serap Bata

Daya serap bata adalah besarnya penyerapan bata terhadap air. Besarnya dayaserap dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Daya serap bata ( Ds )} = \frac{A-B}{B} \times 100 \% \quad (2.2)$$

Dengan :

Ds = Daya serap bata

A = Berat bata basah ( gr )

B = Berat bata kering oven ( gr )

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%.

#### e. Pengujian Kadar Garam Bata

Berdasarkan SII 0021-78, garam yang mudah larut dan membahayakan serta yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural Efflorescence pada permukaan bata adalah magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ), natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), kaliumsulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), dengan total kadar garam kurang dari 50%. Adanya kandungan garam pada bata merah ditandai dengan adanya “Efflorescence” yaitu pewarnaan putih akibat garam oleh air dalam bata menguap dan tertimbun dipermukaan bata. Untuk menghitung besarnya kadar garam tergantung dari besarnya luasan bata yang ada kandungan garamnya dibagi dengan luasan bata dikali 100%.

$$\text{Kadar garam (G)} = \frac{Ag}{A} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Dengan :

G = kadar garam (%)

Ag = Luasan kandungan garam (  $\text{cm}^2$  )

A = Luasan Bata (  $\text{cm}^2$  )

Dalam NI-10 diatur beberapa kategori untuk kada garam yang larut dan membahayakan yaitu,

1) Tidak membahayakan:

Bila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih, karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut.

2) Ada kemungkinan membahayakan:

Bila 50% atau lebih dari permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk atau terlepas.

3) Membahayakan:

Bila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

## **2.2 Material Pembentuk Campuran Batu Bata Merah**

Material yang digunakan pada campuran batu bata merah yang dipakai sebagai bahan penyusun utama yaitu tanah liat, abu ampas tebu, air, semen dan kapur dan bila mana diperlukan bahan tambah. Pada campuran ini, akan digunakan Semen dan kapur sebagai pengganti bahan perekat.

Dalam pembuatan campuran batu bata merah, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan bata yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain:

### **2.2.1 Abu Ampas Tebu**

Indonesia merupakan Negara penghasil tebu ke-11 terbesar di dunia. Dimana Indonesia memproduksi tebu sebanyak 24.000.000 tanaman tebu atau 3,3% dari produksi Brazil yang merupakan tanaman tebu. Rata-rata ampas tebu yang diperoleh dari proses giling 32% tebu.

Dengan produksi tebu di Indonesia pada tahun 2011 sebesar 24 juta ton potensi ampas tebu di Indonesia masih sering diabaikan. Di dalam abu ampas tebu mengandung senyawa silika yang cukup tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki karakteristik tanah lempung. (Bata 2016)

Ampas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri tertentu sehingga diperoleh limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu. Ampas tebu itulah yang dibakar dengan suhu tertentu

menghasilkan abu ampas tebu sehingga terjadi perubahan kimiawi. (Sipil et al. 2018)

Abu ampas tebu yang dihasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran lebih dari 600 °C sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan warna dari yang semula berwarna hitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi abu-abu di mana dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki kandungan silikat yang cukup tinggi.

Pembakaran ampas tebu akan menghasilkan abu ampas tebu yang memiliki kandungan senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ). Abu ampas tebu memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  yang cukup besar yaitu 50,36% sehingga abu ampas tebu berpotensi sebagai bahan baku pembuatan 5 silika gel. Komposisi kimia dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.1 berikut:

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu

Senyawa Kimia	Jumlah (%)
$\text{SiO}_2$	50,36
$\text{K}_2 \text{O}$	19,34
$\text{CaO}$	8,81
$\text{TiO}_2$	0,26
$\text{P}_2 \text{O}_5$	0,51
$\text{MnO}$	0,68
$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	18,78
$\text{CuO}$	0,15
$\text{ZnO}$	0,15

Berdasarkan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan ferrit ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ ) yang cukup tinggi, abu ampas tebu juga dapat digunakan sebagai bahan tambah pada pembuatan beton mutu tinggi, batako ringan dan pozzolan (bersifat semen). (Ii and Pustaka n.d.)

## A. Kualitas Produk

Proses pembuatan suatu produk ketika mendapatkan suatu informasi dari semua kebutuhan konsumen yang diharapkan, kemudian dari informasi tersebut suatu produk dapat di aplikasikan kedalam suatu konsep dan spesifikasi produk yang mencakup desain, bahan baku, ukuran, dan alat bantu yang dibutuhkan. Terbentuknya suatu produk dalam suatu proses terkait dengan adanya suatu informasi tersebut dan kerja sama manusia, mesin, bahan baku, dan metode yang digunakan. Produk yang dihasilkan memiliki karakteristik tertentu yang menggambarkan performansi yang diharapkan oleh konsumen, Performansi tersebut merupakan suatu ukuran dari kualitas produk.(As, Novareza, and Santoso 2017)

### 2.2.2 Tanah Liat

Tanah liat atau lempung adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 5 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan/atau aluminium yang halus. Unsur-unsur ini, silikon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.

Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasi. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya. Golongan 1:1 memiliki lapisan satu oksida silikon dan satu oksida aluminium, sementara golongan 2:1 memiliki dua lapis golongan oksida silikon yang mengapit satu lapis oksida aluminium. Mineral lempung golongan 2:1 memiliki sifat elastis yang kuat, menyusut saat kering dan memuai saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau "pecah-pecah" bila kering.(Anonim 2009)

Tanah liat memiliki berbagai beberapa karakteristik dan juga jenisnya. Hal ini dapat membedakannya fungsinya ketika diaplikasikan ke dalam

kehidupan sehari-hari. Ada beberapa point karakteristik, jenis dan manfaat tanah liat yang dirangkum dalam berikut:

#### A. Karakteristik Tanah Liat

Tanah liat mempunyai sifat dasar yang lunak sehingga mudah dapat dibentuk. Dan memang benar, salah satu sifat utama tanah liat adalah bentuknya yang lengket ketika basah dan mengeras ketika kering. Namun, lebih dari itu tanah liat juga memiliki karakteristik yang lain. Berdasarkan Lee College Library, berikut adalah diantaranya:

##### 1) Bersifat Lengket

Salah satu ciri utama dari tanah liat adalah yang sifatnya lengket, umumnya tanah liat lengket ketika basah sehingga sangat mudah untuk diubah bentuk. Tanah liat akan mengeras apabila sudah mengering. Hal ini disebabkan kandungan jenis mineral lempung yang terdapat dari tanah liat.

##### 2) Sulit menyerap air

Tanah liat memiliki sifat sulit menyerap air maka lebih banyak digunakan sebagai bahan untuk bangunan.

##### 3) Warna Tanah Liat

Pada umumnya tanah liat tidak mempunyai warna yang terlalu gelap atau terang, warna tanah yang cenderung hanya warna hitam keabu-abuan. Tetapi ada beberapa jenis tanah yang mempunyai warna yang dasarnya kuning kemerah-merahan yang kebanyakan digunakan oleh pengrajin tanah liat dan digunakan untuk membuat batu bata.

##### 4) Berubah menjadi butiran halus

Sifatnya yang menggumpal dan keras ketika sudah kering, butiran-butiran kecil dari tanah bisa terpecah jika tidak menyatu dengan bentuk awal, butiran ini umumnya seperti kerikil dan pasir yang umum ditemukan di sekitar tanah liat ketika kering.

#### B. Jenis – jenis Tanah Liat

Tanah liat terdiri dari dua jenis yakni tanah liat primer yang bersifat murni dan tanah liat sekunder yang bersifat plastis. Tetapi, berdasarkan jenis sifatnya tanah liat terbagi atas empat jenis yaitu :

1) Tanah Liat *Earthenware*

Tanah liat *earthenware* adalah jenis tanah liat yang paling banyak digunakan oleh pengrajin tembikar. Keunggulan dari tanah liat *earthenware* ini adalah tersedia dalam beberapa warna seperti coklat, merah, orange, abu-abu, dan putih. Karena terdapat kandungan zat besi dan mineralnya yang tinggi, tanah liat jenis *earthenware* merupakan salah satu jenis tanah lempung terbaik.

2) Tanah Liat *Kaolin Clays*

Tanah liat *kaolin clays* pada umumnya sering digunakan untuk pembuatan porselen karena kandungan mineral yang murni. Tanah liat *kaolin* hanya memiliki warna terang dan tidak terlalu lentur sehingga tanah ini sulit di bentuk. Tanah liat ini memiliki tingkat kematangan tinggi yaitu 1.800 °C.

3) Tanah Liat *Stoneware*

Tanah liat *stoneware* adalah jenis tanah liat yang memiliki sifat elastis yang mencapai kekerasan maksimum dalam suhu antara 1.204-1.280 derajat *celcius*. Tanah liat ini memiliki warna abu-abu terang, tanah liat *stoneware* ini dapat berubah menjadi warna abu-abu netral ketika tanah liat menjadi sedikit lebih lembab. Tanah liat *stoneware* ini kasar dan mengandung partikel butiran pasir.

4) Tanah Liat *Ball Clay*

Tanah liat *ball clay* adalah tanah liat yang berwarna abu-abu gelap yang hanya memiliki sedikit kandungan mineral sehingga membuatnya sangat lentur. Tanah liat ini dapat meningkatkan plastisitas ketika ditambah ke jenis tanah liat yang lain.

### C. Manfaat Tanah Liat Untuk Bangunan

Selain mempunyai kegunaan dalam bidang kerajinan tangan, tanah liat juga memiliki banyak manfaat yang berhubungan dengan bangunan. Tanah

liat sangat cocok digunakan untuk bahan pembuat batu bata dan dapat didaur ulang sesuai dengan keinginan dari pengrajinnya.

Beberapa keunggulan rumah yang berbahan dasar dari tanah liat yang bisa menjadi pondasi untuk rumah diantaranya tidak mengeluarkan banyak biaya karena tanah liat tidak mengelupas, melengkung, atau habis dimakan rayap, dan mampu menyerap panas dan suara dengan sangat baik.

Selain itu, perawatan rumah dengan bahan dasar tanah liat juga lebih hemat karena dinding yang dibangun dari tanah liat tidak akan hancur. Fungsi tersebut bisa langsung di rasakan pada rumah yang dibangun dengan batu bata yang terbukti awet, murah tapi juga kuat.

Tanah liat ini diperkirakan tahan lama hingga mencapai 100 tahun lamanya sehingga tidak hanya cocok untuk dibentuk menjadi batu bata, tetapi juga digunakan banyak bahan yang terbuat dari tanah liat yaitu bahan keramik pada rumah. Kemudian, tanah liat juga bisa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan genteng rumah, hingga dekorasi di dalam rumah.

### **2.2.3 Air**

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia, hampir dua per tiga bagian massa tubuh manusia berisi cairan, oleh karena itu setiap hari dianjurkan untuk minum air sebanyak delapan gelas atau sekurang-kurangnya dua setengah liter, dan sebaiknya mengkonsumsi air putih, karena air putih memiliki daya larut yang tinggi sehingga metabolisme tubuh berjalan dengan baik.

Hal ini sangat penting apalagi hidup di iklim tropis di mana akan lebih banyak cairan tubuh yang keluar sehingga akibatnya jika tubuh kurang minum maka terjadi dehidrasi dan dapat merusak sel saraf tubuh. Air juga membantu oksigen bersikulasi keseluruh sel tubuh. Terbukti bahwa oksigen dan air adalah sebuah keterkaitan yang erat sekali. Bisa dibayangkan jika tubuh manusia kekurangan air.(Tanty 2010)

Air merupakan material yang sangat penting dalam campuran penelitian dan harganya yang paling murah. Dalam pembuatan penelitian, air yang digunakan harus bersih dan bebas dari campuran bahan yang berbahaya

seperti minyak, tumbuhan, dan kandungan lain. Air mempunyai pengaruh penting terhadap kekuatan dan kemudahan dalam pelaksanaan penelitian karena kelebihan air dapat menurunkan kekuatan bata dan dapat mengakibatkan bata menjadi *bleeding*.

Kemudahan pelaksanaan pembuatan bata sangat bergantung pada air untuk mendapatkan bata yang mudah dilaksanakan tetapi dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau bisa disebut faktor air semen (*water cemen ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan bata adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan. (Setiawan 2006)

Penggunaan air digunakan untuk mereaksikan semen sehingga menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Penggunaan air juga berpengaruh pada kuat tekan, dan pada penggunaan fas yang terlalu tinggi mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air sehingga mengakibatkan pada saat kering bata mengandung banyak pori yang nantinya berdampak pada kuat tekan bata yang rendah. Air yang dimaksud harus memenuhi syarat yaitu:

- 1) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak mortar lebih dari 15 gram/liter.
- 3) Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- 4) Tidak mengandung senyawa Sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam proses reaksi pengikatan material-material yang digunakan untuk pembuatan batu bata. Agar batu bata mudah dicetak, perlu adanya penambahan kadar air pada kadar tentu 136 sesuai jenis batu bata yang diproduksi. Biasanya dalam pembuatan batu bata lempung, penambahan kadar air ditandai dengan tidak terjadi penempelan tanah lempung pada telapak tangan.

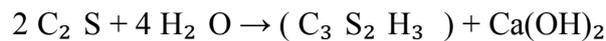
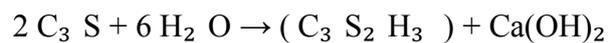
Disamping itu perlunya pemeriksaan visual lebih dahulu terhadap air yang digunakan seperti syarat air tawar, berwarna bening, tidak mengandung minyak, garam, asam, alkali, tidak mengandung banyak sampah, kotoran dan bahan organik lainnya. (Shalahuddin 2010)

#### 2.2.4 Semen

Semen dapat didefinisikan sebagai bahan pengikat atau bahan perekat material-material padat untuk dapat menjadi satu bentuk yang saling mengikat, kuat dan erat. Komposisi utama Semen Portland adalah : lime stone, silikat alumina, besi oksida dan sulfur terak. Jika semen dicampur dengan air, maka mineral-mineral yang ada didalamnya mulai bereaksi dengan air, sedangkan reaksinya disebut reaksi hidrolisis. Adapun yang mempengaruhi reaksinya adalah kehalusan semen, jumlah air yang digunakan serta temperatur dari zat aditive yang ditambahkan.

Semen Portland menurut NI-8 didefinisikan sebagai berikut, "Suatu bubuk yang dibuat dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur silika, alumunium, dan oksida besi sampai meleleh), dan batu gips sebagai batuan penambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus tadi bila dicampur dengan air, setelah beberapa saat menjadi keras dan dapat digunakan sebagai bahan pengikat hidrolisis. Proses hidrasi semen portland sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci.

Rumus proses kimia untuk reaksi hidrasi  $C_2 S$  dan  $C_3 S$  dapat ditulis sebagai berikut :



Hasil utama dari proses di atas adalah  $C_3 S_2 H_3$  yang biasa disebut tubermorite yang berbentuk gel. Panas juga keluar selama proses berlangsung (panas hidrasi). Proses hidrasi butir-butir semen sangat berlangsung lambat. Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai pada proses hidrasi yang berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi kira-kira 25% dari berat semen.(As et al. 2017)

### **2.2.5 Kapur**

Batu gamping/kapur disebut juga limestone dalam bahasa Inggris. Ini adalah batuan sedimen yang terdiri dari dua varian berbeda dari  $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat): mineral kalsit dan aragonit. Pada umumnya batu gamping relatif terbentuk di laut dalam kondisi berbatu yang mengandung kalsium coccoliths yang dibentuk oleh mikroba coccolophora. Stabilisasi Tanah dengan Kapur merupakan upaya untuk memperbaiki sifat fisik tanah, mempermudah pengerjaannya, dan meningkatkan ketahanan cuaca dengan menambahkan kapur pada tanah. (Kapur et al. n.d.)

Batuan kapur (limestone) termasuk batuan sedimen. Batuan kapur ini pada dasarnya berasal dari sisa-sisa organisme laut seperti kerang, siput laut, radiolarit, tumbuhan/binatang karang, dsb yang telah mati. Batuan ini berwarna putih, kelabu yang terdiri dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) mencapai 95%, selain kalsium karbonat limestone juga mengandung silica, alumina, dan magnesit serta beberapa senyawa lainnya namun dalam jumlah yang lebih kecil. (Yacob and Wesli 2018)

### **2.2.6 Agregat Halus**

Agregat umumnya menempati 70% sampai 80% dari volume bata sehingga memiliki pengaruh penting terhadap sifat-sifat bata. Selain penggunaannya sebagai pengisi yang ekonomis, agregat umumnya menghasilkan bata dengan stabilitas dimensi yang lebih baik dan tahan aus. Pada workability berat agregat halus pada campuran bata diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Perbandingan agregat halus yang baik adalah perbandingan yang dapat masuk ke dalam kurva standar seperti yang terdapat pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Bata. (Studi et al. 2019)

Sifat yang paling penting dari suatu agregat halus ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat halus dijadikan alternatif penambahan kekuatan bata

membentuk bata yang lebih bermutu. Agregat halus dan dengan ukuran yang bervariasi, maka volume pori bata menjadi kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan bata memiliki kemampuan yang tinggi.

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam bata. Fungsi agregat dalam design campuran bata adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka bata yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat. Maksud penggunaan agregat halus didalam adukan bata adalah:

1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan bata.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan bata.

Dari bentuk fisiknya, agregat halus mempunyai butiran yang tajam, keras dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan sumber agregat halus dapat ditemukan pada sungai, galian dan laut. Hasil penghancuran batu pecah juga disebut sebagai agregat halus. Namun untuk bata, agregat dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi SNI 03-2834-2000, yaitu:

1. Mempunyai butiran yang halus.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
3. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%.
4. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus.(Studi et al. 2019)

### **2.3 Sifat Mekanik Batu Bata**

Sifat mekanis batu bata adalah sifat yang ada pada batu bata jika dibebani atau dipengaruhi dengan perilaku tertentu Civil Engineering Materials, berikut ini sifat mekanis pada batu bata.(Prayuda, Setyawan, and Saleh 2018)

### 2.3.1 Kerapatan Semu (Apparent Density).

Standaryang disyaratkan pada SNI-15-2094-2000 adalah kerapatan semu minimum batu bata untuk pasangan dinding adalah 1,2 gram/cm<sup>3</sup>. Kerapatan semu (Qsch) dapat dihitung dengan Persamaan antara lain.

$$Qsch = \frac{Md}{V_{sc}} \text{ gram/cm}^3$$

(2.4)

$$Qsch = \frac{Md}{c-b} \times d_w \text{ gram/cm}^3 \quad (2.5)$$

Dengan:

Md = Berat kering oven (gram).

b = Berat di dalam air (gram).

c = Berat setelah direndam (gram).

Vsch = Volume batu bata (m<sup>3</sup>).

d<sub>w</sub> = Kerapatan (density) air 1,0

### 2.3.2 Penyerapan air

Menurut (Nur, 2008) penyerapan air adalah kemampuan maksimum batu bata untuk menyimpan atau menyerap air atau lebih dikenal dengan batu bata yang jenuh air. Standar yang disyaratkan pada SNI 15-2094-2000 adalah penyerapan air maksimum bata merah pejal untuk 28 pasangan dinding adalah 20%. Penyerapan air dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Penyerapan} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2.6)$$

Dengan :

A = Berat jenuh setelah direndam (gr).

B = Berat setelah dioven (gr).

### 2.3.3 Berat Kadar air.

Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam batu bata dengan berat kering batu bata, dinyatakan dalam persentase. Kadar air (w) didefinisikan sebagai berikut.

$$W = \frac{w_w}{w_s} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dengan :

Ww = Berat normal (gr).

Ws = Berat kering (gr).

#### 2.3.4 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kekuatan tekan maksimum yang dipikul dari pasangan batu bata. Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan mutu dan kelas kuat tekannya. Kuat tekan diperoleh dari hasil bagi beban tekan tertinggi dan luas bidang. Kuat tekan dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini

$$\text{Kuat tekan (f)} = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2.8)$$

Dengan :

Pmax : Maksimum besaran gaya tekan (kg).

A : luas penampang (cm<sup>2</sup>).

f : kuat tekan benda uji (kg/cm<sup>2</sup>).

#### 2.4 Kuat Tekan Batu Bata Merah

kekuatan dari bata merah merupakan daya tahan dari bata merah terhadap gaya-gaya tegak lurus yang dibagi dengan luas bata merah tersebut. Untuk mengetahui kekuatan dari batu bata merah ada beberapa metode pengujian diantaranya, metode SNI Mengacu pada kekuatan bata merah yang didapat melalui hubungan antara gaya-gaya yang diberikan dengan luas bata merah tentu perbedaan metode pengujian dan bentuk benda uji berpengaruh pada kekuatan bata merah tersebut. Dengan kondisi batu bata merah di Indonesia yang tidak terstandar, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar kekuatan batu bata merah yang ada di Indonesia dengan menggunakan metode SNI dan ASTM.(Fadhilah 2019)

##### a) SNI 15-2094-2000

Dalam SNI 15-2094-2000 tentang “Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding”, diatur mengenai metode pengujian kuat tekan bata merah. Pada percobaan ini sebuah batu bata dengan ukuran 22,5 cm x 10,5 cm x 4 cm dipotong menjadi dua bagian lalu dibagian tengah diberi mortar setebal 6 mm. Untuk proses pengujian Benda uji ditekan dengan mesin tekan hingga hancur dengan kecepatan penekanan hingga sama dengan 2 Kg/cm<sup>2</sup> /detik. Kuat tekan sebuah benda uji didapat dari hasil bagi beban tekan tertinggi dan luas

bidang tekan terkecil. Kuat tekan rata-rata ialah jumlah kuat tekan semua benda uji dibagi dengan banyaknya benda uji.

#### b) Kuat Tekan Bata Merah

Kuat tekan bata merah adalah kekuatan tekan maksimum bata merah per satuan luas permukaan yang dibebani. Kuat tekan juga bisa didefinisikan sebagai daya tahan bahan terhadap gaya-gaya yang bekerja sejajar atau tegak lurus, yang sifatnya tekan. Dalam menghitung kuat tekan batu bata

$$C = \frac{W}{A} \quad (2.9)$$

Dengan C adalah kuat tekan ( $\text{Kg/cm}^2$ ), W adalah beban maksimum (Kg) dan A adalah luas rata-rata sampel yang diuji ( $\text{cm}^2$ ).

Tabel 2.3. Kekuatan Tekan Rata-rata Batu bata (SNI-10, 1978)

Kelas	Kekuatan tekan rata-rata batu bata		Koefesiensi variasi yang di ijinan
	$\text{Kg/cm}^2$	$\text{N/mm}^2$	
25	25	2.50	5 %
50	50	5.0	22 %
100	100	10	22 %
150	150	15	15 %
200	200	20	15 %
250	250	25	15 %

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu sebagai acuan atau referensi untuk memudahkan penulis membuat penelitian secara keseluruhan serta menggambarkan secara jelas perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan dengan penelitian lain yang telah ada sebelumnya dan memperkuat atau mendukung kekuatan penelitian penulis dengan adanya referensi ilmiah dari penelitian terdahulu. Dalam hal ini

penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu terhadap pembuatan bata merah dengan campuran bahan tambahan lain.

1. Penelitian 1 –(Bimo Prakoso, Elhusna, dan Ade Sri Wahyuni. Tugas akhir Fakultas Teknik UNIB 2018 ). Judul penelitian "Pengaruh Penambahan *Fly Ash* (Abu Terbang) Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Pejal Konvensional" Hasil penelitian ini menjelaskan : Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh penambahan abu dan banyaknya penggunaan air adukan tanah liat pembentuk bata. Penambahan abu dan jumlah penggunaan air adukan tanah liat menyebabkan nilai kadar air adukan tanah liat pembentuk bata meningkat dan menimbulkan rongga membuat nilai kuat tekan bata semakin menurun. Kemudian Kuat tekan bata merah dengan penambahan abu 30% mengalami penurunan terbesar dari bata normal ( $20,25 \text{ kg/cm}^2$ ) persen penurunan (48,04%) dan penurunan terkecil terdapat pada bata merah dengan penambahan abu 5% ( $36,64 \text{ kg/cm}^2$ ) persen penurunan (5,98%)(Prakoso et al. 2019)
2. Penelitian 2 – (Abdurrohman Syah, Idharmahadi Adha, Hadi Ali. 2015 ). Judul penelitian "Studi Kuat Tekan Batu Bata Menggunakan Bahan Additive (Abu Sekam Padi, Abu Ampas Tebu dan Fly Ash) Berdasarkan Spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI)" Hasil penelitian ini menjelaskan : Dari hasil uji kuat tekan batu bata pasca pembakaran diperoleh nilai kuat tekan pada sampel batu bata campuran 5% abu sekam padi sebesar  $28,17 \text{ Kg/Cm}^2$ , sampel batu bata campuran 15% abu ampas tebu sebesar  $24,93 \text{ Kg/Cm}^2$ , sampel batu bata campuran 15% abu batu bara (*Fly Ash*) sebesar  $27,37 \text{ Kg/Cm}^2$ . Kemudian Dari hasil pengujian kuat tekan batu bata sebelum pembakaran dan Pasca pembakaran diperoleh nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel batu bata dengan campuran 5 % Abu Sekam Padi. Dikarenakan pengaruh dari kandungan kimia  $\text{SiO}_2$  (Silika) yang lebih tinggi terkandung pada abu sekam\padi. Sehingga benda uji dengan campuran abu sekam padi memiliki kuat tekan yang

lebih besar dibandingkan dengan benda uji campuran abu ampas tebu dan benda uji campuran abu batu bara (*Fly Ash*).

3. Penelitian 3 – ( Muhammad Amin2014 ). Judul penelitian "Inovasi Material Pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar Untuk Kemakmuran Industri Kerakyatan" Hasil penelitian ini menjelaskan :Dalam Hasil analisa bahan baku dapat dilihat pada table 3 bahwa kimia pada pasir yang dominan adalah SiO<sub>2</sub> sangat tinggi 98,2%, batu kapur kandungan dominan adalah CaO yaitu 55,6%, sedangkan tanah liat adalah SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yaitu sebesar 59,14% dan 15,34. Sedangkan pada abu sekam padi unsur dominan adalah SiO<sub>2</sub> sebesar 97%. Seperti diketahui bahwa kesemua bahan tersebut adalah bahan baku dari pada semen sedangkan semen padapenambahan bahan di komposisipembuatan bata tanpa bakar ini berfungsi untuk mempercepat pengeringan terbukti bahwa waktu pengeringan yang dibutuhkan adalah setelah pencetakan hanya 3 hari siap pakai, sedangkan batadibakar total waktu setelah pencetakan dibutuhkan waktu selama 9 hari yaitu penjemuran 6 hari dan pembakaran 3 hari non stop, dengan begitu dapat dikatakan bahwa penambahan semen, kapur, pasir dapat mengatasi masalah waktu dalam pembuatan bata menjadi lebih singkat.

## **BAB 3**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Tahapan awal melakukan penelitian untuk pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran bata merah. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

##### **3.1.1 Data Primer**

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a) Pengujian Kadar Garam
- b) Pengujian Berat Jenis
- c) Pengujian kuat tekan
- d) Pengujian Daya Serap
- e) Pengujian Sifat Tampak

##### **3.1.2 Data sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik bata (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-15-2094-2000, serta buku-buku atau literature sebagai penunjang untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan .

Data yang di peroleh dalam penelitian ini adalah berasal dari data primer yaitu data yang bersumber langsung dari hasil percobaan penelitian di lapangan.(Untuk, Industri, and Amin n.d.)

### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl.Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Yang akan dilakukan pada waktu yang sudah ditetapkan dengan tahapan observasi, diawali penyusunan proposal dan seminar proposal. Kemudian melaksanakan penelitian yang meliputi penggalian data dan analisis data.

### **3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### 3.3.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Air
- 2) Tanah liat
- 3) Abu ampas tebu
- 4) Semen
- 5) Pasir
- 6) Kapur

#### 3.3.2 Alat

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Cangkul
- 2) Pengaduk
- 3) Ember
- 4) Alat cetakan batu bata
- 5) Alat kuat tekan bata (compression test)
- 6) Timbangan digital

### 3.4. Pembuatan batu bata

Tujuan dari tahapan ini dari penelitian secara keseluruhan yaitu benda uji ( batu bata ). Dengan tanah liat atau lempung dan bahan campuran tersebut.

Ada pun prosedur pelaksanaan pembuatan:

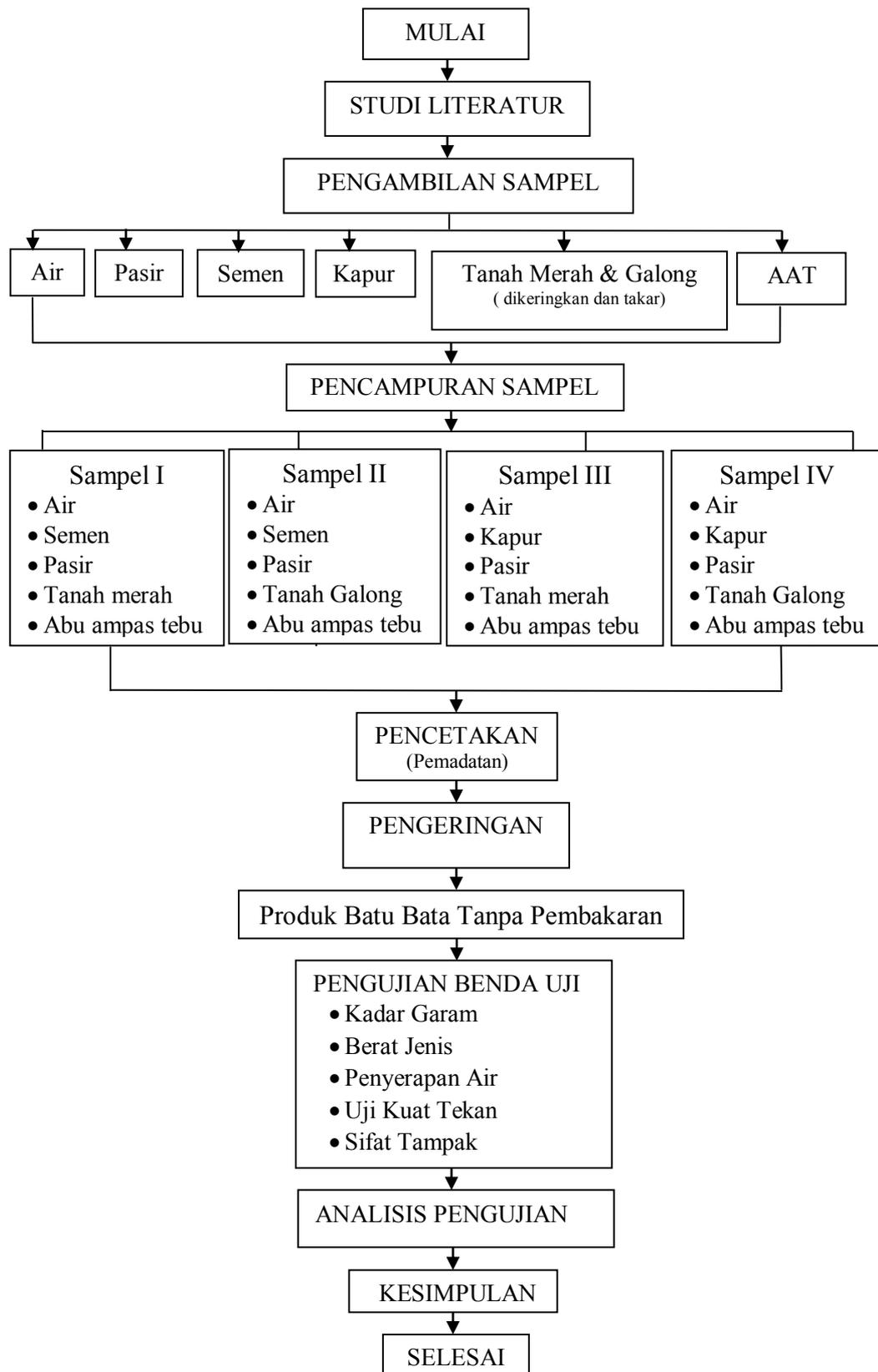
1. Persiapan bahan campuran yang direncanakan pada wadah yang terpisah.
2. Persiapan tempat/lahan yang cukup menampung volume bahan rencana.
3. Memasukan tanah kedalam wadah.
4. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pecampuran.
5. Kemudian dilumatkan dengan cara diaduk.
6. Lakukan percetakan menggunakan cetakan dari kayu papan.
7. Keluarkan dari cetakan ke tempat yang sudah disediakan untuk proses pengeringan batu bata memanfaatkan cahaya matahari. Pejemuran batu bata menggunakan dua sisi miring.
8. Penataan susunan batu bata kering yang telah selesai dijemur.

Tabel 3.1 komposisi campuran benda uji

Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampel IV
Air	Air	Air	Air
Semen	Semen	Kapur	Kapur
Pasir	Pasir	Pasir	Pasir
Tanah merah	Tanah Galong	Tanah Merah	Tanah Galong
Abu Ampas Tebu	Abu Ampas Tebu	Abu Ampas Tebu	Abu Ampas Tebu

### 3.5. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (flow chart) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

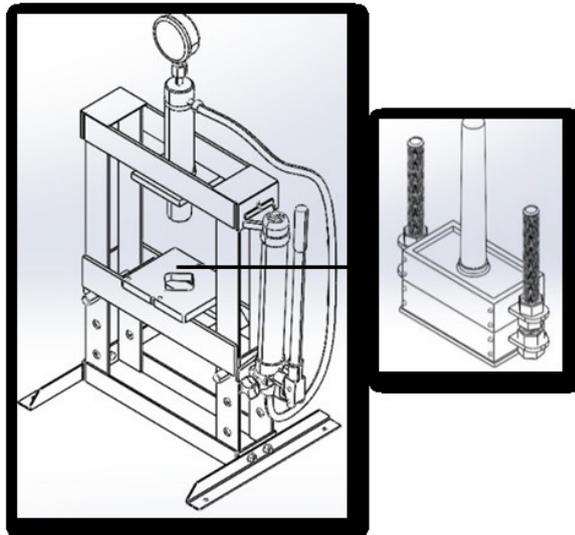
### 3.6. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh sudah sampai lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan di laksanakan dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

### 3.7 Persiapan Alat Pencetak

Alat- alat yang dipersiapkan untuk proses pembuatan dan pengujian bata sebagai berikut:

1. Pembuatan alat cetak bata dengan pompa hidrolik)
2. Penyewaan Alat Uji Kuat Tekan (Compression Test)
3. Penyewaan Timbangan
4. Penyewaan Oven
5. Penyewaan bejana
6. Penyewaan Tempat Penelitian di laborotorium Teknik Sipil UMSU



Gambar 3.2. Sketsa Mesin Hidrolik Press Bata dan Alat Cetak Bata



Gambar 3.3. Mesin Hidrolik Press

### **3.8. Pemeriksaan Bahan**

Sebagian besar volume batu bata merah terdiri dari agregat halus. Sifat dan jenis agregat sangat mempengaruhi mutu batu bata merah tersebut antara lain sifat pengerjaannya, kekuatannya, keawetannya. Oleh karena itu sebelum digunakan agregat tersebut harus diuji terlebih dahulu.

Material tanah lempung yang digunakan berasal tanah asli di Desa sidourip Lubuk Pakam. Untuk air yang dipergunakan adalah air PDAM.

### **3.9 Perawatan Batu Bata Merah**

Batu bata merah menjadi hal yang sangat paling diperhatikan baik pada segi arsitektur ataupun struktur yang tahan lama di dalam konstruksi. Pada bangunan.kondisi ini harus di pertahankan agar bangunan berdiri dengan sempurna, akan tetapi sesekali juga harus memerlukan perhatian apabila batu bata di bangunan mengalami merembes atau lembab dan bejamur itu akan mengakibatkan tidak memiliki nilai jual terhadap bangunan tersebut.

Kekuatan batu bata merah akan berkurang, menurut penelitian perawatan batu bata merah yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1) Uji serap air

Pengujian ini dilakukan dengan cara batu bata diambil dengan cara diacak dalam keadaan kering kemudian di rendam air sampai semua porinya terisi air. Maka hasil dari penelitian berat air yang terserap batu bata dibandingkan berat bata adalah angka serap air pada batu bata merah.

2) Uji kekerasan

Menurut SNI 15-2094-2000 batu bata di uji dengan di tekan hingga hancur dengan kecepatan penekanan yang diatur hingga sama dengan 2 kg /cm<sup>2</sup>/detik

3) Uji bentuk dan ukuran

a. Kerataan

b. Keretakan

c. Kesikuan

d. ketajaman

4) Uji bunyi

Dilakukan dengan cara memegang dua batu bata kemudian memukulkan dengan satu sama lain dengan pukulan tidak terlalu keras. Batu bata yang baik akan mengeluarkan bunyi yang nyaring. Pengujian ini merupakan salah satu parameter kekeringan dari batu bata, tentu saja bunyi akan tidak menyaring apabila batu bata dalam keadaan basah.

5) Uji kandungan air

Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam sebagian tubuh batu bata kedalam air, kemudian air akan terserap batu bata sampai bagian batu bata yang tidak di rendam. Selama proses inilah garam-garam yang terkandung batu bata akan terlarut ke bagian atas yang tidak direndam air. Garam-garam pada batu bata berupa bercak putih, batu bata dikatakan baik jika bercak putih menutup permukaan batu bata kurang dari 50%. Batu bata yang kandungan garam tinggi secara langsung akan sangat berpengaruh pada perletakan batu bata dengan mortar pengisi, antara batu bata dan mortar pengisi akan menurunkan kualitas batu bata.

6) Uji Berat Jenis

Berupa pengujian berat jenisnya pada bata dengan prinsip penimbangan berat bata dengan berat tertentu (kg) lalu di masukan dalam air yang telah di ketahui

volume (ml), hitung selisih air sebelum dimasukan bata dengan setelah dimasukan bata.

### **3.10 Karakteristik Kualitas Produk Batu Bata**

Karakteristik kualitas (variabel respon) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses, semakin besar maka semakin baik, misalkan pada daya tahan kuat tekan, kuat tarik. Penetapan karakteristik kualitas pada produk batu bata untuk digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *Larger The Better* (semakin besar maka semakin baik). Karakteristik ini diperlukan sebagai peningkatan ualitas secara terus menerus dengan menggunakan standar kuat tekan diatas 2,5 Mpa pada kelas batu bata M-5 dan M-6 (SNI 15-2094, 2000). Sehingga penelitian ini dapat menghasilkan setting level yang optimal.(As et al. 2017)

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian Bata

Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran bata yang diinginkan. Dari hasil percobaan pemeriksaan dasar yang telah dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Data-data dari pengujian yang dihasilkan akan dianalisis secara kuantitatif dengan metode statistika.

Berikut adalah proporsi campuran batu bata tanpa bakar yang di buat seperti pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Perencanaan campuran batu bata

No	Pengikat		Tanah		Pasir	AAT	Jumlah Air (kg)	Ket	Kode Sampel
	Semen	Kapur	Merah	Galong					
1	1		8		2	2	1,2	AAT	CMT
2	1			8	2	2	3	AAT	CGT
3		1	8		2	2	3	AAT	LMT
4		1		8	2	2	1,2	AAT	LGT

Keterangan :

- AAT = Abu Ampas Tebu
- CMT = Cement Merah Tebu
- CGT = Cement Galong Tebu
- LMT = Lime Merah Tebu
- LGT = Lime Galong Tebu

Jumlah sampel tiap proposi : 12 buah

- Kuat tekan : 4 buah
- Penyerapan air : 2 buah
- Kadar garam : 2 buah
- Sifat tampak : 2 buah
- Daya tahan : 2 buah

Density BTB Rencana : min 1,6 gr/cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Bata} &: 200 \times 100 \times 60 = 1.200.000 \text{ cm}^3 \times 1,6 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 19,2 \times 10^5 \text{ gr} \\
 &= 1,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka dari hasil diatas di dapat total berat satu buah batu bata yaitu 1,92 kg.

Jumlah air tergantung jenis tanah dan bahan yang digunakan, karena kadar air pada masing-masing tanah berbeda dan cukup basah..

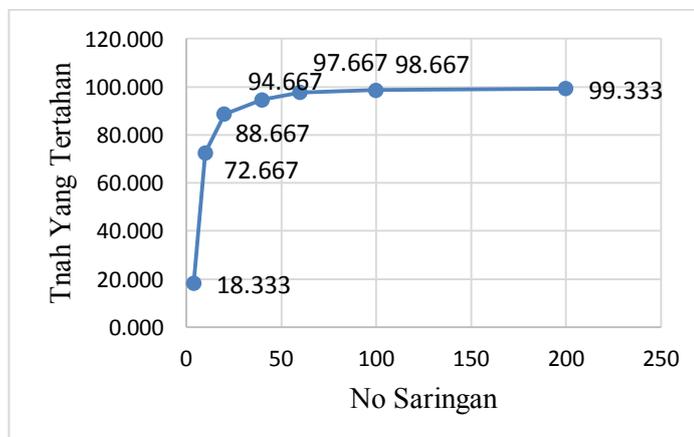
## 4.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Material

### 4.2.1. Tanah Lempung

Dari hasil pemeriksaan di laboratorium, dengan melakukan pengujian sampel sebanyak dua kali percobaan, untuk identifikasi terhadap contoh tanah yang diambil dari Desa sidourip Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang, maka diperoleh data-data sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil pemeriksaan Tanah Merah

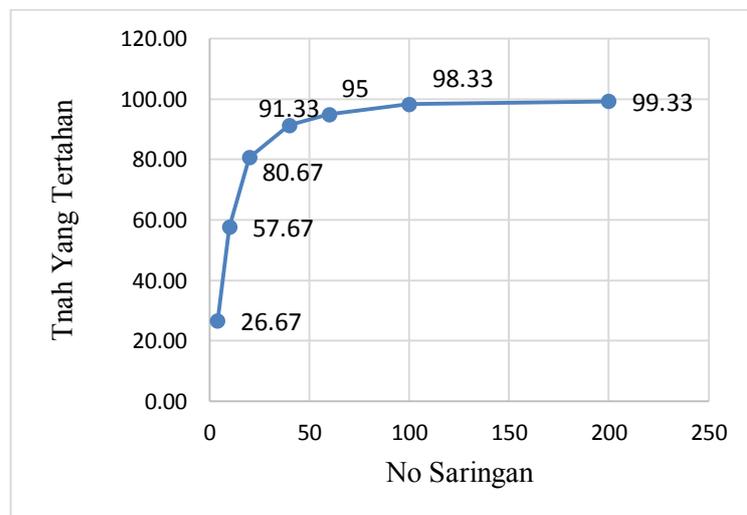
No Saringan	Diameter lubang saringan (mm)	Berat tanah yang tertahan saringan (gr)	% Berat tanah tertahan saringan	% Kumulatif dari tanah yang tertahan	% Tanah yang lolos saringan
4	4,750	55	18.33	18.33	81.67
10	2,000	163	54.33	72.67	27.33
20	0.850	48	16	88.67	11.33
40	0.425	18	6	94.67	5.33
60	0.250	9	3	97.67	2.33
100	0.150	3	1	98.67	1.33
200	0.075	2	0.67	99.33	0.67
Pan		2	0.67	100	0
Jumlah		300			



Grafik 4.1 pemeriksaan Tanah Merah

Tabel 4. 3 Hasil pemeriksaan Tanah Galong

No Saringan	Diameter lubang saringan (mm)	Berat tanah yang tertahan saringan (gr)	% Berat tanah tertahan saringan	% Kumulatif dari tanah yang tertahan	% Tanah yang lolos saringan
4	4,750	80	26.67	26.67	73.33
10	2,000	93	31	57.67	42.33
20	0,850	69	23	80.67	19.33
40	0.425	32	10.67	91.33	8.67
60	0.250	11	3.67	95	5
100	0.150	10	3.33	98.33	1.67
200	0.075	3	1	99.33	0.67
Pan		2	0.67	100	0
Jumlah		300			



Grafik 4.2 pemeriksaan Tanah Galong

#### 4.2.2 Pemeriksaan kadar air tanah

Alat, bahan dan cara kerja sesuai SNI 1965:2008, Serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) tentang pemeriksaan kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian tersebut, didapat data data pada Tabel 4.3.2 sehingga diketahui kadar air tanah yang diperiksa.

Tabel 4.4. Hasil Uji Kadar Air Tanah Merah

Kadar Air Tanah Merah		
No. Cawan	I	II
Berat Cawan + Tanah Basah	35	34

Berat Cawan + Tanah Kering	25	24
Berat Cawan	9	9
Berat Air	10	10
Berat Tanah Kering	16	15
Kadar Air	62.5	66.67
Rata-rata	64.58	

Kadar air tanah berkisar antara 20% - 100% berarti tanah tersebut masih dapat dikatakan normal, tetapi jika kadar air melebihi 100% tanah tersebut dikatakan jenuh air dan jika kurang dari 20 % tanah tersebut dikatakan kering. Maka dari hasil kadar air tanah merah diatas rata-rata kadar air 64,58 masih dikatakan normal karena kurang dari 100%.

Tabel 4.5. Hasil Uji Kadar Air Tanah Galong

<b>Kadar Air Tanah Galong</b>		
No. Cawan	I	II
Berat Cawan + Tanah Basah	46	48
Berat Cawan + Tanah Kering	35	36
Berat Cawan	9	9
Berat Air	11	12
Berat Tanah Kering	26	27
Kadar Air	42.31	44.44
Rata-rata	43.38	

Dari hasil uji kadar air tanah galong didapat nilai rata-rata 43,38 maka hasil tersebut masih memenuhi standart yang telah ditentukan yaitu 20% - 100%.

#### **4.2.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus**

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI S-04-1989, ASTM C 117 – 90, serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU. Hasil dari penelitian kadar lumpur dapat di lihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat sampel kering	500	500	500
Berat sampel kering setelah di cuci	485	482	483.5
Berat sampel lolos saringan No.200 setelah di cuci	15	18	16.5
Persentase kotoran lolos saringan setelah di cuci (%)	3	3.6	3.3

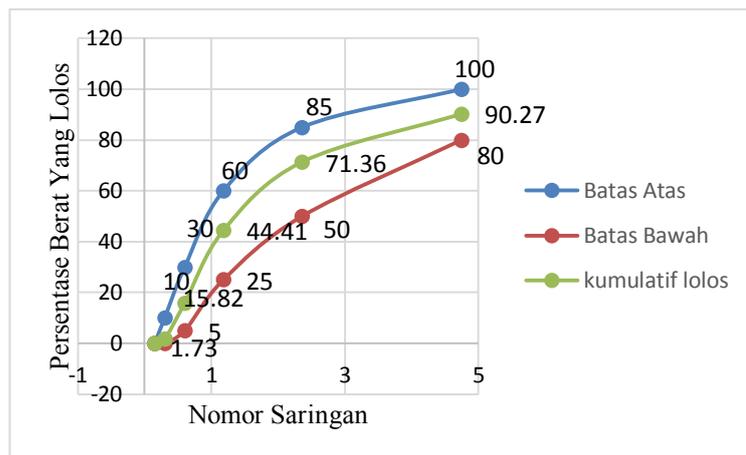
Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,3%.

#### 4.2.4. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI S-04-1989 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU. Hasil dari penelitian Analisa saringan agregat halus dapat di lihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Penelitian Analisa saringan agregat halus

Nomor ayakan	Berat tertahan				Kumulatif	
					Tertahan	Lolos
	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Total (gr)	(%)	(%)	(%)
No.4 (4.75)	7	16	23	1.05	1.05	98.95
No.8 (2.36)	77	114	191	8.68	9.73	90.27
No.16 (1.18)	189	227	416	18.91	28.64	71.36
No.30 (0.60)	279	314	593	26.95	55.59	44.41
No.50 (0.30)	294	335	629	28.59	84.18	15.82
No.100 (0.15)	141	169	310	14.09	98.27	1.73
Pan	13	25	38	1.73	100	0
<b>Total</b>	1000	1200	2200	100		



Grafik 4.3 Uji Analisa Saringan Agregat Halus

Dari hasil pengujian didapat hasil sebesar 2,78%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 - 3,8%

#### 4.2.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-1971-2011, Serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) tentang pemeriksaan kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian tersebut, didapat data data pada Tabel 4.8 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa

Tabel 4.8 Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Mula-Mula (W1)	500	500	500
Berat kering oven (W2)	489	490	489.5
Berat Air (W3)	11	10	10.5
Kadar air (%)	2.249	2.041	2.145

#### 4.2.6 Uji Batas Cair dan Batas Plastis Tanah Merah dan Tanah Galong

Pengujian ini untuk menentukan batas cair contoh tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan peralihan antara keadaan cair dan keadaan plastis. Sedangkan Batas plastis tanah adalah keadaan air minimum tanah yang masih dalam keadaan plastis. Tanah dalam keadaan batas cair yaitu apabila diperiksa dengan alat casagrande, sampel tanah dalam mangkok yang diisahkan oleh alurcolet selebar 2 mm akan berimpit kembali pada 25 kali ketukan.

Tabel 4.9 Hasil pengujian batas cair dan batas plastis tanah merah

<b>Batas Cair (Liquid Limit Test) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Merah</b>								
No	Nomor Contoh	Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1	Banyak pukulan		35	29	22	27		
2	Nomor cawan		I	II	III	IV	I	II
3	Berat cawan + tanah basah	gr	42,2	43,1	43,7	43,5	10	9,9
4	Berat cawan + tanah kering	gr	29,4	29,9	31	30,1	9,8	9,6
5	Berat air	gr	12,8	13,2	12,7	13,4	0,2	0,3
6	Berat cawan	gr	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
7	Berat tanah kering	gr	21	21,5	22,6	21,7	1,4	1,2
8	Kadar air	%	60,95	61,4	56,19	61,75	14,29	25

LL	PL	PI
60.07	19.64	40.431

PI (plasticity index)

Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis tanah merah pada tabel 4.9 diperoleh nilai Batas Cair (Liquid Limit) dari tanah merah 60,07% sedangkan Batas Plastis (plastic limit) 19,64%, maka di dapat indeks plastisitas (plasticity index) dari tanah merah sebesar 40,43%

Tabel 4.10 Hasil pengujian batas cair dan batas plastis tanah galong

<b>Batas Plastis (Liquid Limit Test) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Galong</b>								
No	Nomor Contoh	Satuan	Batas cair (LL)				Batas plastis (PL)	
1	Banyak pukulan		35	29	22	27		
2	Nomor cawan		I	II	III	IV	I	II
3	Berat cawan + tanah basah	gr	56,1	56,4	58,5	57,9	10,8	11,2
4	Berat cawan + tanah kering	gr	40,2	40,6	41,7	41,2	10,3	10,8
5	Berat Air	gr	15,9	15,8	16,8	16,7	0,5	0,4
6	Berat Cawan	gr	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
7	Berat Tanah Kering	gr	31,8	32,2	33,3	32,8	1,9	2,4
8	Kadar Air	%	50	49,07	50,45	50,92	26,32	16,6

LL	PL	PI
50.11	21.49	28.62

PI (plasticity index)

Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis tanah merah pada tabel 4.10 diperoleh nilai Batas Cair (Liquid Limit) dari tanah merah 50,11% sedangkan Batas Plastis (plastic limit) 21,49%, maka di dapat indeks plastisitas (plasticity index) dari tanah merah sebesar 28,62% .

### 4.3. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Bata

Pengujian kuat tekan bata dilakukan pada saat bata berumur 7 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 5 Ton, benda uji yang akan dites adalah berupa balok dengan lebar 10 cm dan panjang 20 cm dan jumlah benda uji setiap variasi terdapat 12 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.

Kuat tekan diperoleh dari hasil bagi beban tekan tertinggi dan luas bidang. Kuat tekan dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$f_m = \frac{P_{maks}}{A}$$

Keterangan :

$f_m$  = Kuat tekan bata merah (MPa)

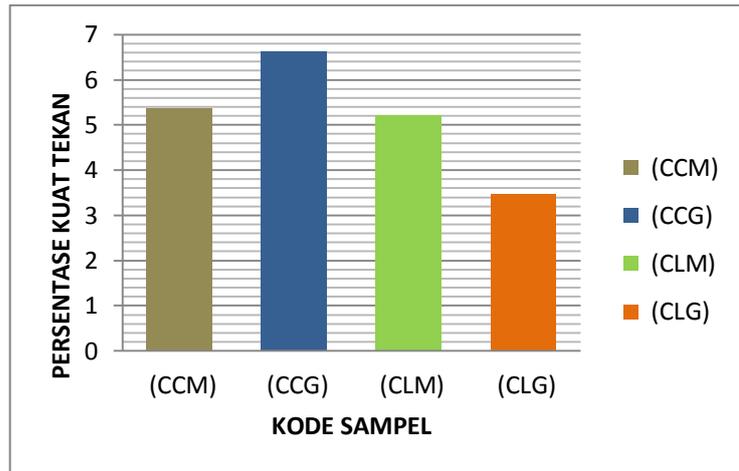
$P_{maks}$  = Gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

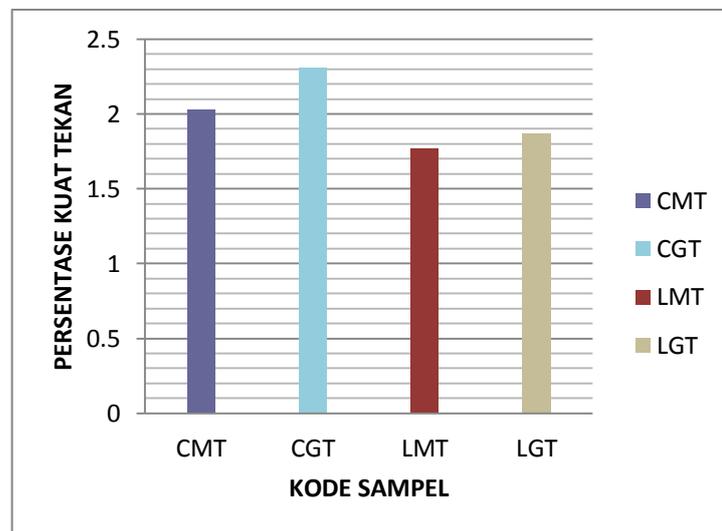
Berikut adalah tabel 4.3 hasil uji kuat tekan batu bata sebanyak 16 sampel dari 8 variasi.

Tabel 4.11 Hasil Uji Kuat Tekan

TABEL NILAI KUAT TEKAN BATU BATA					
No	kode Sampel	Jumlah Sampel	F (kN)	P=F/A (kN/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (Mpa)
1	Kontrol semen Merah (CCM)	1	127.35	6.37	5.38
		2	87.65	4.38	
2	Kontrol semen Galong (CCG)	1	137.35	6.87	6.64
		2	128.11	6.41	
3	Kontrol Kapur Merah (CLM)	1	107.79	5.39	5.22
		2	101.16	5.06	
4	Kontrol Kapur Galong ( CLG)	1	71.59	3.58	3.46
		2	67.006	3.35	
5	Semen Merah Tebu (CMT)	1	28.211	1.41	2.03
		2	28.016	1.40	
		3	54.786	2.74	
		4	51.439	2.57	
6	Semen Galong Tebu (CGT)	1	34.065	1.70	2.31
		2	34.755	1.74	
		3	60.802	3.04	
		4	55.446	2.77	
7	Kapur Merah Tebu (LMT)	1	23.866	1.19	1.77
		2	29.408	1.47	
		3	47.613	2.38	
		4	40.808	2.04	
8	Kapur Galong Tebu (LGT)	1	38.280	1.91	1.87
		2	31.359	1.57	
		3	37.992	1.90	
		4	42.262	2.11	



Grafik 4.4: Uji Kuat Tekan Batu Bata Kontrol (Normal)



Grafik 4.5: Uji Kuat Tekan Abu Ampas Tebu

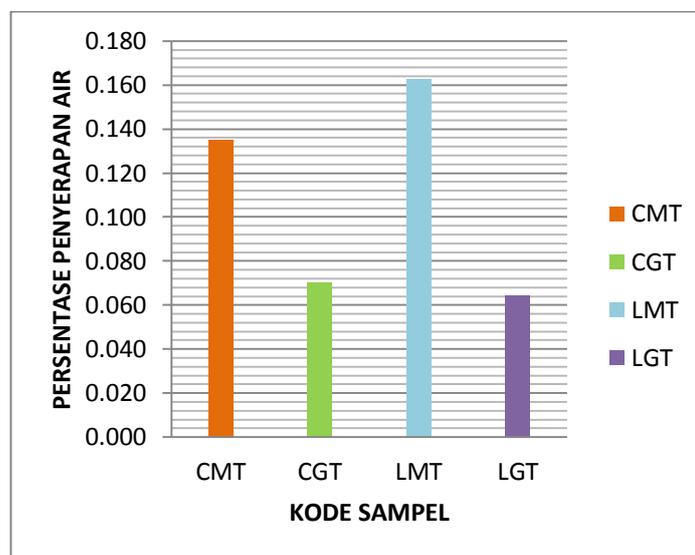
#### 4.4. Pengujian Daya Serap Batu Bata

Pada penelitian hasil Uji Nilai Daya Serap Batu Bata yang di uji adalah nilai Daya Serap batu bata dari masing-masing kecamatan. Adapun dari hasil penelitian dapat dilihat dari tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.12. Hasil Daya Serap Bata Tekan Tanpa Bakar

TABEL DAYA SERAP BATU BATA						
No	Kode Sampel	Jumlah Sampel	Berat tanah	Berat tanah	Kadar Air	Rata-rata

			basah	kering		
1	Semen merah tebu (CMT)	1	1.703	1.482	0.149	0.135
		2	1.658	1.479	0.121	
2	Semen galong tebu (CGT)	1	1.672	1.558	0.073	0.070
		2	1.738	1.628	0.068	
3	Kapur merah tebu (LMT)	1	1.624	1.417	0.146	0.163
		2	1.672	1.417	0.180	
4	Kapur galng tebu (LGT)	1	1.706	1.597	0.068	0.064
		2	1.709	1.612	0.060	



Grafik 4.6: Uji Penyerapan Air Pada Bata

#### 4.5 Pengujian Kadar Garam

Pada penelitian hasil Uji Nilai Kadar Garam Batu Bata yang di uji adalah nilai Kadar Garam batu bata dari masing-masing Variasi. Untuk menghitung besarnya kadar garam tergantung dari besarnya luasan bata yang ada kandungan garamnya dibagi dengan luasan bata dikali 100%.

$$\text{Kadar Garam (G)} = \frac{A_g}{A} \times 100 \%$$

Dengan :

G = kadar garam (%)

$A_g$  = Luasan kandungan garam (  $\text{cm}^2$  )

A = Luasan Bata (  $\text{cm}^2$  )

Adapun hasil penelitian Kadar Garam yang diperoleh seperti dalam Tabel 4.13 di bawah ini :

Tabel 4.13 Hasil Uji Kadar Garam

TABEL KADAR GARAM BATU BATA									
No	Kode sampel	Sampel	Dimensi batu bata (mm)		Luas Batu Bata (mm <sup>2</sup> )	Dimensi kadar garam (mm)		Luasan kadar garam Batu Bata (mm)	Persentase kadar garam (%)
			Panjang	Lebar		Lebar	Panjang		
1	LMT	Sampel 1	200	100	20000	4	8	32	0.0016
2	LGT	Sampel 1	200	100	20000	6	6	36	0.0018
Hasil Rata-Rata Kadar Garam Batu Bata									0.0017

Dari hasil penelitian di Tabel 4.5 diperoleh nilai Kadar Garam Batu Bata dari 2 Variasi adalah 0,0017 % berarti **Tidak Membahayakan** karena masih sesuai dengan standar SNI berdasarkan aturan ini Dalam SNI-10 diatur beberapa kategori untuk kadar garam yang larut dan membahayakan yaitu,

1. Tidak membahayakan:

Bila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih, karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut.

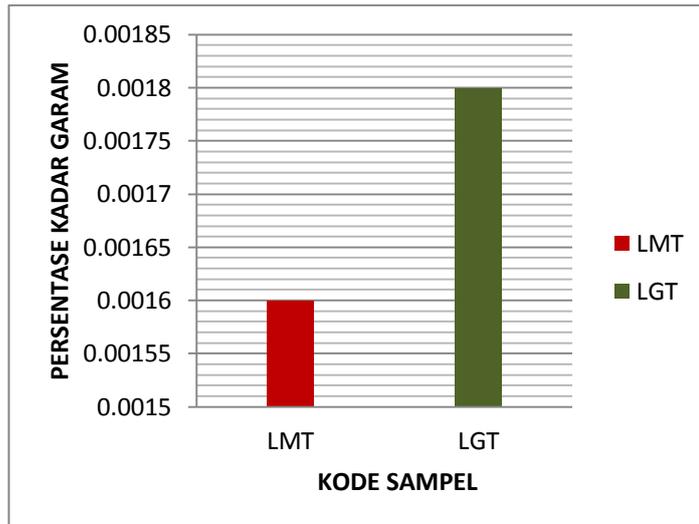
2. Ada kemungkinan membahayakan:

Bila 50% atau lebih dari permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk atau terlepas.

3. Membahayakan:

Bila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

Berikut adalah grafik dari kadar garam :



Grafik 4.7: Uji Kadar Garam

#### 4.6 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui besarnya berat jenis per m<sup>3</sup> dari bata merah. Besarnya berat jenis dihitung menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis} = \frac{a}{b} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Keterangan :

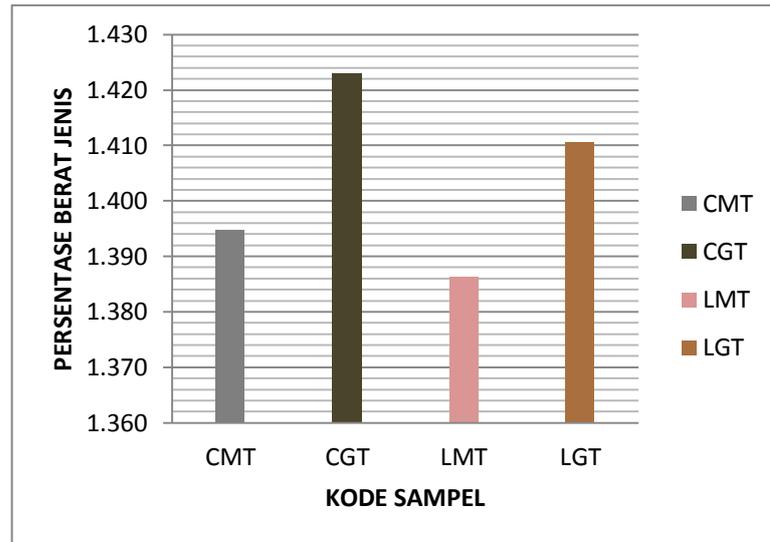
a = Berat

b = Volume

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui berapa besar berat jenis per satuan m<sup>3</sup> pada bata merah. Semakin ringan material penyusun dinding, maka semakin bagus dan dapat digunakan untuk daerah rawan gempa.

Tabel 4.14. Hasil Uji Berat Jenis

TABEL BERAT JENIS BATA														
No.	Kode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rata-Rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	CMT	1.419	1.382	1.412	1.421	1.402	1.394	1.401	1.389	1.395	1.381	1.331	1.412	1.395
2	CGT	1.393	1.448	1.442	1.442	1.421	1.410	1.411	1.407	1.384	1.449	1.413	1.456	1.423
3	LMT	1.353	1.393	1.373	1.380	1.396	1.403	1.393	1.400	1.363	1.382	1.406	1.394	1.386
4	LGT	1.422	1.424	1.407	1.398	1.426	1.392	1.400	1.416	1.416	1.392	1.419	1.416	1.411



Grafik 4.8: Uji Berat Jenis

#### 4.7 Pengujian Sifat Tampak

Tabel 4.15 Hasil Uji Sifat Tampak

TABEL UJI SIFAT TAMPAK BATA											ket
Kode	Sudut Siku		Nyaring Bila Dipukul		Warna Seragam		Tidak Retak		Datar		
Sampel	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
CMT	S	S	T	T	T	T	S	S	S	S	
CGT	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S	
LMT	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S	
LGT	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S	

Keterangan :

CMT : Cement Merah Tebu

CGT : Cement Galong Tebu

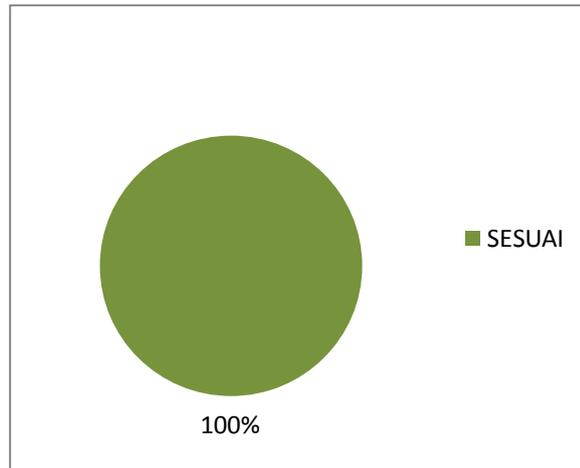
LMT : Lime Merah Tebu

LGT : Lime Galong Tebu

T : Tidak Setuju

S : Setuju

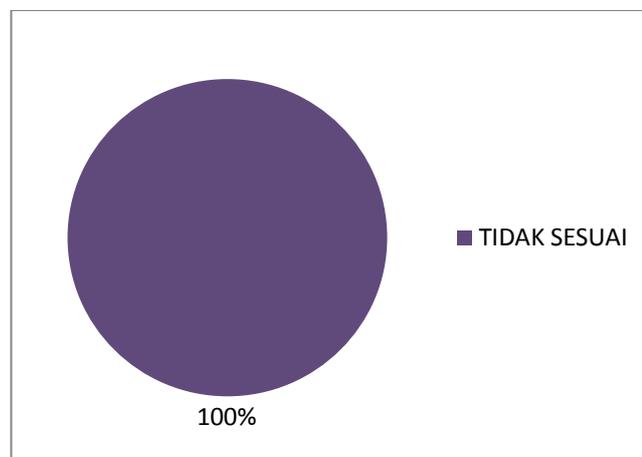
Dari tabel 4.13 maka bisa dilihat hasilnya dari grafik dibawah ini, Grafik 4.9 tentang kondisi sudut siku batu bata dari hasil pengamatan di 4 variasi campuran yaitu :



Grafik 4.9: Uji Sifat Tampak Bata Sudut Siku

Dari Grafik 4.9 hasil uji sifat tampak batu bata di Sudut Siku yang sesuai dan memenuhi standart SNI batu bata yang Siku 100 % dan Tidak Siku 0%.

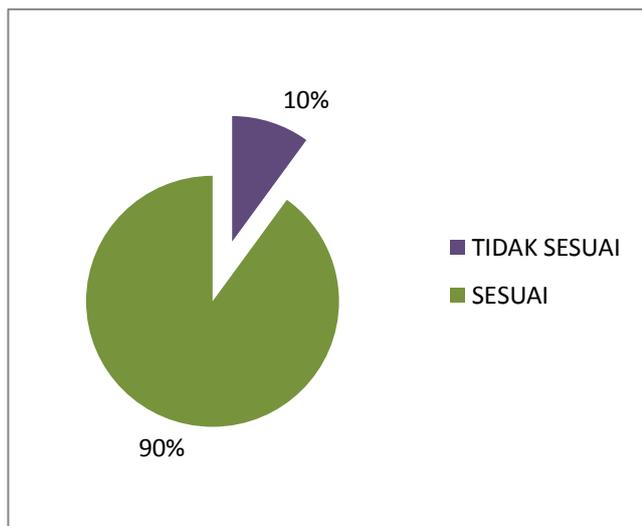
Kemudian Grafik 4.10 dari Sifat tampak batu bata yang Nyaring Bila Dipukul diamati dari 4 variasi campuran yaitu:



Grafik 4.10: Uji Sifat Tampak Bata Nyaring Bila Dipukul

Dari Grafik 4.10 Hasil Uji Sifat Tampak Batu Bata Nyaring Bila Dipukul Yang Sesuai Darengan Standart SNI Batu Bata Yang Dipukul Tidak Nyaring 100% Dan Tidak Sesuai Dengan Standart SNI.

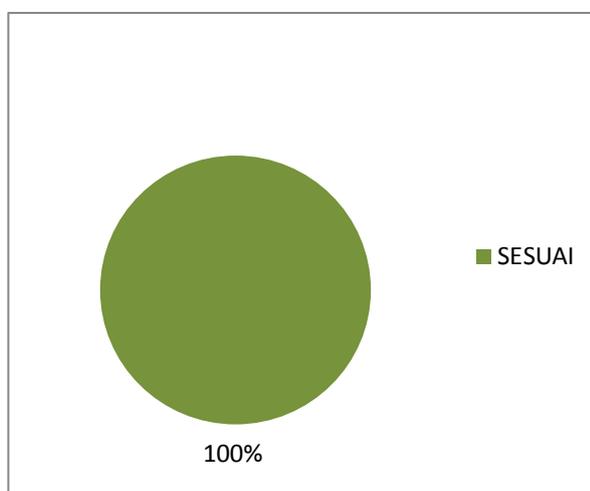
Kemudian Grafik 4.11 dari Sifat tampak Warna Seragam batu bata yang diamati dari 4 variasi campuran yaitu:



Grafik 4.11: Uji Sifat Tampak Bata Warna Seragam

Dari Grafik 4.11 hasil uji sifat tampak batu bata Warna Seragam yang sesuai dengan standart SNI batu bata yang Seragam 90 % dan Tidak Seragam 10 %.

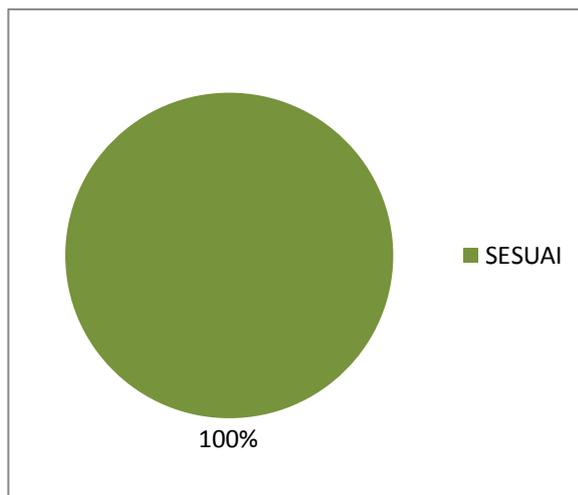
Kemudian Grafik 4.12 dari Sifat tampak tidak retak batu bata yang diamati dari 4 variasi campuran yaitu:



Grafik 4.12: Uji Sifat Tampak Bata Tidak Retak

Dari Grafik 4.12 hasil uji sifat tampak batu bata Tidak Retak yang sesuai dengan standart SNI batu bata yang Tidak Retak 100 % dan Retak 0 %.

Kemudian Grafik 4.13 dari Sifat Datar batu bata yang diamati dari 4 variasi campuran yaitu :



Grafik 4.13: Uji Sifat Tampak Bata Datar

Dari Grafik 4.13 hasil uji sifat tampak batu bata Datar yang sesuai dengan standart SNI batu bata yang Datar 100 % dan tidak Datar 0 %

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Berdasarkan dari data kuat tekan batu bata, penyerapan air, kadar garam, berat jenis dan sifat tampak yang telah dilaksanakan dalam laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan di laboratorium Terpadu Universitas Sumatera Utara sebagai berikut :
  - a. Kuat tekan rata-rata batu bata tanpa bakar = 3,58 Mpa
  - b. Penyerapan air rata-rata bata tekan tanpa bakar adalah 0,432% berarti Tidak Membahayakan karena masih di bawah 20 %. Namun demikian nilai penyerapan air pada bata tanpa bakar terdapat lebih rendah .
  - c. Rata-rata kadar garam bata tekan tanpa bakar yaitu 0,0017 %. Tidak Membahayakan karena masih sesuai dengan standar SNI.
  - d. Rata-rata berat jenis batu bata tanpa bakar yaitu 1,403 (kg/cm).
  - e. Dari keseluruhan hasil penelitian sifat tampak, batu bata tanpa bakar lebih baik kualitasnya, karena batu bata tanpa bakar menggunakan alat cetak yang dibuat khusus menggunakan bahan baja dan di ukur sesuai ukuran batu bata dalam standart SNI kemudian batu bata di tekan menggunakan pompa hidrolis.
2. Batu bata dengan standart yang terbaik dan ramah lingkungan di miliki oleh bata yang dicetak dan tersimpan selama 7 hari. Bata tersebut merupakan hasil adukan tanah liat dan campuran abu ampas tebu dengan kadar air yang sesuai yang diperlukan. Kadar air yang tinggi dan usia pengadukan mempengaruhi kepadatan bata saat percetakan dan akhirnya menjadikan kuat tekannya mendapatkan hasil yang baik.

## **5.2 Saran**

1. Studi lebih lanjut dengan penambahan campuran yang lain untuk mendapatkan kuat tekan batu bata yang optimum. Memperhatikan lagi proses pencampuran abu ampas tebu dengan tanah lempung agar pencampurannya lebih merata.
2. Perlunya dilanjutkan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui ambang batas penambahan abu ampas tebu pada campuran batu bata untuk mengetahui hasil yang lebih maksimal .

## DAFTAR PUSTAKA

- As, Faisol Khoufi, Oyong Novareza, And Purnomo Budi Santoso. 2017. "Peningkatan Kualitas Produk Batu Bata Merah Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Serat Sabut Kelapa Dan Abu Serbuk Gergaji." *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call For Papers UNISBANK Ke-3* 175–81.
- Bata, D. A. N. Mekanis. 2016. "Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Campuran Untuk Memperbaiki Sifat Fisik Dan Mekanis Bata." 6(1):64–70.
- Fadhilah, Fitri. 2019. "Naskah Publikasi IJCP&ML." 1–17.
- Ii, B. A. B., And Tinjauan Pustaka. N.D. "[8] 2.2."
- Irawan, Shinta Rahmalia. 2014. "Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Substitusi Pasir Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Mutu K-225." *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan* 2(3):308–13.
- Jeklin, Andrew. 2016. "No Title No Title No Title." (July):1–23.
- Kapur, Pengaruh Penambahan, A. B. U. Terbang, F. L. Y. Ash, D. A. N. Styrofoam, Terhadap Nilai, And Kepadatan Dan. N.D. "Effect Of Addition Of Lime , Flying Ash , And Styrofoam On The Value Of Density And Cbr Of Peat Soil." (1):69–75.
- Prakoso, Bimo, Elhusna Elhusna, And Ade Sri Wahyuni. 2019. "Pengaruh Penambahan Fly Ash (Abu Terbang) Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Pejal Konvensional." *Inersia, Jurnal Teknik Sipil* 10(1):39–44.
- Prayuda, Hakas, Endra Aji Setyawan, And Fadillawaty Saleh. 2018. "Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Bata Merah Di Yogyakarta (Analysis Physical And Mechanical Attributes Of Masonry In Yogyakarta)." *Jurnal Riset Rekayasa Sipil* 1(2):94.
- Sarasanty, Diah, And Dicki Nizar Zulfika. 2021. "Kualitas Batu Bata." 3(1):43–46.
- Setiawan. 2006. "Analisa Kuat Tekan Beton Dan Penyerapan Air Kombinasi Filler Abu Ampas Tebu Dan Botol Kaca Substitusi Pasir." *Reza Suhwandi Harahap*.
- Shalahuddin, M. 2010. "Material Pembentuk Batu Bata 1. Tanah Lempung." 1(2):34–46.

- Sipil, Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, And Universitas Mataram. 2018. “Artikel Ilmiah Aplikasi Response Surface Method ( Rsm ) Untuk Mengoptimalkan Kualitas Batu Bata Non Bakar Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu The Application Of Response Surface Methodology ( RSM ) To Optimate The Quality Of Non-Combustion Brick With An Addi.”
- Studi, Program, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, And Sumatera Utara. 2019. “Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Berserat ( Studi Penelitian ).”
- Tanty, Heruna. 2010. “Pada Beberapa Proses Filtrasi Air Minum Kemasan Dan Isi Ulang Menggunakan One-Way Manova Heruna Tanty.” 1(1):48–60.
- Anonim. 2009. “Tanah Liat.” *N.<sup>o</sup>* 49:223–45.
- Untuk, Dibakar, Kemakmuran Industri, And Muhammad Amin. N.D. “2 , 3 ,.” 02(03):13–31.
- Yacob, Muhammad, And Wesli Wesli. 2018. “Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Kapur Dan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc.” *Teras Jurnal* 7(1):213.

**DOKUMENTASI SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG  
DI LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**



Gambar L1. Pengambilan Tanah Merah



Gambar L2. Pengambilan Tanah Galong



Gambar L3. Abu Ampas Tebu



Gambar L4. Pasir



Gambar L5. Semen



Gambar L6. Kapur



Gambar L7. Air



Gambar L8. Saringan



Gambar L9. Alat Cetak Bata



Gambar L10. Mesin Hidrolik Press



Gambar L11. Oven



Gambar L12. Timbangan Digital



Gambar L13. Gelas Ukur



Gambar L14. Ember



Gambar L15. Penggaris



Gambar L16. Sekop



Gambar L17. Alat Uji Kuat Tekan



Gambar L17. Bata Variasi Campuran Tanah Galong,Pasir,Semen,AAT



Gambar L18. Bata Variasi Campuran Tanah Galong,Pasir,Kapur,AAT



Gambar L19. Bata Variasi Campuran Tanah Merah,Pasir,Semen,AAT



Gambar L18. Bata Variasi Campuran Tanah Merah,Pasir,Kapur,AAT



Gambar L19. Uji Kuat Tekan Bata



Gambar L20. Uji Penyerapan Air Bata



Gambar L21. Uji Kadar Garam Bata



Gambar L22. Uji Berat Jenis Bata



Gambar L23. Sifat Tambak Bata