

**PEMBUATAN BATU BATA DENGAN CAMPURAN LIMBAH
KULIT TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM*)
DAN TANAH LIAT**

SKRIPSI

**PUTRI KARINA TARIGAN
75154027**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

**PEMBUATAN BATU BATA DENGAN CAMPURAN LIMBAH
KULIT TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM*)
DAN TANAH LIAT**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains

**PUTRI KARINA TARIGAN
75154027**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Putri Karina Tarigan
Nomor Induk Mahasiswa	: 75154027
Program Studi	: Fisika
Judul	: Pembuatan Batu Bata Dengan Campuran Limbah Kulit Tebu (<i>Saccharum Officinarum</i>) dan Tanah Liat

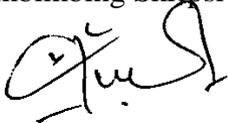
dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Medan, 06 Februari 2020 M

12 Jumadil Akhir 1441 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.

NIP. 198111062005011003

Pembimbing Skripsi II,



Khairiah, S.Si., M.Si.

NIP. 198909072015042001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Putri Karina Tarigan
Nomor Induk Mahasiswa : 75154027
Program Studi : Fisika
Judul : Pembuatan Batu Bata Dengan Campuran
Limbah Kulit Tebu (*Saccharum Officinarum*)
dan Tanah Liat

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 06 Februari 2020



Putri Karina Tarigan
NIM. 75154027



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN**

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235

Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683

Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: 052/ST/ST.V.2/PP.01.1/03/2021

Judul : Pembuatan Batu Bata Dengan Campuran Limbah Kulit
Tebu (*Saccharum Officinarum*) dan Tanah Liat

Nama : Putri Karina Tarigan

Nomor Induk Mahasiswa : 75154027

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Kamis, 06 Februari 2020

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,

Ketua,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.

NIP. 1981110620050111003

Dewan Penguji,

Penguji I,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.

NIP. 1981110620050111003

Penguji II, ..

Khairiah, S.Si., M.Si.

NIP. 198909072015042001

Penguji III,

Ety Jumiati, S.Pd., M.Si.

NIB. 1100000072

Penguji IV,

Masthura, M.Si.

NIB. 1100000069

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. H. M. Jamil, M.A.

NIP. 196609101999031002

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang Pembuatan batu bata dengan campuran limbah kulit tebu (*saccharum officinarum*) dan tanah liat yang bertujuan: (i) Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kulit tebu terhadap karakterisasi batu bata yang dihasilkan dan (ii) Untuk mengetahui komposisi pencampuran abu kulit tebu dan tanah liat untuk menghasilkan batu bata dengan karakteristik optimal. Pembuatan batu bata menggunakan bahan dasar kulit tebu, tanah liat, dan air. Jenis batu bata yang diteliti adalah jenis batu bata bakar. Komposisi pencampuran abu kulit tebu dan tanah liat yang digunakan adalah 0%:100%, 10%:90%, 20%:80%, 30%:70%, 40%:60%, dan 50%:50%. Batu bata dicetak menggunakan mesin *Hot Press* dengan tekanan sebesar 10 kg/cm² dan suhu 120 °C. Metode karakterisasi yang digunakan meliputi kuat tekan, daya serap air, dan densitas. Penambahan abu kulit tebu berpengaruh terhadap karakteristik batu bata yang dihasilkan. Penambahan abu kulit tebu pada komposisi pencampuran 0 – 50% menyebabkan penurunan pada nilai kuat tekan dan peningkatan nilai daya serap air. Nilai densitas pada komposisi pencampuran 0% - 30% mengalami peningkatan dan pada komposisi 40 dan 50% kembali penurunan. Kuat tekan pada campuran 0 - 10% memenuhi SNI 15-2094-2000 yaitu sebesar 5,71 dan 5,57 MPa. Nilai daya serap air pada komposisi 0 – 50% memenuhi nilai SNI 15-2094-2000 yaitu masing-masing sebesar 13,05, 13,96, 14,09, 14,78, 16,10, dan 16,53%. Nilai densitas pada komposisi 0 – 30% memenuhi nilai SNI 15-2094-2000 yaitu masing-masing sebesar 1,60, 1,64, 1,71, dan 1,77 g/cm³. Batu bata dengan karakteristik optimal diperoleh pada komposisi pencampuran abu kulit tebu dan tanah liat sebesar 10%:90%.

Kata Kunci: Abu kulit tebu, batu bata dan tanah liat

ABSTRACT

The research has been conducted on making bricks with a mixture of sugarcane shell waste (*saccharum officinarum*) and clay with the aim of: (i) to determine the effect of adding sugarcane shell ash on the characterization of the resulting bricks and (ii) to determine the composition of mixing sugarcane shell ash and clay to produce bricks with optimal characteristics. Making bricks uses the basic ingredients of sugarcane shell, clay, and water. The type of brick studied is the type of combustion bricks. The composition of mixing sugarcane shell ash and clay used is 0%:100%, 10%:90%, 20%:80%, 30%:70%, 40%:60%, and 50%:50%. The bricks are printed using a Hot Press machine with a pressure of 10 kg / cm² and a temperature of 120 °C. The characterization method used includes compressive strength, water absorption, and density. The addition of sugarcane shell ash affects the characteristics of the resulting bricks. The addition of sugarcane shell ash to a mixing composition of 0 - 50% causes a decrease in the value of compressive strength and an increase in the value of water absorption. The density values at the 0% - 30% mixing composition increased and at the 40 and 50% composition decreased again. Compressive strength in a mixture of 0 - 10% fulfill SNI 15-2094-2000, that is as large 5.71 and 5.57 MPa. The water absorption value in the composition of 0 - 50% fulfill the SNI 15-2094-2000 values, that is as large 13.05, 13.96, 14.09, 14.78, 16.10, and 16.53%, respectively. The density values in the composition of 0-30% fulfill the SNI 15-2094-2000 values, that as large 1.60, 1.64, 1.71, and 1.77 g / cm³, respectively. Bricks with optimal characteristics are obtained in the composition of mixing sugarcane shell ash and clay at 10%:90%.

Keywords: Sugarcane shell ash, brick and clay

KATA PENGANTAR



Assalamua 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah, Nabi besar Muhammad SAW atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Batu Bata dengan Campuran Limbah Kulit Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Tanah Liat” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Saidurrahman, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. H. M. Jamil, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan serta selaku Dosen Pembimbing Skripsi I yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Khairiah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan, serta arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

6. Ety Jumiati, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Penasihat Akademik yang banyak meluangkan waktu dan memberikan inspirasinya.
7. Segenap Dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, membimbing, dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
8. Teristimewa Orang tua Ayah Masa Tarigan dan Ibu Ratnawati yang sangat dicintai yang telah memberikan dukungan, restu, dan selalu mendoakan di setiap langkah penulis. Kedua kakak dan abang ipar penulis, Kak Fitri Dian Tamarra Tarigan, Kak Dwi Anggraini Tarigan, dan Bang Ridho yang selalu tulus memberikan nasihat-nasihat terbaik.
9. Keluarga Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan Angkatan 2015 terima kasih atas kebersamaan yang telah terjalin.
10. Terkhusus LDK AL-IZZAH UIN SU yang tidak bisa disebut satu persatu terima kasih atas doa, dukungan, serta motivasi yang diberikan selama berada dalam naungan organisasi.
11. Tak lupa pula rasa terima kasih penulis sampaikan kepada Tim Bendum *Continuous Improvement* MITI KM (Masyarakat Ilmuwan Teknologi Indonesia Klaster Mahasiswa) periode 2019-2021.

Semoga ini bermanfaat, tambahan ilmu yang dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca. *Aamiin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Februari 2021
Penulis,

Putri Karina Tarigan
NIM. 75154027

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Batu Bata.....	5
2.1.1 Standar Batu Bata	6
2.1.2 Pemilihan Batu Bata	8
2.1.3 Proses Pembuatan batu Bata.....	8
2.2 Tebu.....	10
2.3 Abu Tebu.....	11
2.4 Tanah Liat (Lempung)	12
2.4.1 Sifat-Sifat Tanah Liat (Lempung)	13

2.4.3	Komposisi Kimia Dalam Tanah Liat (Lempung).....	14
2.4.4	Jenis-Jenis Tanah Liat (Lempung)	14
2.5	Air	15
2.6	Karakteristik.....	16
2.6.1	Kuat Tekan	16
2.6.2	Daya Serap Air	17
2.6.3	Densitas	18
2.7	Penelitian yang Relevan.....	18
2.8	Hipotesis.....	20
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Waktu Penelitian.....	21
3.2	Lokasi Penelitian.....	21
3.3	Alat dan Bahan.....	21
3.3.1	Alat.....	21
3.3.2	Bahan.....	22
3.4	Tahapan Penelitian.....	22
3.5	Bagan Alir Penelitian	24
3.6	Prosedur Penelitian.....	25
3.7	Proses Pengujian Sampel	25
3.7.1	Kuat Tekan	25
3.7.2	Daya Serap Air	26
3.7.3	Densitas	26
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Hasil Pengujian	27

4.1.1 Kuat Tekan	27
4.1.2 Daya Serap Air	28
4.1.3 Densitas	29
4.1 Pembahasan.....	30
4.1.1 Kuat Tekan	30
4.1.2 Daya Serap Air	31
4.1.3 Densitas	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
3.1	Gambar Batu Bata ukuran 3 cm × 3 cm × 3 cm.....	23
3.2	Diagram Alir Penelitian	24
4.1	Grafik Kuat Tekan	30
4.2	Grafik Daya Serap Air	31
4.3	Grafik Densitas	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Ukuran Batu Batu (SNI 15-2094-2000).....	7
2.2	Klasifikasi Kekuatan Batu Bata	7
2.3	Komposisi Kimia Ampas Tebu.....	11
2.4	Kuat Tekan Koefisien Variasi Batu bata Merah Untuk Pasangan Dinding	17
3.1	Rancangan Pencampuran Bahan Dasar Dengan Abu Kulit Tebu	22
4.1	Data Hasil Kuat Tekan.....	27
4.2	Data Hasil Daya Serap Air.....	28
4.3	Data Hasil Densitas.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran
1.	Data Pengujian dan Perhitungan
2.	Foto Alat-Alat Penelitian
3.	Foto Bahan dan Sampel Penelitian
4.	SNI 15-2094-2000

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkat akan semakin meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia yang tentunya akan meningkat pula kebutuhan masyarakat terhadap perumahan, maka kebutuhan bahan bangunan untuk rumah juga akan meningkat. Seperti diketahui kebutuhan bahan bangunan yang digunakan adalah bahan untuk atap, dinding, dan lantai. Batu bata merupakan salah satu komponen penting pembangunan yang memiliki fungsi untuk melindungi rumah dari suhu ekstrim, serangan binatang buas, hujan, maupun sebagai tempat berteduh. Penggunaan batu bata dalam dunia konstruksi baik sebagai pembentuk elemen struktur maupun non struktur belum dapat tergantikan. Hal ini dapat dilihat dari masih banyaknya proyek konstruksi yang memanfaatkan batu bata sebagai dinding pada pembangunan gedung/perumahan, pagar, saluran, dan fondasi. (Darmono dan Sukarman, 2011)

Batu bata adalah salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, dan membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu jika didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Pemanfaatan batu bata dalam konstruksi baik non-struktural ataupun struktural perlu adanya peningkatan produk yang dihasilkan, baik dengan cara meningkatkan kualitas bahan material batu bata sendiri (material dasar lempung atau tanah liat yang digunakan) maupun penambahan dengan bahan lain. (Hastutiningrum, 2013)

Tanah Liat merupakan bahan dasar dalam pembuatan batu bata yang memiliki sifat plastis dan susut kering. Sifat plastis pada tanah liat sangat penting untuk mempermudah dalam proses awal pembuatan batu bata. Apabila tanah liat yang dipakai terlalu plastis, maka akan mengakibatkan batu bata yang dibentuk mempunyai sifat kekuatan kering yang tinggi sehingga akan mempengaruhi

kekuatan, memperbesar penyusutan, dan mempengaruhi hasil pembakaran batu bata yang sudah jadi. (Handayani, 2010)

Tebu merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas area lebih dari 232 ribu hektar, yang tersebar di Sumatera Utara, Bandar Lampung, Jawa Tengah, dan Sulawesi Selatan. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara. Pada tahun 2002 produksi tebu Indonesia mencapai lebih dari 2 juta ton. Tebu-tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Dalam proses produksi di pabrik gula, ampas tebu dihasilkan sebesar 90% dari setiap tebu yang diproses, gula yang dimanfaatkan hanya 5%, sisanya berupa tetes tebu (*molase*) dan air. (Witono, 2005)

Abu tebu merupakan hasil dari pembakaran ampas tebu pada produksi gula yang mempunyai kandungan silika (SiO_2). Pada penelitian sebelumnya bata merah dengan menggunakan fly ash juga memiliki kandungan silika (SiO_2), bata merah tersebut memiliki kualitas yang baik dan dapat digunakan dalam aplikasi teknik sipil. Diharapkan bila unsur abu ampas tebu dicampur dengan tanah liat akan menghasilkan batu bata dengan kualitas yang baik. Selain itu penggunaan abu ampas tebu dalam pembuatan batu bata diharapkan dapat memberikan pemecahan masalah terhadap limbah industri dari pabrik gula tersebut. Di samping dapat mengurangi kerusakan lahan akibat pengambilan tanah liat yang berlebih, juga dapat menambah kualitas batu bata yang diproduksi oleh masyarakat sendiri baik secara tradisional maupun modern. (Febrianto, 2010)

Berdasarkan paparan di atas penulis melakukan penelitian “Pembuatan Batu Bata Ringan dengan Campuran Limbah Kulit Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Tanah Liat”. Penambahan bahan abu pembakaran kulit tebu pada batu bata diharapkan mampu menghasilkan batu bata dengan karakteristik yang baik dan dapat diaplikasikan sebagai material konstruksi pada bangunan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu kulit tebu terhadap karakterisasi batu bata yang dihasilkan?
2. Bagaimana komposisi pencampuran abu kulit tebu dan tanah liat untuk menghasilkan batu bata dengan karakteristik optimal?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Pembuatan batu bata menggunakan bahan dasar kulit tebu (yang diolah menjadi abu kulit tebu melalui proses tradisional), tanah liat (lempung), dan air.
2. Jenis batu bata yang diteliti adalah jenis batu bata bakar. Komposisi pencampuran antara abu kulit tebu dengan tanah liat (lempung) yaitu: 0%:100%, 10%:90%, 20%:80%, 30%:70%, 40%:60%, dan 50%:50%.
3. Batu bata dicetak menggunakan mesin *Hot Press* dengan tekanan sebesar 10 kgf/cm² dan suhu 120 °C.
4. Karakterisasi yang dilakukan meliputi: kuat tekan, daya serap air, dan densitas.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kulit tebu terhadap karakterisasi batu bata yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui komposisi pencampuran abu kulit tebu dan tanah liat untuk menghasilkan batu bata dengan karakteristik optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai salah satu sumber informasi terkait sifat mekanik dan fisis pada batu bata dengan memanfaatkan abu kulit tebu yang dapat mengurangi limbah industri pabrik tebu.

2. Sebagai salah satu alternatif lain dalam pembuatan batu bata yang dapat memanfaatkan limbah industri pabrik tebu sehingga diperoleh batu bata dengan mutu yang baik dan lebih ekonomis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batu Bata

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-2000 merupakan salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu jika didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

Pengerjaan seluruhnya dilakukan manual dengan cetakan dari kayu. Batu bata mempunyai standar baik dari ukuran maupun uji fisiknya, batu bata harus mempunyai rusuk tajam dan siku, bidang sisi datar tidak retak, ukuran standar bata merah adalah panjang 230 mm, lebar 110 mm, dan tebal 50 mm dari standar ukuran tersebut ada toleransi ukuran yaitu panjang maksimal 3%, lebar maksimal 4%, dan tebal maksimal 5%. Batu bata yang diperjualbelikan umumnya memiliki ketebalan 3 - 5 cm, lebar 7 - 11 cm, panjang 17 - 22 cm dan berat 3 kg/buah. (Hasan, 2015)

Sebagaimana telah dijelaskan dalam ayat al-Qur'an QS. Al-Hijr ayat 82:

 وَكَانُوا يَنْحِتُونَ مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا آمِنِينَ

Artinya: Dan mereka memahat rumah-rumah dari gunung-gunung batu yang didiami dengan aman.

Pada ayat di atas dijelaskan bahwa orang terdahulu membuat tempat tinggal dari bahan batu-batu gunung yang mereka potong atau ada juga yang menjadikan gua sebagai tempat tinggal yang aman untuk mereka. Mereka menganggap gua tersebut adalah rumah mereka, tempat untuk peristirahatan mereka setelah melakukan aktivitas. Akan tetapi, sekarang ini telah banyak perumahan yang

dibangun yang terbuat dari material batu bata yang banyak digunakan sebagai pembatas dinding atau fondasi.

2.1.1 Standar Batu Bata

Standardisasi merupakan syarat mutlak dan menjadi suatu acuan penting dari sebuah industri di suatu negara. Salah satu contoh penting standardisasi dari sebuah industri adalah standardisasi dalam pembuatan batu bata. Standardisasi menurut Organisasi Internasional (ISO) merupakan proses penyusunan dan pemakaian aturan-aturan untuk melaksanakan suatu kegiatan secara teratur demi keuntungan dan kerjasama semua pihak yang berkepentingan, khususnya untuk meningkatkan ekonomi keseluruhan secara optimum dengan memperhatikan kondisi-kondisi fungsional dan persyaratan keamanan.

Syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000 meliputi beberapa aspek sebagai berikut:

1. Sifat Tampak

Sifat tampak ialah bentuk yang dinyatakan dengan bidang-bidang datarnya rata atau tidak menunjukkan retak-retak dan lain sebagainya. Batu bata merah harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisinya harus datar.

2. Dimensi atau Ukuran Batu Bata

Batu bata mempunyai banyak variasinya. Ukuran batu bata yang telah diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 2.1. Pemeriksaan ini merupakan pengukuran pada batu bata dengan menggunakan jangka sorong. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan 15 sampel bata yang diambil secara acak. Bertujuan untuk mengetahui kategori batu bata sesuai peraturan yang berlaku apa tidak.

Tabel 2.1 Ukuran batu bata (SNI 15-2094-2000)

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65±2	90±3	190±4
M-5b	65±2	100±3	190±4
M-6a	52±3	110±4	230±4
M-6b	55±3	110±6	230±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

Sumber: SNI 15-2094-2000

3. Garam Berbahaya

Garam yang mudah larut dan membahayakan: Magnesium Sulfat ($MgSO_4$), Natrium Sulfat (Na_2SO_4), Kalium Sulfat (K_2SO_4), dan kadar garam maksimum 1,0%, tidak boleh menyebabkan lebih dari 50% permukaan batu bata tertutup dengan tebal akibat pengkristalan garam. Bata dengan kandungan garam yang tinggi secara langsung akan berpengaruh pada lekatan antara bata dengan mortar pengisi, dimana dengan terganggunya lekatan antara bata dan mortar pengisi akan menurunkan kualitas batu bata.

4. Kuat Tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diijinkan untuk bata merah untuk pasangan dinding sesuai Tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Kekuatan Bata

Kelas	Kekuatan Tekan Rata-Rata Batu Bata		Koefisien Variasi Izin
	Kg/cm ²	N/mm ² (MPa)	
50	50	5	22%
100	100	10	15%
150	150	15	15%

Sumber: (SNI 15-2094-2000)

5. Kerapatan Semu

Kerapatan semu minimum bata merah pasangan dinding adalah 1,2 gram/cm³.

6. Penyerapan Air

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%.
(Nuraisyah Siregar, 2010)

2.1.2 Pemilihan Batu Bata

Syarat-syarat pemilihan dalam batu bata adalah sebagai berikut:

1. Kematangan bata mudah dibedakan dengan warna: hitam (terlalu matang), merah (matang), dan abu-abu/cream (masih mentah).
2. Bunyi dan warnanya.
3. Ukuran bata terlalu kecil atau terlalu besar. Kriteria yang baik harus disesuaikan dengan standar yang berlaku.

2.1.3 Proses Pembuatan Batu Bata

Adapun tahapan-tahapan pembuatan batu bata, yaitu sebagai berikut:
(Miftakhul dan Erna, 2012).

1. Pengolahan Bahan Mentah

Air yang digunakan dalam proses pembuatan batu bata harus air bersih, air harus tidak sadah tidak mengandung garam yang larut di dalam air. Pelumatan bisa dilakukan dengan cara manual diaduk dengan tangan. Bahan campuran yang ditambahkan pada saat pengolahan harus benar-benar menyatu dengan tanah liat secara merata. Bahan mentah yang sudah jadi ini sebelum dibentuk dengan cetakan, terlebih dahulu dibiarkan selama 2 sampai 3 hari dengan tujuan memberi kesempatan partikel-partikel tanah liat untuk menyerap air agar menjadi lebih stabil.

2. Pembentukan Batu Bata

Bahan mentah yang telah dibiarkan 2 - 3 hari dan sudah mempunyai sifat plastis, kemudian dibentuk dengan alat cetak yang terbuat dari kayu atau kaca tersebut dibasahi air terlebih dahulu. Langkah awal pencetakan batu bata yaitu letakkan cetakan pada lantai dasar

pencetakan, kemudian tanah liat yang telah siap ditaruh pada bingkai cetakan dengan tangan sambil ditekan-tekan sampai tanah liat memenuhi segala sudut ruangan pada bingkai cetakan, selanjutnya cetakan diangkat dan batu bata mentah hasil dari cetakan dibiarkan begitu saja agar terkena sinar matahari. Batu bata mentah tersebut kemudian dikumpulkan pada tempat yang terlindung untuk diangin-anginkan.

3. Pengeringan Batu Bata Merah

Proses pengeringan batu bata akan lebih baik bila berlangsung secara bertahap agar panas dari sinar matahari tidak jatuh secara langsung, maka perlu dipasang penutup plastik. Apabila proses pengeringan terlalu cepat artinya panas sinar matahari terlalu menyengat akan mengakibatkan retakan-retakan pada batu bata nantinya.

4. Pembakaran Batu Bata

Pembakaran yang dilakukan tidak hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang diinginkan, melainkan juga memperhatikan kecepatan pembakaran untuk mencapai suhu tersebut serta kecepatan untuk mencapai pendinginan. Selama proses pembakaran terjadi perubahan fisika dan kimia serta mineralogy dari tanah liat tersebut. Proses pembakaran batu bata berjalan seimbang dengan kenaikan suhu dan kecepatan suhu, ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan, yaitu:

- a. Tahap pertama adalah penguapan (pengeringan), yaitu pengeluaran air pembentuk, terjadi hingga temperatur kira-kira 120 °C.
- b. Tahap kedua adalah oksidasi, terjadi pembakaran sisa-sisa tumbuhan (karbon) yang terdapat di dalam tanah liat. Proses ini berlangsung pada temperatur 650 – 800 °C.
- c. Tahap ketiga adalah pembakaran penuh. Batu bata dibakar hingga matang dan terjadi proses sintering hingga menjadi bata padat. Temperatur matang bervariasi antara 900 °C.
- d. Tahap penahanan. Tahap ini terjadi penahanan temperatur selama 1 - 2 jam, pada tahap 1, 2, dan 3 kenaikan temperatur harus perlahan-

lahan, agar tidak terjadi kerugian pada batanya. Antara lain: pecah-pecah, noda hitam pada bata, pengembangan, dan lain-lain

2.2 Tebu

Penghasil gula utama di Indonesia adalah tebu. Direktorat Jendral Perkebunan (2014) menyatakan bahwa produksi tebu tahun 2013 - 2015 terus mengalami peningkatan. Peningkatan produksi tebu menyebabkan semakin meningkatnya penambahan pupuk yang diberikan pada tanah dan tanaman. Pemupukan merupakan tindakan yang harus dilakukan secara akurat dan efisien sesuai dengan kebutuhan tanaman tebu. Salah satu unsur hara yang banyak diaplikasikan pada tanaman tebu adalah unsur Nitrogen.

Abu Tebu merupakan limbah dari proses produksi gula di pabrik gula, limbah ini pada kenyataannya sulit untuk dibuang karena fungsi dari abu tebu ini kurang bermanfaat bagi perkebunan atau pertanian, bahkan oleh beberapa petani menganggap abu tebu sebagai perusak kesuburan tanah. Hal tersebut merupakan masalah tersendiri dari dalam hal pembuangannya bagi pabrik gula. Untuk mengatasi masalah tersebut, pihak pabrik menawarkan abu tebu tersebut kepada umum secara cuma-cuma, tetapi meskipun demikian limbah tersebut masih tetap banyak menumpuk di halaman pabrik. Pemanfaatan abu tebu ini oleh para peneliti sangat diharapkan oleh pihak pabrik, apalagi dapat dipergunakan untuk kepentingan masyarakat banyak. (Noerwasito, 2004)

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas area lebih dari 232 ribu hektar, yang tersebar di Sumatera Utara, Bandar Lampung, Jawa Tengah, dan Sulawesi Selatan. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan Negara.

Pada tahun 2002 produksi tebu Indonesia mencapai lebih dari 2 juta ton. Tebu-tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Dalam proses produksi di pabrik gula, ampas tebu dihasilkan sebesar 90% dari setiap tebu yang diproses, gula yang dimanfaatkan hanya 5%, sisanya berupa tetes tebu (*molase*) dan air. (Witono, 2005)

2.3 Abu Tebu

Abu tebu adalah hasil pembakaran secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu, terdiri dari garam-garam anorganik. Pada saat ampas tebu dibakar pada boiler, perubahan menjadi klinker dengan perubahan warna menjadi warna cerah keunguan. Ampas tebu (bagasse) merupakan hasil sisa pengolahan gula tebu. Bagasse ini umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kertas dan bahan bakar pengolahan tebu. Seiring dengan perkembangan jaman dan kemajuan teknologi, abu bagasse yang awalnya hanya digunakan sebagai abu gosok, sudah mulai dimanfaatkan dalam industri bahan bangunan sebagai campuran semen dan memberi hasil material yang lebih kuat, ringan dan ekonomis sebagai bahan tambahan dan mampu menghasilkan panil gypsum yang memiliki kuat lentur yang baik sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton aspal dengan memberikan stabilitas dan kualitas jalan yang lebih baik (Hanafi, 2010)

Menurut penelitian ternyata abu ampas tebu mengandung senyawa silika yang cukup tinggi dan kemudian telah diteliti pemanfaatannya. Komposisi kimia dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada tabel (2.3), sebagai berikut :

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Ampas Tebu

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO ₂	70,97
Al ₂ O ₃	0,33
Fe ₂ O ₃	0,36
K ₂ O	4,82
Na ₂ O	0,43
MgO	0,82
P ₂ O ₅	0,2

Sumber: Febrianto, 2010

2.4 Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat merupakan bahan dasar dalam pembuatan batu bata yang memiliki sifat plastis dan susut kering. Sifat plastis tanah liat berperan sangat penting untuk mempermudah dalam proses awal pembuatan batu bata. Apabila tanah liat yang dipakai terlalu memiliki sifat plastis, maka akan mengakibatkan batu bata yang dibentuk sifat kekuatan kering yang tinggi sehingga akan mempengaruhi kekuatan, penyusutan dan mempengaruhi hasil pembakaran batu bata yang sudah jadi. (Handayani, 2010)

Sebagaimana dalam al-Qur'an telah dijelaskan bahwa bahan dasar dalam pembuatan batu bata yaitu menggunakan tanah liat. Dalam hal ini dijelaskan pada surah Al-Qashash ayat 38:

وَقَالَ فِرْعَوْنُ يَأْتِيهَا الْمَلَائِكَةُ مَا عَلِمْتُ لَكُمْ مِنْ إِلَهِ غَيْرِي فَأَوْقَدْ لِي يَهْمَنُ
عَلَى الطِّينِ فَاجْعَلْ لِي صَرْحًا لَعَلِّي أَطَّلِعُ إِلَى إِلَهِ مُوسَى وَإِنِّي لَأَظُنُّهُ مِنَ
الْكَاذِبِينَ ﴿٣٨﴾

Artinya: (Dan berkata Firaun, "Hai pembesar kaumku! Aku tidak mengetahui tuhan bagi kalian selain aku sendiri. Maka bakarlah hai Haman, untukku tanah liat) maksudnya buatlah batu bata untukku (kemudian buatlah untukku bangunan yang tinggi) maksudnya gedung yang tinggi sekali (supaya aku dapat naik melihat Tuhan Musa) aku akan melihat-Nya dan berdiri di hadapan-Nya (dan sesungguhnya aku benar-benar yakin bahwa dia termasuk orang-orang yang pendusta) di dalam pengakuannya yang mengatakan ada Tuhan lain selain aku, bahwa ia seorang Rasul.

Pada ayat di atas dijelaskan bahwa Haman, penata rakyat dan penasihat kerajaan Fir'aun diperintahkan oleh Fir'aun untuk membakar tanah liat agar dapat membangun sebuah bangunan yang tinggi, karena pada masa itu belum ada bangunan yang menjulang tinggi seperti bangunan yang dibangun oleh Fir'aun. Haman merupakan ahli arsitektur pada masa itu maka diberikanlah tugas untuk Haman membangun sebuah bangunan yang tinggi, hal ini semata-mata untuk

mebuktikan bahwa tidak ada Tuhan kecuali Fir'aun. Tanah liat yang dimaksud pada ayat ini adalah tanah liat yang dibakar untuk dijadikan batu bata. Sebelum pada zaman sekarang ini, manusia sudah diperintahkan untuk membakar tanah liat kemudian dijadikan batu bata.

Tanah liat adalah material dasar dalam pembuatan batu bata jenis bakar dan jemuran. Tanah lempung yang diolah tersebut berasal dari pelapukan batubatuan seperti basal, andasit, granit dan lainnya yang banyak mengandung *feldspar*. *Feldspar* merupakan senyawa dari *silika-kalsium-aluminium*, *silikat-natrium-aluminium*, *silikat-kalsium aluminium*. Pemanfaatan tanah liat (lempung) untuk pembuatan batu bata, dibutuhkan beberapa syarat sebagai berikut ini: (Elianora, 2010)

1. Tanah lempung yang digunakan harus memenuhi sifat plastis dan kohesif sehingga dapat mudah dibentuk. Lempung yang memiliki nilai plastis yang tinggi dapat menyebabkan batu bata yang dibentuk akan retak atau pecah saat dibakar. Lempung untuk bahan baku pembuatan batu bata harus mempunyai tingkat elastisitas plastis dan agak plastis, dari indeks keplastisannya, lempung untuk batu bata mempunyai tingkat keplastisitas 25 - 30%.
2. Hasil pembakaran lempung harus menunjukkan sifat-sifat tahan terhadap rembesan air, tidak lapuk oleh waktu dan merah warnanya.
3. Lempung yang kurang kadar besinya akan pucat warnanya. Kadar besi 5 - 9% dalam lempung menghasilkan warna merah pada bata yang sudah dibakar.
4. Tidak boleh mengandung butiran kapur dan kerikil lebih besar dari 5 mm.

2.4.1 Sifat-Sifat Tanah Liat (Lempung)

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002 mm.
2. Permeabilitas rendah.
3. Kenaikan air kapiler tinggi.
4. Bersifat sangat kohesif.

5. Kadar kembang susut yang tinggi.
6. Proses konsolidasi lambat.

2.4.2 Komposisi Kimia Dalam Tanah Liat (Lempung)

Komposisi kimia dalam tanah liat adalah sebagai berikut:

1. Silika (SiO_2), Silika dalam bentuk sebagai kuarsa jika memiliki kadar yang tinggi akan menyebabkan tanah liat menjadi pasir dan mudah *slaking*, kurang plastis, dan tidak begitu sensitif terhadap pengeringan dan pembasahan.
2. Alumina (Al_2O_3), terdapat dalam mineral lempung, feldspar, dan mika.
3. Fe_2O_3 , Makin tinggi kadar besi tanah liat, makin rendah temperatur peleburan tanah liat.
4. Kapur (CaO), terdapat dalam tanah liat dalam bentuk kapur. Bertindak sebagai pelebur bila temperatur pembakarannya mencapai lebih dari 1100°C .
5. MgO , terdapat dalam bentuk dolomite, magnesit atau silikat. Dapat meningkatkan kepadatan produk hasil pembakaran.
6. K_2O dan Na_2O , Alkali ini menghasilkan garam-garam larut setelah pembakaran. Dapat menyebabkan penggumpalan klorid dan dalam pembakaran dapat bertindak sebagai pelebur yang baik.
7. Organik, bahan-bahan yang bertindak sebagai protektor koloid dan menaikkan keplastisan. (Febriantama, 2016)

2.4.3 Jenis-Jenis Tanah Liat (Lempung)

Jenis-Jenis tanah liat (lempung) yang digunakan dalam pembuatan batu bata berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya, tanah liat dibagi dalam beberapa jenis: (Dinata, 2013)

1. Lempung Residual

Lempung residual adalah lempung yang terdapat pada tempat di mana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Sifat lempung jenis ini adalah berbutir kasar dan masih bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan dan tidak plastis.

Semakin digali akan banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

2. Lempung Illuvial

Lempung Illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengendap pada suatu tempat tidak jauh dari tempat asalnya, misalnya di kaki bukit. Lempung illuvial sifatnya mirip dengan lempung residual, hanya saja pada lempung illuvial bagian dasarnya tidak di temukan batuan asalnya.

3. Lempung Marin

Lempung marin adalah lempung yang endapannya berada di laut. Lempung marin sangat halus dan biasanya tercampur dengan cangkang-cangkang *foraminifera* (kapur). Lempung marin dapat menjadi padat karena pengaruh beban di atasnya, oleh gaya Geologi.

4. Lempung Danau

Lempung danau adalah lempung yang diendapkan di danau. Sifat lempung ini tidak tebal seperti lempung marin dan mempunyai sifat seperti lempung rawa air tawar

5. Lempung Rawa

Lempung rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa. Jenis lempung ini dicirikan oleh warnanya yang hitam. Apabila terdapat di dekat laut akan mengandung garam.

6. Lempung Alluvial

Lempung Alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai disekitar atau di sepanjang sungai. Pasir akan mengendap di dekat sungai, sedangkan lempung akan mengendap jauh dari tempat asalnya.

2.5 Air

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 sesuai jenis batu bata. Biasanya dalam pembuatan batu bata lempung, penambahan kadar air

ditandai dengan tidak terjadi penempelan tanah lempung pada telapak tangan. Syarat syarat air yang digunakan adalah sebagai berikut: (Elianora, 2010)

1. Kadar air untuk tanah liat kira-kira 30%.
2. Air harus tidak sadah tidak mengandung garam yang larut di dalam air, seperti garam dapur.
3. Air cukup bersih, tidak mengandung bibit penyakit.

Dalam menentukan jumlah air dalam campuran batu bata dikenal suatu nilai yang disebut dengan FAS. Faktor air semen atau *water to cementious ratio* adalah rasio total berat air terhadap berat total campuran tanah liat dan abu kulit tebu. Fungsi dari FAS adalah:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memudahkan dalam pembuatan batu bata.

Untuk pembuatan batu bata FAS begitu penting digunakan agar tanah liat mempunyai sifat plastis yang sangat diperlukan dalam pembentukannya, yaitu pasir, bila susut bakar dan susut kering terlalu tinggi. (Sari, 2015)

2.6 Karakteristik

Untuk mengetahui sifat dan kemampuan suatu material maka perlu dilakukan pengujian dan analisis. Beberapa jenis pengujian dan analisis yang dibahas untuk keperluan penelitian ini antara lain: kuat tekan, daya serap air, dan densitas.

2.6.1 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. Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk batu bata pasangan dinding menurut SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Kuat tekan koefisien variasi batu bata merah untuk pasangan dinding

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 bata yang diuji [kg/cm ² (MPa)]	Koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji [%]
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Sumber: Handayani, 2010

Dengan demikian dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kuat tekan } (\sigma) = \frac{P}{A}$$

Dengan keterangan,

P : Beban Maksimum (N)

A : Luas bidang permukaan (m²)

σ : Tekanan (Pa)

2.6.2 Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada pemasangan batu bata dan adukan karena air pada adukan akan diserap oleh batu bata sehingga pengeras adukan tidak berfungsi dan dapat mengakibatkan kuat adukan menjadilemah. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada batu bata (batu bata tidak padat). Dalam menentukan daya serap air digunakan rumus sebagai berikut: (Handayani, 2010)

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

Dengan keterangan,

m_k = Massa batu bata kering (kg)

m_b = Massa batu bata setelah direndam dalam air selama 24 jam (kg)

Bata merupakan material yang bersifat higroskopis artinya mudah menyerap air. Bata yang berkualitas tinggi akan memiliki daya serap yang rendah

terhadap air dan kelembapan, sebaliknya bata yang berkualitas rendah akan memiliki daya serap yang tinggi terhadap air dan kelembapan. Sesuai SNI 15-2094-2000 batu bata dianggap baik bila memiliki daya serap air kurang dari 20%. (Susatyo, 2014)

2.6.3 Densitas

Densitas (ρ) adalah massa atau massa sampel yang terdapat dalam satu satuan volume. Densitas sering disebut sebagai massa jenis. Massa jenis atau biasa juga disebut dengan kerapatan bahan. Densitas yang diisyaratkan untuk digunakan adalah $1,2 \text{ g/cm}^3$ sesuai menurut SNI 15-2094-2000. Persamaan rumus yang digunakan dalam menghitung densitas atau massa jenis batu bata adalah: (Susatyo, 2014)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dengan keterangan :

ρ = Massa jenis (g/cm^3)

M = Massa kering bahan (g)

V = Volume bahan (cm^3)

2.7 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian Ervien Dwi Cahya Febrianto (2010) “Pengujian Kualitas Bata Merah Yang Menggunakan Abu Ampas Tebu Dengan Berbagai Persentase”. Penelitian ini menggunakan campuran penambahan abu ampas tebu, yaitu 0, 10, 15, 20, 25, dan 30% dari berat tanah liat. Proses pengolahan hingga pembakaran bata merah ditempat pengrajin bata merah, tepatnya dibuat di dusun Antirogo, kelurahan Antirogo, kecamatan Sumber Sari, kabupaten Jember. Bata merah (benda uji) tersebut dicetak dengan menggunakan cetakan kaca berukuran $23 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} \times 5,5 \text{ cm}$. Pengujian kualitas bata merah, meliputi pandangan luar (bentuk, warna, suara, dan berat), ukuran, dan kuat tekan. Hasil pengujian pandangan luar bata merah menunjukkan bata merah dengan penambahan abu ampas tebu sesuai dengan NI-10 dan SII-0021-78, Ukuran batu bata merah mempunyai selisih ukuran maksimum dan minimum yang masih diperbolehkan dengan nilai rata-rata untuk panjang 0,48 cm, lebar 0,22 cm, dan tebal 0,24 cm.

Berat rata-rata maksimum 1323,0 gram dengan pemakaian abu ampas tebu 0% sedangkan berat rata-rata minimum 1186,6 gram dengan pemakaian 30%, dapat diketahui bahwa semakin besar persentase abu ampas tebu maka semakin ringan bata merah tersebut. Sedangkan semakin tinggi daya hisap terhadap air dalam pasangan bata maka harus dilakukan perendaman. Pada absorpsi disimpulkan bahwa semua batu bata membahayakan bila menyerap air lebih banyak. Untuk pengujian kuat tekan mengalami peningkatan pada persentase 10% abu ampas tebu dengan 19,062 kg/cm². Akan tetapi kuat tekan bata merah akan semakin menurun pada persentase 15 - 30% abu ampas tebu. Dari hasil pengujian kualitas bata merah yang meliputi pandangan luar, ukuran dan kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu akan mempengaruhi kualitas bata merah.

Menurut penelitian Nuraisyah Siregar (2010) “Pemanfaatan Abu Pembakaran Ampas Tebu Dan Tanah Liat Pada Pembuatan Batu Bata”. Penelitian ini telah melakukan pembuatan batu bata lempung dengan campuran berupa abu pembakaran ampas tebu yang dicetak dengan cara pemadatan, pengeringan dan dibakar pada temperatur 300 - 400 °C. Setelah umur pengeringan 7, 14, dan 28 hari, dilakukan pengujian karakteristik sifat sifat mekanik dan fisis benda uji seperti; Kuat tekan, porositas, daya serap air dan susut kering. Batu bata dibuat dengan variasi campuran 0, 5, 10, 20, dan 30% abu ampas tebu terhadap tanah lempung dan dibandingkan hasilnya terhadap batu bata yang diproduksi oleh pabrik tradisional. Berdasarkan Standar Industri (SI No.21/51/1973), batu bata yang diproduksi pabrik setempat yang memiliki kuat tekan maksimal senilai 89 kg/cm² termasuk kelas batu bata standar mutu II, yaitu kuat tekan 80 - 100 kg/cm². Sedangkan kuat tekan batu bata dengan campuran abu ampas tebu yang memiliki kuat tekan maksimal pada variasi campuran 5% terhadap lempung diperoleh senilai 59,60 kg/cm², masih mendekati standar mutu III yaitu 60 - 80 kg/cm². Nilai porositas rata-rata adalah 14,857 - 23,479%. Penyerapan air rata-rata adalah 16,789 - 55,238%. Penyusutan kering adalah 3,17 - 9,17%.

Menurut penelitian Andi Wahyuni Ardi (2016) mengenai “Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air Dan Densitas Material Batu Bata Dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca”. Pada penelitian ini Proses pembuatan batu bata untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk limbah botol kaca terhadap uji kuat

tekan, daya serap air dan densitas pada material batu bata serta mengetahui perbandingan nilai komposisi penambahan agregat limbah botol kaca pada material batu bata yang menghasilkan kuat tekan, daya serap dan densitas yang sesuai dengan nilai standar. Penelitian ini menggunakan sampel uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 11 cm, lebar 11 cm dan tinggi 5 cm dengan komposisi serbuk botol kaca bervariasi 0, 10, 20, 30, dan 40%. Pembuatan batu bata dengan campuran tanah liat, pasir, air dan campuran serbuk limbah botol kaca, dalam proses pengeringan dilakukan 1-2 hari kemudian pembakaran di dalam tanur dengan suhu 900 °C selama 3,5 jam. Kemudian batu bata diuji tiga parameter yaitu kuat, daya serap air dan densitas. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh masing-masing uji parameternya yaitu nilai kuat tekan secara minimum 223,41 kg/cm² dan maksimumnya 253,37 kg/cm² (sesuai kategori kelas 200 sampai 250 menurut SII-0021-1978); nilai daya serap air diperoleh secara minimum 9,38 % dan maksimum 19,05 % (sesuai standar SII 15–2094–2000) dan nilai densitas diperoleh 1,48 - 1,64 gr/cm³ (sesuai standar SNI-03-4164-1996).

2.8 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah penambahan abu kulit tebu dan tanah liat (lempung) dengan komposisi pencampuran tertentu dapat mempengaruhi sifat fisis dan mekanik batu bata.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah abu kulit tebu. Sampel tersebut diuji untuk mengetahui hubungan karakteristik sifat fisis dan sifat mekanik dengan komposisi bahan.

3.1 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada semester ganjil T.A 2019/2020.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil, Jl. Perpustakaan No.19 Medan, Sumatera Utara dan pengujian sampel di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Jl. Tri Dharma, Universitas Sumatera Utara (USU)

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ayakan 100 mesh berfungsi untuk mengayak atau menyaring butiran bahan.
2. Neraca analitik berfungsi untuk mengukur berat bahan dan sampel.
3. *Furnace* berfungsi untuk membakar sampel.
4. Gelas ukur 500 ml berfungsi sebagai takaran dari perbandingan volume air dengan bahan.
5. Oven berfungsi memanaskan atau mengeringkan sampel.
6. UTM (*Universal Testing Machine*) berfungsi untuk pengujian kuat tekan sampel.
7. Mesin *Hot Press* berfungsi untuk press material yang digunakan supaya mendapatkan volume yang padat.

8. Jangka sorong berfungsi untuk mengukur diameter dan tinggi sampel.
9. Cetakan kubus ($3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$) berfungsi sebagai cetakan untuk sampel.

3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Lempung (tanah liat) dari pabrik bata merah mesin merbau, Deli Serdang
2. Abu kulit tebu
3. Air

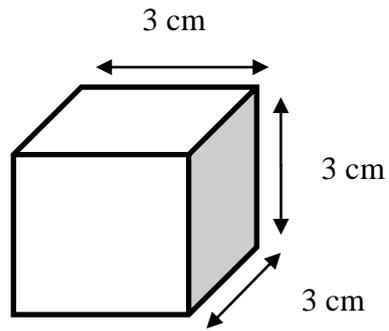
3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan batu bata berbahan tanah liat dengan variasi campuran abu kulit tebu yang kemudian diuji sesuai dengan standar SNI 15-2094-2000. Parameter yang diuji terdiri atas: kuat tekan, daya serap air, dan densitas. Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu kulit tebu dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu kulit tebu

Kode sampel uji	Komposisi campuran tanah liat dan abu kulit tebu	
	Tanah liat (%)	Abu kulit tebu (%)
A	100	0
B	90	10
C	80	20
D	70	30
E	60	40
F	50	50

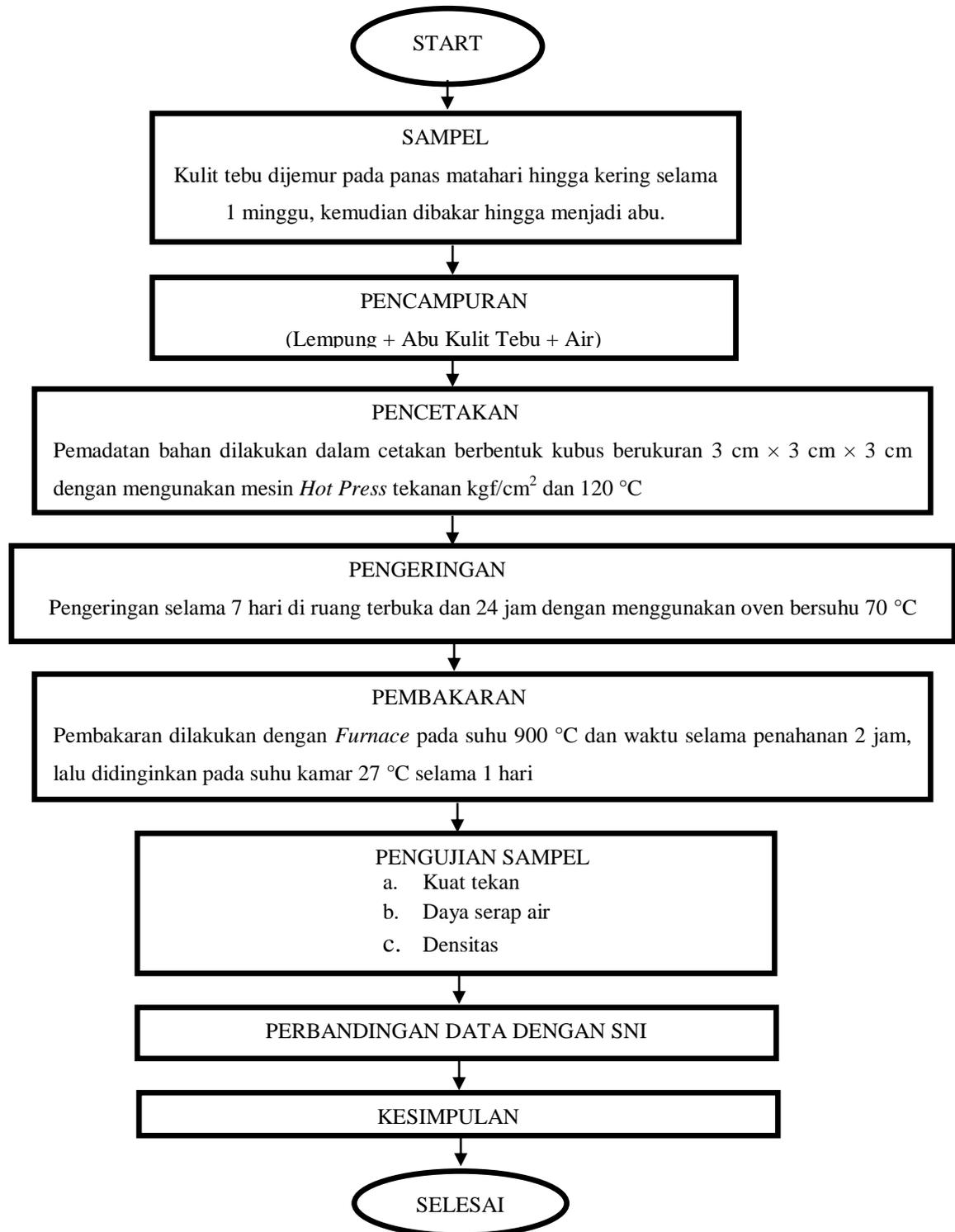
Berikut ini gambar bentuk cetakan sampel pengujian kuat tekan, daya serap air, dan densitas



Gambar 3.1 Batu bata ukuran 3 cm × 3 cm × 3 cm

3.5 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini disajikan bagan aliran penelitian yang menggambarkan proses pembuatan batu bata:



Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini adalah:

1. Menyiapkan bahan-bahan dasar pembuatan sampel uji berupa: tanah liat/lempung, abu kulit tebu dan air.
2. Bahan yang sudah disiapkan, kemudian ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Setiap bahan diaduk kemudian ditambahkan air secukupnya sehingga menjadi campuran yang homogen.
3. Bahan campuran sampel batu bata dicetak dan ditekan-tekan hingga memenuhi segala sudut cetakan dan cetakan benar-benar padat dengan menggunakan *Hot Press* kemudian lepaskan batu bata secara perlahan-lahan dari cetakan. Hasil Cetakan tersebut kemudian diberi tanda untuk masing-masing komposisi.
4. Proses pengeringan dilakukan selama 7 hari didalam ruang terbuka dan 24 jam dengan cara digunakan oven bersuhu 70 °C.
5. Setelah proses pengeringan, kemudian sampel dimasukkan ke *Furnace* dengan temperatur 900 °C dan waktu penahanan 2 jam. Setelah itu proses pendinginan pada suhu kamar 27 °C selama 1 hari.
6. Setelah proses pembakaran dan pendinginan, kemudian dilakukan pengujian sampel yang meliputi: kuat tekan, daya serap air dan densitas.

3.7 Proses Pengujian Sampel

Proses pengujian sampel batu bata meliputi: kuat tekan, daya serap air, dan densitas.

3.7.1 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batu bata dilakukan untuk mencari tahu kuat tekan hancur benda uji. Pengujian kuat tekan mengacu pada standar pengujian yaitu SNI 15-2094-2000. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah batu bata dibakar dengan suhu 900 °C kemudian didinginkan pada suhu kamar 27 °C selama 1 hari. Sampel

yang akan diuji berbentuk kubus ukuran 3 cm × 3 cm × 3 cm, diukur luas penampangnya kemudian di uji menggunakan alat uji kuat tekan yang bernama *Universal Testing Machine*. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap variasi campuran dengan cara memasukkan sampel diantara dua keping plat untuk ditekan sampai sampel menunjukkan keadaan retak.

3.7.2 Daya Serap Air

Pengukuran daya serap air ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan batu bata dalam menyerap air pada masing-masing variasi persentase dengan cara merendam pada suatu wadah yaitu baskom berisi air selama 24 jam. Pengujian daya serap air mengacu pada standar pengujian yaitu SNI 15-2094-2000. Sampel yang akan diuji berbentuk kubus ukuran 3 cm × 3 cm × 3 cm. Penentuan daya serap air pada batu bata dapat diperoleh dari hasil pengukuran massa kering dan massa basah yang masing-masing ditimbang menggunakan neraca analitik.

3.7.3 Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan cara sampel batu bata yang telah dibakar kemudian ditimbang massa menggunakan neraca analitik dan mencari volumenya. Densitas yang diisyaratkan untuk digunakan adalah 1,2 g/cm³ sesuai menurut SNI 15-2094-2000. Sampel yang akan diuji berbentuk kubus ukuran 3 cm × 3 cm × 3 cm.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batu bata dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* untuk mencari tahu kuat tekan hancur benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Hasil Kuat Tekan

Variasi Campuran Abu Kulit Tebu	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)	SNI 15-2094-2000 (MPa)
0%	408	5,71	(5 kelas 50)
	443		
	426		
10%	375	5,57	
	352		
	400		
20%	274	4,43	
	303		
	318		
30%	286	3,49	
	259		
	217		
40%	182	2,79	
	200		
	153		
50%	135	1,88	
	159		
	109		

Dari tabel 4.1. dapat dilihat bahwa variasi campuran abu kulit tebu 0 dan 10% dengan besar kuat tekan 5,71 dan 5,57 MPa sesuai dengan SNI 15-2094-2000 pada kelas 50 sedangkan pada variasi campuran 20, 30, 40, dan 50% dengan besar kuat tekan secara berturut-turut adalah: 4,43, 3,49, 2,79, dan 1,88 MPa belum sesuai dengan SNI 15-2094-2000 karena kuat tekan yang dihasilkan kurang dari nilai kuat tekan SNI 15-2094-2000 kelas 50 yang sebesar 5,0 MPa.

4.1.2 Daya Serap Air

Pengukuran daya serap air (*water absorbtion*) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya serap air sampel. Data hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Hasil Daya Serap Air

Variasi Campuran Abu Kulit Tebu	Daya Serap Air (%)	Rata-rata Daya Serap Air (%)	SNI 15-2094-2000
0%	14,48	13,05	< 20%
	11,77		
	12,92		
10%	16,30	13,96	
	13,60		
	11,98		
20%	11,03	14,09	
	15,38		
	15,86		
30%	15,81	14,78	
	14,72		
	13,82		
40%	15,99	16,10	
	16,50		
	15,82		
50%	17,96	16,53	
	17,17		
	14,41		

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa seluruh variasi campuran abu kulit 0, 10, 20, 30, 40, dan 50% dengan daya serap air secara berturut-turut 13,05, 13,96, 14,09, 14,78, 16,10, dan 16,53% memenuhi standar SNI 15-2094-2000 dimana nilai densitas yang disyaratkan dalam SNI 15-2094-2000 adalah < 20%.

4.1.3 Densitas

Pengukuran densitas bertujuan mengukur massa jenis sampel. Data hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Hasil Densitas

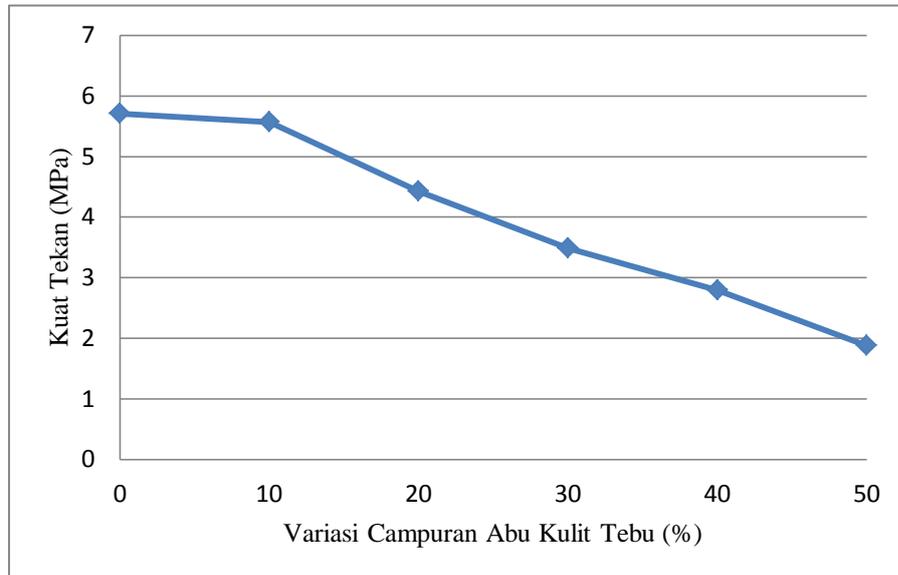
Variasi Campuran Abu Kulit Tebu	Densitas (g/cm ³)	Rata-rata Densitas (g/cm ³)	SNI 15-2094-2000 (g/cm ³)
0%	1,60	1,60	1,2 g/cm ³
	1,62		
	1,58		
10%	1,69	1,64	
	1,52		
	1,72		
20%	1,83	1,71	
	1,69		
	1,61		
30%	1,78	1,77	
	1,77		
	1,77		
40%	1,52	1,59	
	1,77		
	1,50		
50%	1,50	1,50	
	1,51		
	1,49		

Berdasarkan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa variasi campuran abu kulit 0, 10, 20, 30, 40, dan 50% dengan nilai densitas 1,60, 1,64, 1,71, 1,77, 1,59, dan 1,50 g/cm³ memenuhi standar SNI 15-2094-2000 dimana nilai densitas yang disyaratkan dalam SNI 15-2094-2000 adalah 1,2 g/cm³.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kuat Tekan

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan, diperoleh grafik sebagai berikut:

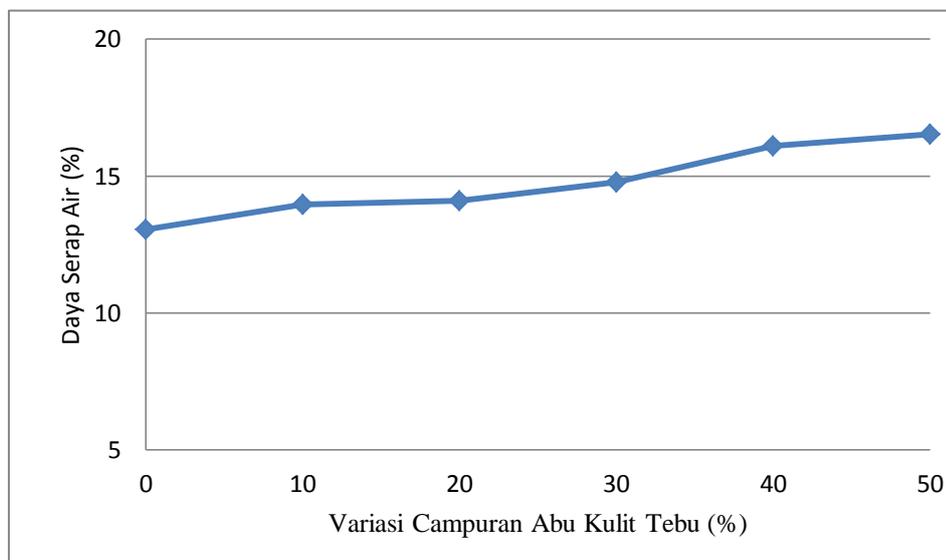


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Kuat Tekan Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Kulit Tebu

Dari grafik gambar 4.1, terlihat bahwa kuat tekan pada batu bata mengalami penurunan seiring dengan penambahan abu kulit tebu. Penurunan kuat tekan terjadi pada campuran abu kulit tebu 10 - 50%. Hal ini karena abu kulit tebu mampu mensubstitusi partikel tanah liat sehingga gumpalan tanah liat yang terbentuk menjadi padat karena butiran-butiran tanah liat saling menyatu dengan abu kulit tebu. Akan tetapi dengan semakin banyaknya abu kulit tebu yang ditambahkan terjadi penurunan kuat tekan pada batu bata karena bata yang dihasilkan memiliki kekuatan yang rendah dan tidak tahan air disebabkan partikel-partikel abu kulit tebu akan mudah terurai jika terendam dalam air.

4.2.2 Daya Serap Air

Berdasarkan data hasil pengukuran daya serap air, diperoleh grafik sebagai berikut:

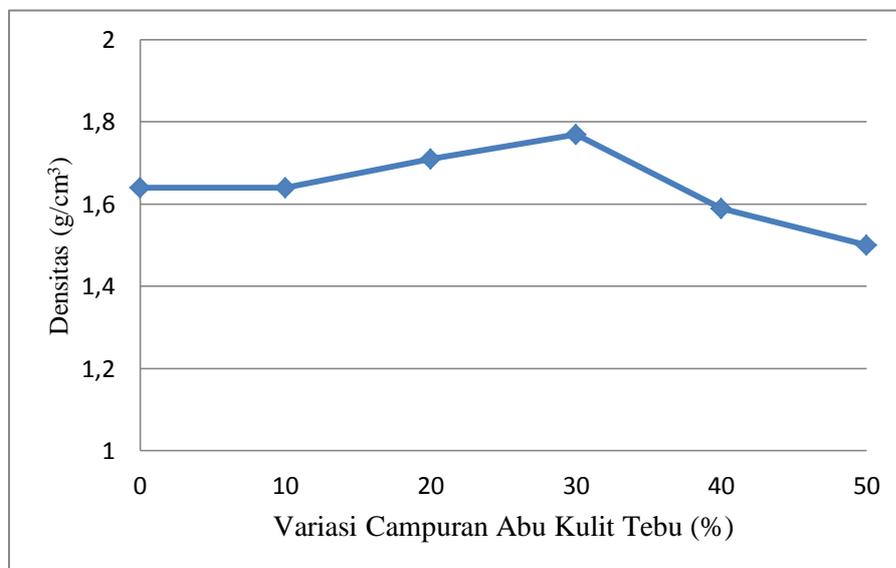


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Daya Serap Air Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Kulit Tebu

Dari grafik gambar 4.2, terlihat bahwa daya serap pada batu bata mengalami kenaikan seiring dengan penambahan abu kulit tebu. Diketahui dengan adanya penambahan abu kulit tebu sangat berpengaruh terhadap daya serap air, dimana diperoleh daya serap air semakin tinggi setelah dilakukan penambahan campuran abu kulit tebu 10 - 50%. Hal ini disebabkan bahwa pada proses pembakaran batu bata yang menggunakan bahan campuran abu kulit tebu 10 - 50% menghasilkan batu bata yang mudah terbakar. Sehingga terdapat pori yang menyebabkan batu bata bila direndam dalam air 1 x 24 jam akan memiliki daya serap air lebih tinggi. Semakin banyak abu kulit tebu yang ditambahkan maka pori batu bata semakin besar sehingga sangat mempengaruhi kenaikan daya serap air.

4.2.3 Densitas

Berdasarkan data hasil pengukuran densitas, diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Densitas Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Kulit Tebu

Dari grafik gambar 4.3, terlihat bahwa densitas pada batu bata mengalami kenaikan seiring dengan penambahan abu kulit tebu variasi 10 – 30% dan mengalami penurunan densitas terjadi pada campuran abu kulit tebu 40 dan 50%. Oleh karena itu, penambahan abu kulit tebu dapat memperkecil nilai densitas sehingga massa batu bata menjadi lebih ringan. Hal ini sesuai dengan hubungan dimana semakin kecil densitas, maka menghasilkan daya serap air semakin besar sehingga kekuatan batu bata cenderung akan menurun. Walaupun menghasilkan persentase daya serap air yang lebih besar, akan tetapi nilai persentase daya serap air dan densitas yang dihasilkan masih memenuhi syarat SNI 15-2094-2000.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan abu kulit tebu berpengaruh terhadap karakteristik batu bata yang dihasilkan. Penambahan abu kulit tebu pada komposisi pencampuran 10 – 50% menyebabkan penurunan pada nilai kuat tekan dan peningkatan nilai daya serap air. Nilai densitas pada komposisi pencampuran 10 – 30% mengalami peningkatan dan pada komposisi 40 dan 50% kembali penurunan. Kuat tekan pada campuran 0 dan 10% memenuhi SNI 15-2094-2000 yaitu sebesar 5,71 dan 5,57 MPa. Nilai daya serap air pada komposisi 0 – 50% memenuhi nilai SNI 15-2094-2000 yaitu masing-masing sebesar 13,05, 13,96, 14,09, 14,78, 16,10, dan 16,53%. Nilai densitas pada komposisi 0 – 50% memenuhi nilai SNI 15-2094-2000 yaitu masing-masing sebesar 1,60, 1,64, 1,71, 1,77, 1,59, dan 1,50 g/cm³.
2. Batu bata dengan karakteristik optimal diperoleh pada komposisi pencampuran abu kulit tebu dan tanah liat sebesar 10%:90%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan penulis adalah:

1. Hendaknya pengeringan batu bata dilakukan secara bervariasi misalnya 7 hari, 14 hari dan 28 hari, agar dapat diketahui apakah faktor waktu dapat mempengaruhi nilai kuat tekan, daya serap air dan densitas batu bata.
2. Mencari referensi pendukung mengenai *hot press* dalam penelitianian batu bata.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, Andi Wahyuni. 2016. *Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air Dan Densitas Material Batu Bata Dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca* [Skripsi]. Makassar: UIN ALAUDDIN Makassar.
- Darmono., dan Sukarman. 2011. *Pengaruh Penambahan Serat Ampas Tebu Giling Manual Dan Giling Pabrik Terhadap Kualitas Eternit*. Jurnal Teknil Sipil dan Perencanaan. Vol 7. No.1.
- Dinata, M. Tahta., dkk. 2013. *Studi Pengaruh Lama Waktu Proses Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Setelah Penambahan Bahan Additive ISS 2500 (Ionic Soil Stabilizer)*. Jurnal Rekyasa Sipil dan Desain. Vol 1. No 1.
- Elianora. 2010. *Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan Pasir Sebagai Bahan Campuran Batu Bata*. Jurnal Teknobiologi. Vol. 1. Vol. 2. ISSN: 2087-5428
- Febriantama, Aria. 2016. *Analisis Pengaruh Penambahan Zat Additive ISS 2500 Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Dengan dan Tanpa Proses Pembakaran* [Skripsi]. Lampung: Universitas Lampung.
- Febrianto Ervien Dwi Cahya. 2010. *Pengujian Kualitas Bata Merah Yang Menggunakan Abu Ampas Tebu Dengan Berbagai Persentase* [Skripsi]. Jawa Timur: Universitas Jember.
- Handayani, Sri. 2010. *Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji*. Jurnal Teknil Sipil dan Perencanaan. Vol 12. No 1.
- Hasan, Muhammad Thaib., dkk. 2015. *Peningkatan Produktivitas Kerja Dengan Menggunakan Metode Work Sampling Pada Industri Batu Bata*. Jurnal Teknil Industri. Vol 2. No.2.
- Hastutiningrum, Sri. 2013. *Proses Pembuatan Batu Bata Berpori dari Tanah Liat dan Kaca*. Jurnal Teknologi Technosciantia. Vol 5. No.2. ISSN: 1979-8415
- Huda, Miftakhul., dan Erna Hastuti. 2012. *Pengaruh Temperature Pembakaran Dan Penambahan Abu Terhadap Kualitas Batu Bata*. Jurnal Neutrino. Vol 4. No 2.

- Noerwasito, V. Totok. 2004. *Abu Tebu Limbah Pabrik Gula, Bata Efisien Energi*.
Jurnal Fakultas Arsitektur. Vol. 32. No. 1.
- Pramono, Susatyo Adi. 2014. *Sampah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batu Bata*. Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto. Hal. 275-295. ISBN: 978-602-8047-99-9
- Sari, Rosie Arizki Intan. 2015. *Pengaruh Jumlah Semen dan FAS Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat yang Berasal dari Sungai*. Jurnal Sipil Statik. Vol. 3. No 1.
- Siregar, Nuraisyah. 2010. *Pemanfaatan Abu Pembakaran Ampas Tebu Dan Tanah Liat Pada Pembuatan Batu Bata* [Skripsi]. Medan: USU.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *Batu Bata Pejal Untuk Pasangan Dinding*. SNI 15-2094-2000
- Witono Johannes Anton, 2005. *Produksi Furfural Dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia*

LAMPIRAN 1
DATA PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN

1. Pengujian Kuat Tekan

Variasi Campuran	Luas (cm)	Beban Tekan (kgf)
0%	2,7	408
	2,7	443
	2,7	426
10%	2,6	375
	2,5	352
	2,6	400
20%	2,5	274
	2,6	303
	2,6	318
30%	2,7	286
	2,7	259
	2,6	217
40%	2,5	182
	2,5	200
	2,5	153
50%	2,6	135
	2,7	159
	2,6	109

A. Untuk Variasi Campuran 0%

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Beban maksimum (P)} &= 408 \text{ kgf} \\
 &= 408 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 &= 3998,4 \text{ N} \\
 s &= 2,7 \text{ cm} = 27 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
 &= 27 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} \\
 &= 729 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,000729 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{3998,4 \text{ N}}{0,000729 \text{ m}^2} = 5484773,66 \text{ Pa}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Beban maksimum (P)} &= 443 \text{ kgf} \\
 &= 443 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

$$= 4341,4 \text{ N}$$

$$s = 2,7 \text{ cm} = 27 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bidang permukaan (A)} = s \times s$$

$$= 27 \text{ mm} \times 27 \text{ mm}$$

$$= 729 \text{ mm}^2$$

$$= 0,000729 \text{ m}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4341,4 \text{ N}}{0,000729 \text{ m}^2} = 5955281,20 \text{ Pa}$$

$$3. \text{ Beban maksimum (P)} = 426 \text{ kgf}$$

$$= 426 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 4174,8 \text{ N}$$

$$s = 2,7 \text{ cm} = 27 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bidang permukaan (A)} = s \times s$$

$$= 27 \text{ mm} \times 27 \text{ mm}$$

$$= 729 \text{ mm}^2$$

$$= 0,000729 \text{ m}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4174,8 \text{ N}}{0,000729 \text{ m}^2} = 5726748,87 \text{ Pa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{5,48 \text{ MPa} + 5,95 \text{ MPa} + 5,72 \text{ MPa}}{3} \\ &= 5,71 \text{ MPa} \end{aligned}$$

B. Untuk Variasi Campuran 10%

$$1. \text{ Beban maksimum (P)} = 375 \text{ kgf}$$

$$= 375 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 3675 \text{ N}$$

$$s = 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\
&= 676 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000676 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{3675 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 5436390,53 \text{ Pa} \\
&= 5,43 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \text{ Beban maksimum (P)} &= 352 \text{ kgf} \\
&= 352 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
&= 3449,6 \text{ N} \\
s &= 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\
&= 625 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000625 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{3449,6 \text{ N}}{0,000625 \text{ m}^2} = 5519360 \text{ Pa} \\
&= 5,51 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \text{ Beban maksimum (P)} &= 400 \text{ kgf} \\
&= 400 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
&= 3920 \text{ N} \\
s &= 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\
&= 676 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000676 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{3920 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 5798816,56 \text{ Pa}
\end{aligned}$$

$$= 5,79 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{5,43 \text{ MPa} + 5,51 \text{ MPa} + 5,79 \text{ MPa}}{3} \\ &= 5,57 \text{ MPa} \end{aligned}$$

C. Untuk Variasi Campuran 20%

$$\begin{aligned} 1. \text{ Beban maksimum (P)} &= 274 \text{ kgf} \\ &= 274 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 2685,2 \text{ N} \\ s &= 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\ &= 625 \text{ mm}^2 \\ &= 0,000625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{2685,2 \text{ N}}{0,000625 \text{ m}^2} = 4296320 \text{ Pa} \\ &= 4,29 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Beban maksimum (P)} &= 303 \text{ kgf} \\ &= 303 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 2969,4 \text{ N} \\ s &= 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\ &= 676 \text{ mm}^2 \\ &= 0,000676 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{2969,4 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 4392603,55 \text{ Pa} \\ &= 4,39 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \text{ Beban maksimum (P)} &= 318 \text{ kgf} \\
&= 318 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
&= 3116,4 \text{ N} \\
s &= 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\
&= 676 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000676 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{3116,4 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 4610059,17 \text{ Pa} \\
&= 4,61 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{4,29 \text{ MPa} + 4,39 \text{ MPa} + 4,61 \text{ MPa}}{3} \\
&= 4,43 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

D. Untuk Variasi Campuran 30%

$$\begin{aligned}
1. \text{ Beban maksimum (P)} &= 286 \text{ kgf} \\
&= 286 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
&= 2802,8 \text{ N} \\
s &= 2,7 \text{ cm} = 27 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 27 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} \\
&= 729 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000729 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{P}{A} = \frac{2802,8 \text{ N}}{0,000729 \text{ m}^2} = 3844718,79 \text{ Pa} \\
&= 3,84 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \text{ Beban maksimum (P)} &= 254 \text{ kgf} \\
&= 254 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
&= 2538,2 \text{ N} \\
s &= 2,7 \text{ cm} = 27 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 27 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} \\
&= 729 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000729 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma = \frac{P}{A} &= \frac{2538,2 \text{ N}}{0,000729 \text{ m}^2} = 3481755,82 \text{ Pa} \\
&= 3,48 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \text{ Beban maksimum (P)} &= 217 \text{ kgf} \\
&= 217 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
&= 2126,6 \text{ N} \\
s &= 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
&= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} = 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\
&= 676 \text{ mm}^2 \\
&= 0,000676 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
\sigma = \frac{P}{A} &= \frac{2126,6 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 3145857,98 \text{ Pa} \\
&= 3,14 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{3,84 \text{ MPa} + 3,48 \text{ MPa} + 3,14 \text{ MPa}}{3} \\
&= 3,49 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

E. Untuk Variasi Campuran 40%

$$\begin{aligned} 1. \text{ Beban maksimum (P)} &= 182 \text{ kgf} \\ &= 182 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 1783,6 \text{ N} \\ s &= 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\ &= 625 \text{ mm}^2 \\ &= 0,000625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{1783,6 \text{ N}}{0,000625 \text{ m}^2} = 2853760 \text{ Pa} \\ &= 2,85 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Beban maksimum (P)} &= 200 \text{ kgf} \\ &= 200 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 1960 \text{ N} \\ s &= 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\ &= 625 \text{ mm}^2 \\ &= 0,000625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{1960 \text{ N}}{0,000625 \text{ m}^2} = 3136000 \text{ Pa} \\ &= 3,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Beban maksimum (P)} &= 153 \text{ kgf} \\ &= 153 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 1499,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$s = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\ &= 625 \text{ mm}^2 \\ &= 0,000625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{1499,4 \text{ N}}{0,000625 \text{ m}^2} = 2399040 \text{ Pa} \\ &= 2,39 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{2,85 \text{ MPa} + 3,13 \text{ MPa} + 2,39 \text{ MPa}}{3} \\ &= 2,79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

F. Untuk Variasi Campuran 50%

$$\begin{aligned} 1. \text{ Beban maksimum (P)} &= 135 \text{ kgf} \\ &= 135 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 1323 \text{ N} \\ s &= 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\ &= 676 \text{ mm}^2 \\ &= 0,000676 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{1323 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 1957100,59 \text{ Pa} \\ &= 1,95 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Beban maksimum (P)} &= 159 \text{ kgf} \\ &= 159 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 1558,2 \text{ N} \\ &= 2538,2 \text{ N} \\ s &= 2,7 \text{ cm} = 27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
 &= 27 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} \\
 &= 729 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,000729 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{1558,2 \text{ N}}{0,000729 \text{ m}^2} = 2137448,56 \text{ Pa} \\
 &= 2,13 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban maksimum (P)} &= 109 \text{ kgf} \\
 &= 109 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 &= 1068,2 \text{ N} \\
 s &= 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
 &= 26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \\
 &= 676 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,000676 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan 2.1:

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{1068,2 \text{ N}}{0,000676 \text{ m}^2} = 1580177,51 \text{ Pa} \\
 &= 1,58 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{1,95 \text{ MPa} + 2,13 \text{ MPa} + 1,58 \text{ MPa}}{3} \\
 &= 1,88 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Daya Serap Air

Variasi Campuran	Massa Kering (gram)	Massa Basah (gram)
0%	31,61	36,19
	32,03	35,80
	31,18	35,21
10%	29,74	34,59
	30,00	34,08
	30,29	33,92
20%	28,60	33,10
	29,81	33,00
	28,31	32,80
30%	27,89	32,30
	27,71	31,79
	27,71	31,54
40%	26,76	31,04
	26,36	30,71
	26,16	30,30
50%	25,11	29,62
	25,45	29,82
	26,22	30,00

A. Untuk Variasi Campuran 0%

1. Massa batu bata kering $m_k = 31,61$ g

Massa batu bata kering $m_b = 36,19$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{36,19 \text{ g} - 31,61 \text{ g}}{31,61 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 14,48\% \end{aligned}$$

2. Massa batu bata kering $m_k = 32,03$ g

Massa batu bata kering $m_b = 35,80$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{35,80 \text{ g} - 32,03 \text{ g}}{32,03 \text{ g}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 11,77\%$$

3. Massa batu bata kering $m_k = 31,18 \text{ g}$

Massa batu bata kering $m_b = 35,21 \text{ g}$

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{35,21 \text{ g} - 31,18 \text{ g}}{31,18 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 12,82\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air Rata - rata} &= \frac{14,48\% + 11,77\% + 12,92\%}{3} \\ &= 13,05\% \end{aligned}$$

B. Untuk Variasi Campuran 10%

1. Massa batu bata kering $m_k = 29,74 \text{ g}$

Massa batu bata kering $m_b = 34,59 \text{ g}$

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{29,74 \text{ g} - 34,59 \text{ g}}{34,59 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 16,30\% \end{aligned}$$

2. Massa batu bata kering $m_k = 30,00 \text{ g}$

Massa batu bata kering $m_b = 34,08 \text{ g}$

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{34,08 \text{ g} - 30,00 \text{ g}}{30,00 \text{ g}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 13,6\%$$

3. Massa batu bata kering $m_k = 30,29$ g

Massa batu bata kering $m_b = 33,92$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{33,92 \text{ g} - 30,29 \text{ g}}{30,29 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 11,98\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air Rata - rata} &= \frac{16,30\% + 13,6\% + 11,98\%}{3} \\ &= 13,96\% \end{aligned}$$

C. Untuk Variasi Campuran 20%

1. Massa batu bata kering $m_k = 29,81$ g

Massa batu bata kering $m_b = 33,10$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{33,10 \text{ g} - 29,81 \text{ g}}{29,81 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 11,03\% \end{aligned}$$

2. Massa batu bata kering $m_k = 28,60$ g

Massa batu bata kering $m_b = 33,00$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{33,00 \text{ g} - 28,60 \text{ g}}{28,60 \text{ g}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 15,38\%$$

3. Massa batu bata kering $m_k = 28,31$ g

Massa batu bata kering $m_b = 32,80$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{32,80 \text{ g} - 28,31 \text{ g}}{28,31 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 15,86\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air Rata - rata} &= \frac{11,03\% + 15,38\% + 15,86\%}{3} \\ &= 14,09\% \end{aligned}$$

D. Untuk Variasi Campuran 30%

1. Massa batu bata kering $m_k = 27,89$ g

Massa batu bata kering $m_b = 32,30$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{32,30 \text{ g} - 27,89 \text{ g}}{27,89 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 15,81\% \end{aligned}$$

2. Massa batu bata kering $m_k = 27,71$ g

Massa batu bata kering $m_b = 31,79$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{31,79 \text{ g} - 27,71 \text{ g}}{27,71 \text{ g}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 14,72\%$$

3. Massa batu bata kering $m_k = 27,71$ g

Massa batu bata kering $m_b = 31,54$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{31,54 \text{ g} - 27,71 \text{ g}}{27,71 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 13,82\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air Rata - rata} &= \frac{15,81\% + 14,72\% + 13,82\%}{3} \\ &= 14,78\% \end{aligned}$$

E. Untuk Variasi Campuran 40%

1. Massa batu bata kering $m_k = 26,76$ g

Massa batu bata kering $m_b = 31,04$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{31,04 \text{ g} - 26,76 \text{ g}}{26,76 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 15,99\% \end{aligned}$$

2. Massa batu bata kering $m_k = 26,36$ g

Massa batu bata kering $m_b = 30,71$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{30,71 \text{ g} - 26,36 \text{ g}}{26,36 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 16,50\% \end{aligned}$$

3. Massa batu bata kering $m_k = 26,16 \text{ g}$

Massa batu bata kering $m_b = 30,30 \text{ g}$

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{30,30 \text{ g} - 26,16 \text{ g}}{26,16 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 15,82\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air Rata - rata} &= \frac{15,99\% + 16,50\% + 15,82\%}{3} \\ &= 16,10\% \end{aligned}$$

F. Untuk Variasi Campuran 50%

1. Massa batu bata kering $m_k = 25,11 \text{ g}$

Massa batu bata kering $m_b = 29,62 \text{ g}$

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{29,62 \text{ g} - 25,11 \text{ g}}{25,11 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 17,96\% \end{aligned}$$

2. Massa batu bata kering $m_k = 25,45 \text{ g}$

Massa batu bata kering $m_b = 29,82 \text{ g}$

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{29,82 \text{ g} - 25,45 \text{ g}}{25,45 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 17,17\% \end{aligned}$$

3. Massa batu bata kering $m_k = 26,22$ g

Massa batu bata kering $m_b = 30,00$ g

Besar daya serap air sampel berdasarkan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air} &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{30,00 \text{ g} - 26,22 \text{ g}}{26,22 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 14,41\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air Rata - rata} &= \frac{17,96\% + 17,17\% + 14,41\%}{3} \\ &= 16,53\% \end{aligned}$$

3. Densitas

Variasi Campuran	Massa (gram)	Volume (cm ³)	Sisi (cm)
0%	31,61	19,68	2,7
	32,03	19,68	2,7
	31,18	19,68	2,7
10%	29,74	17,57	2,6
	30,00	19,68	2,7
	30,29	17,57	2,6
20%	28,60	15,62	2,5
	29,81	17,57	2,6
	28,31	17,57	2,6
30%	27,89	15,62	2,5
	27,71	15,62	2,5
	27,71	15,62	2,5
40%	26,85	17,57	2,6
	27,76	15,62	2,5
	26,36	17,57	2,6
50%	26,61	17,57	2,6
	26,45	17,57	2,6
	26,22	17,57	2,6

A. Untuk Variasi Campuran 0%

1. Massa kering bahan (m) = 31,61 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm}$
= $19,58 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{31,61 \text{ g}}{19,58 \text{ cm}^3}$$
$$= 1,60 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa kering bahan (m) = 32,03 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm}$
= $19,58 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{32,03 \text{ g}}{19,58 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,62 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa kering bahan (m) = 31,18 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm}$
= $19,58 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{31,18 \text{ g}}{19,58 \text{ cm}^3}$$
$$= 1,58 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\text{Densitas Rata - rata} = \frac{1,60 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,62 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,58 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{3}$$
$$= 1,60 \text{ g/cm}^3$$

B. Untuk Variasi Campuran 10%

1. Massa kering bahan (m) = 29,74 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$
= $17,57 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{29,74 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3}$$
$$= 1,69 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa kering bahan (m) = 30,00 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm}$
= $19,68 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{30,00 \text{ g}}{19,68 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,52 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa kering bahan (m) = 30,29 g
 Volume bahan (V) = S^3
 $= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$
 $= 17,57 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{30,29 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,72 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\text{Densitas Rata - rata} = \frac{1,69 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,52 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,72 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{3}$$

$$= 1,64 \text{ g/cm}^3$$

C. Untuk Variasi Campuran 20%

1. Massa kering bahan (m) = 28,60 g
 Volume bahan (V) = S^3
 $= 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$
 $= 15,62 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{28,60 \text{ g}}{15,62 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,83 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa kering bahan (m) = 29,81 g
 Volume bahan (V) = S^3
 $= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$
 $= 17,57 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{29,81 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3} \\ = 1,69 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa kering bahan (m) = 28,31 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$
= $17,57 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{28,31 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3} \\ = 1,61 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\text{Densitas Rata - rata} = \frac{1,83 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,69 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,61 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{3} \\ = 1,71 \text{ g/cm}^3$$

D. Untuk Variasi Campuran 30%

1. Massa kering bahan (m) = 27,89 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$
= $15,62 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{27,89 \text{ g}}{15,62 \text{ cm}^3} \\ = 1,78 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa kering bahan (m) = 27,71 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$

$$= 15,62 \text{ cm}^3$$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{27,71 \text{ g}}{15,62 \text{ cm}^3} \\ = 1,77 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa kering bahan (m) = 27,71 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$
= $15,62 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{27,71 \text{ g}}{19,68 \text{ cm}^3} \\ = 1,77 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\text{Densitas Rata - rata} = \frac{1,78 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{3} \\ = 1,77 \text{ g/cm}^3$$

E. Untuk Variasi Campuran 40%

1. Massa kering bahan (m) = 26,85 g
Volume bahan (V) = S^3
= $2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$
= $17,57 \text{ cm}^3$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{26,85 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3} \\ = 1,52 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa kering bahan (m) = 27,76 g
Volume bahan (V) = S^3

$$= 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$$

$$= 15,62 \text{ cm}^3$$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{27,76 \text{ g}}{15,62 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,77 \text{ g/cm}^3$$

3. Massa kering bahan (m) = 26,36 g

Volume bahan (V) = S^3

$$= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$$

$$= 17,57 \text{ cm}^3$$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{26,36 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,50 \text{ g/cm}^3$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\text{Densitas Rata - rata} = \frac{1,52 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,50 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{3}$$

$$= 1,59 \text{ g/cm}^3$$

F. Untuk Variasi Campuran 50%

1. Massa kering bahan (m) = 26,61 g

Volume bahan (V) = S^3

$$= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm}$$

$$= 17,57 \text{ cm}^3$$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{26,61 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,51 \text{ g/cm}^3$$

2. Massa kering bahan (m) = 26,45 g

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bahan (V)} &= S^3 \\
 &= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \\
 &= 17,57 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{V} = \frac{26,45 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3} \\
 &= 1,50 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$3. \text{ Massa kering bahan (m)} = 26,22 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bahan (V)} &= S^3 \\
 &= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \\
 &= 17,57 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Besar densitas sampel berdasarkan persamaan 2.3:

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{m}{V} = \frac{26,22 \text{ g}}{17,57 \text{ cm}^3} \\
 &= 1,49 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas Rata - rata} &= \frac{1,51 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,50 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} + 1,49 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{3} \\
 &= 1,50 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2
GAMBAR ALAT-ALAT PENELITIAN

1. Ayakan 100 Mesh



2. Neraca Analitik



3. *Furnace*



4. Oven



5. UTM (*Universal Testing Machine*)



6. Jangka Sorong



7. Mesin *Hot Press*



8. Cetakan kubus (3 cm × 3 cm × 3cm)



9. Gelas Ukur 500 ml



LAMPIRAN 3
GAMBAR BAHAN DAN SAMPEL

1. Kulit Tebu



2. Abu Kulit Tebu



3. Tanah Liat



4. Sampel Batu Bata

