

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SABUT KELAPA
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK
BATU BATA**

SKRIPSI

**ANGGUN HERMI PALUPI
75153009**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SABUT KELAPA
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK
BATU BATA**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains

**ANGGUN HERMI PALUPI
75153009**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

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	: Anggun Hermi Palupi
Nomor Induk Mahasiswa	: 75153009
Program Studi	: Fisika
Judul	: Pengaruh Penambahan Abu Sabut Kelapa Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Batu Bata

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

Medan, 11 November 2019 M
15 Rabiul Awal 1441 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,

Pembimbing Skripsi II,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Anggun Hermi Palupi
Nomor Induk Mahasiswa : 75153009
Program Studi : Fisika
Judul : Pengaruh Penambahan Abu Sabut Kelapa
Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Batu Bata

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian 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, 11 November 2019

Materai 6000

Anggun Hermi Palupi
NIM. 75153009

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk: (i) mengetahui pengaruh penambahan abu sabut kelapa terhadap sifat fisis dan mekanik batu bata, (ii) mengetahui komposisi abu sabut kelapa dengan tanah liat (lempung) untuk menghasilkan batu bata dengan sifat fisis dan mekanik yang optimal, dan (iii) mengetahui aplikasi dari batu bata yang dihasilkan. Variasi komposisi abu sabut kelapa dan tanah liat yang digunakan adalah 0% : 100%, 5% : 95%, 10% : 90%, 15% : 85%, dan 20% : 80%. Metode karakterisasi yang digunakan adalah pengujian susut bakar, pengujian daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah. Penambahan abu sabut kelapa pada batu bata berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanik batu bata. penambahan abu sabut kelapa pada variasi campuran 5 - 20% menyebabkan nilai daya serap air meningkat. Sedangkan pada susut bakar dan kuat tekan menurun. Pada variasi campuran 0 - 5% nilai kuat patah meningkat dan menurun kembali pada variasi campuran 10 - 20%. Hasil pengujian susut bakar yang memenuhi SNI 15-2094-2000 terdapat di variasi campuran abu sabut kelapa 0 - 20% dengan nilai susut bakar secara berturut-turut 12,49, 9,53, 8,89, 8,89, dan 7,78%. Hasil pengujian daya serap air yang memenuhi standar SNI 15-2094-2000 terdapat pada variasi campuran 0 - 10% dengan nilai daya serap air secara berturut-turut: 14,47%, 15,23%, dan 16,63%. Hasil pengujian kuat tekan yang memenuhi SNI 15-2094-2000 terdapat pada variasi campuran abu sabut kelapa 0% dan 5% dengan besar kuat tekan 53,09 kg/cm² dan 50,02 kg/cm². Pada pengujian kuat patah yang memenuhi standar ASTM C-67 terdapat pada variasi campuran abu sabut kelapa 0%, 10%, 15% dan 20% dengan nilai kuat patah secara berturut-turut adalah 3,2 MPa, 3,5MPa, 2,4 MPa, dan 2,1 MPa. Dengan nilai daya serap air yang besar, batu bata disarankan digunakan sebagai dinding dalam dan tidak bisa digunakan sebagai dinding muka.

Kata kunci: Abu Sabut Kelapa, Batu bata, Susut Bakar dan Tanah Liat (lempung).

ABSTRACT

Research has been conducted which aims to: (i) determine the effect of adding coconut coir ash to the physical and mechanical properties of bricks, (ii) knowing the composition of coconut coir ash with clay (clay) to produce bricks with optimal physical and mechanical properties, and (iii) knowing the application of the bricks produced. The variation in composition of coconut coir ash and clay used is 0%: 100%, 5%: 95%, 10%: 90%, 15%: 85%, and 20%: 80%. The characterization method used is the shrinkage testing, water absorption test, compressive strength testing, and fracture strength testing. The addition of coconut coir ash to the brick effect on the physical and mechanical properties of the brick. The addition of coconut coir ash in a mixture of 5-20% causes the water absorption value to increase. Whereas the shrinkage and compressive strength decreased. In the mixture variation 0 - 5% the strength value of the fracture increases and decreases again in the mixture variation of 10-20%. The results of the test of burn losses that meet SNI 15-2094-2000 are found in variations of coconut coir ash mixture 0-20% with the shrinkage values of the burns respectively 12.49, 9.53, 8.89, 8.89, and 7, 78%. The results of water absorption test that meet SNI 15-2094-2000 standards are found in the variation of the mixture of 0-10% with the value of water absorption respectively: 14.47%, 15.23%, and 16.63%. The results of compressive strength tests that meet SNI 15-2094-2000 are found in variations of coconut coir ash mixture of 0% and 5% with compressive strength of 53.09 kg / cm² and 50.02 kg / cm². In the fracture strength test that meets ASTM C-67 standard, there are variations in the mixture of coconut coir ash 0%, 10%, 15% and 20% with the fracture strength values are 3.2 MPa, 3.5MPa, 2.4 MPa, and 2.1 MPa. With a high water absorption value, bricks are recommended to be used as an inner wall and cannot be used as a face wall.

Key Words: Coconut Fiber Ash, Brick, Shrinkage and Clay (clay)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Sabut Kelapa Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Batu Bata” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, secara moril maupun materiil. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus 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 sekaligus sebagai Penasihat Akademik dan Pembimbing Skripsi I yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, motivasi, dan arahan kepada penulis.
4. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Fisika.
5. Masthura, M.Si., selaku Pembimbing Skripsi II yang telah memberikan panduan dan arahan kepada penulis untuk menyempurnakan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Fisika yang telah memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan.
7. Ir. Warman, M.T., selaku Kepala Laboratorium Material Test Politeknik Teknologi Kimia Industri yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.

8. Herry Darmadi, M.T., selaku Asisten Laboratorium Material Test Politeknik Teknologi Kimia Industri yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
9. Kepada Ayah (Hermansyah) dan Ibu (Sri Sunarmi) yang telah membimbing, menasihati, memberi dukungan, dan senantiasa mendoakan penulis.
10. Rekan terdekat (Indah Sawitri, Mariana Yunita Sari Harahap, Rika Ulfah, Rika Safitri, Sri Wahyuni Ritonga, Putri Karina Tarigan, Siska dan Annisa Putri) yang telah menjadi teman yang baik.
11. Rekan-rekan Fisika stambuk 2015 yang telah memberi dukungan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala budi baik kita semua senantiasa diterima sebagai amal ibadah kepada Allah SWT dan menjadi teladan bagi penerus bangsa. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang. Aamiin.

Medan, 11 November 2019

Anggun Hermi Palupi
NIM. 75153009

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	2
1.3.....	Batasan
Masalah	2
1.4.....	Tujuan
Penelitian.....	3
1.5.....	Manfaat
Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1.....	Sabut
Kelapa.....	4
2.2.....	Abu
Sabut Kelapa.....	5
2.3.....	Tanah
Liat.....	5
2.3.1 Jenis-Jenis Tanah Liat (Lempung)	7
2.3.2 Perubahan Warna Tanah Liat.....	8
2.3.3 Komposisi Kimia Dalam Tanah Liat	9

2.3.4 Sifat-Sifat Tanah Liat (Lempung).....	9
2.4.....	Faktor
Air Semen (FAS).....	10
2.5.....	Batu
Bata.....	10
2.6.....	Proses
Pembuatan Batu Bata.....	12
2.6.1 Pengolahan Batu Bata.....	12
2.6.2 Pembentukan Batu Bata.....	12
2.6.3 Pengeringan Batu Bata	13
2.6.4 Pembakaran Batu Bata.....	13
2.6.5 Pemilihan Batu Bata	14
2.7.....	Karakteris
stik	14
2.7.1 Susut Bakar.....	14
2.7.2 Daya Serap Air	14
2.7.3 Kuat Tekan	15
2.7.4 Kuat Patah.....	16
2.8 Penelitian yang Relevan.....	17
2.9 Hipotesis.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Waktu	26
3.2 Tempat.....	20
3.3 Alat dan Bahan.....	20
3.2.1	Alat
.....	20
3.2.2	Bahan
.....	21
3.4 Tahapan Penelitian	21
3.5 Bagan Alir Penelitian	23
3.6 Prosedur Penelitian.....	24
3.7 Metode Karakterisasi	24

3.7.1 Pengujian Susut Bakar	24
3.7.2 Pengujian Daya Serap Air	25
3.7.3 Pengujian Kuat Tekan	25
3.7.4 Pengujian Kuat Patah	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Penelitian	26
4.1.1 Pengujian Susut Bakar.....	26
4.1.2 Pengujian Daya Serap Air	27
4.1.3 Pengujian Kuat Tekan	28
4.1.4 Pengujian Kuat Patah.....	29
4.2 Pembahasan.....	30
4.2.1 Pengujian Susut Bakar.....	30
4.2.2 Pengujian Daya Serap Air	31
4.2.3 Pengujian Kuat Tekan	32
4.2.4 Pengujian Kuat Patah.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN-LAMPIRAN	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Abu sabut kelapa.....	5
2.2	Bentuk batu bata	11
2.3	Sampel yang diletakkan di atas jarak antara tumpuan	17
3.1	Batu bata ukuran 3 cm × 3 cm × 3 cm	22
3.2	Batu bata ukuran 10 cm × 3 cm × 3 cm	22
3.3	Bagan alir penelitian	23
4.1	Hubungan susut bakar batu bata terhadap variasi campuran abu sabut kelapa	30
4.2	Hubungan daya serap air batu bata terhadap variasi campuran abu sabut kelapa	31
4.3	Hubungan kuat tekan batu bata terhadap variasi campuran abu sabut kelapa	32
4.4	Hubungan kuat patah batu bata terhadap variasi campuran abu sabut kelapa	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Karakteristik abu sabut kelapa	5
2.2	Perkiraan perubahan warna tanah liat mentah setelah proses Pembakaran.....	8
2.3	Ukuran batu bata (SNI 15-2094-2000)	11
2.4	Kuat tekan koefisien variasi untuk batu bata merah	15
3.1	Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu sabut kelapa	21
4.1	Data hasil pengujian susutt bakar	26
4.2	Data hasil pengujian daya serap air	27
4.3	Data hasil pengujian kuat tekan	28
4.9	Data hasil pengujian kuat patah	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Data pengujian dan perhitungan	38
2	Gambar alat dan bahan.....	61
3	Gambar proses pembuatan batu bata	64
4	Gambarr proses pengujian batu bata.....	67
5	SNI 15-2094-2000	
6	Surat keterangan hasil penelitian	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batu bata merupakan bahan bangunan yang telah lama dikenal dan digunakan oleh masyarakat baik di daerah pedesaan maupun di daerah perkotaan yang berfungsi untuk bahan bangunan konstruksi. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya pabrik batu bata yang dibangun masyarakat untuk memproduksi batu bata. Penggunaan batu bata banyak digunakan seperti dinding pada bangunan perumahan, bangunan gedung, pagar, saluran, dan pondasi. Batu bata umumnya dalam konstruksi bangunan memiliki fungsi sebagai bahan non-struktural, di samping berfungsi struktural. Sebagai fungsi struktural, batu bata dipakai sebagai penyangga atau pemikul beban yang ada di atasnya seperti pada konstruksi rumah sederhana dan pondasi. Sedangkan pada bangunan konstruksi tingkat tinggi/gedung batu bata berfungsi sebagai non-struktural yang dimanfaatkan untuk dinding pembatas dan estetika tanpa memikul beban yang ada di atasnya. (Zebua, 2018)

Kebutuhan terhadap batu bata dapat terpenuhi dengan menyediakan batu bata yang memenuhi persyaratan teknis, mudah didapat, dan harga yang murah sehingga dapat dijangkau oleh masyarakat. Adapun kualitas batu bata yang tersedia kebanyakan mudah retak, hancur, permukaan yang tidak rata, dan sudut yang tidak siku akibat kurangnya kualitas batu bata yang dihasilkan. Maka perlu peningkatan produksi yang dihasilkan, dengan meningkatnya kualitas bahan material sendiri (material dasar lempung atau tanah liat) atau dengan mencampurkan bahan bahan bersifat pozzolan seperti Abu sabut kelapa ke dalam bahan dasar pembuatan batu bata. (Febriantama, 2016)

Abu sabut kelapa berasal dari pengolahan limbah sabut kelapa yang telah dibakar terlebih dahulu dengan menggunakan suhu tertentu sehingga menghasilkan abu. Abu sabut kelapa mengandung alumina, silika, dan kalsium yang bersifat pozzolan karena mengandung silika yang sangat tinggi sehingga mempercepat waktu ikat semennya dikarenakan sifat pozzolan tersebut dapat memperkecil pori-pori dalam pasta semen, mengisi rongga antar partikel.

Komposisi senyawa dari abu sabut kelapa (dalam satuan persen berat) terdiri atas unsur SiO_2 42,98%, Al_2O_3 2,26%, dan Fe_2O_3 1,66%. (Alexander dan Mukhlis, 2011)

Dalam Penelitian Bayuaji (2015), pengujian abu sabut kelapa yang dilakukan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan (BBTKL), diperoleh komposisi senyawa Silika (SiO_2) sejumlah 67,55%. Komposisi ini membuktikan bahwa abu sabut kelapa mempunyai potensi untuk dikolaborasikan dengan *fly ash* sebagai *Supplementary Cementious Material* (SCM).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis mencoba melakukan penelitian “Pengaruh Penambahan Abu Sabut Kelapa Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Batu Bata”. Adapun kelebihan dari abu sabut yaitu abu sabut kelapa adalah bersifat mengikat dan mengisi pori-pori karena mengandung silika yang tinggi sehingga diharapkan dapat menghasilkan batu bata dengan sifat fisis dan mekanik yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu sabut kelapa terhadap sifat fisis dan mekanik batu bata?
2. Bagaimana komposisi abu sabut kelapa dengan tanah liat (lempung) untuk menghasilkan batu bata dengan sifat fisis dan mekanik yang optimal?
3. Bagaimana aplikasi dari batu bata yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Pembuatan batu bata menggunakan bahan dasar sabut kelapa (yang diolah menjadi abu sabut melalui proses manual), tanah liat (lempung), dan air.
2. Jenis batu bata yang diteliti adalah jenis batu bata bakar, komposisi pencampuran abu serabut kelapa dengan tanah liat (lempung) yaitu;

0% : 100%, 5% : 95%, 10% : 90%, 15% : 85%, dan 20% : 80% dengan FAS masing-masing variasi sebesar 0,30%.

3. Proses pembuatan batu bata meliputi: pengolahan batu bata, pembentukan batu bata, pengeringan batu bata, pembakaran batu bata, dan pemilihan batu bata.
4. Melakukan pengujian fisis dan mekanik pada sampel bata yang telah dicetak dan dibakar, pengujiannya meliputi: pengujian fisis (pengujian susut bakar dan pengujian daya serap air) dan pengujian mekanik (pengujian kuat tekan dan kuat patah).

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sabut kelapa terhadap sifat fisis dan mekanik batu bata.
2. Untuk mengetahui komposisi abu sabut kelapa dengan tanah liat (lempung) untuk menghasilkan batu bata dengan sifat fisis dan mekanik yang optimal.
3. Untuk mengetahui aplikasi dari batu bata yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan mutu batu bata melalui penambahan abu sabut kelapa.
2. Masyarakat dapat mengetahui fungsi lain dari abu sabut kelapa.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai salah satu bahan acuan, pembandingan, dan pertimbangan bagi masyarakat dalam memproduksi batu bata dengan kualitas yang lebih baik dan lebih ekonomis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sabut Kelapa

Sabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm. Bagian-bagian buah kelapa terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Setiap butir kelapa mengandung serat 75% dari sabut dan gabus 25% dari sabut. (Ariyani, 2015)

Sabut kelapa sangat potensial dibuat serat dan sering digunakan sebagai bahan aneka kerajinan. Dalam dunia pertanian, sabut kelapa cocok digunakan sebagai pembalut cangkok tanaman dan medium tumbuh bagi tanaman. Sabut kelapa dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Di negara-negara maju, serat sabut kelapa merupakan bahan baku pembuat empuk jok kursi mobil yang sangat kuat. Kelebihan sabut kelapa sebagai pengisi jok mobil adalah mempunyai daya lentur yang tinggi, tahan lama, tidak berbau, dan mempunyai tingkat pencemaran yang rendah.

Pengolahan serat sabut kelapa terdiri atas 3 tahap kegiatan, yaitu: perendaman (*soaking*), perlunakan (*crusher*), dan penyeratan (*defibring*). Adapun hasil olahan serat sabut kelapa tersebut digolongkan menjadi 3 bentuk produk, yaitu sebagai berikut:

- a. *White fibre*, yaitu serat yang berukuran panjang, halus, dan berwarna putih. *White fibre* dapat pintal menjadi benang, dirangkai menjadi karpet, dibuat kain pembersih, dan dijadikan tali.
- b. *Bristle fibre*, yaitu serat yang ukurannya sangat panjang dengan komposisi 1/3 serat sabutnya berwarna coklat.
- c. *Matters fibre*, yaitu serat dengan ukuran pendek dengan komposisi 2/3 serat sabutnya berwarna coklat biasanya dibuat sebagai keset dan lembaran (*coco sheet*) yang berfungsi untuk melapisi tempat tidur pegas, jok mobil, dan peredam suara. (Rukmana, 2003)

2.2 Abu Sabut Kelapa

Berdasarkan penelitian Alexander dan Mukhlis (2011), abu sabut kelapa berasal dari pengolahan limbah sabut kelapa yang sudah dibakar terlebih dahulu dengan menggunakan suhu tertentu sehingga menghasilkan abu kemudian diayak untuk mendapatkan abu-abu yang halus. Kandungan mineral dari abu sabut kelapa terdiri dari: alumina, silika, dan oksida besi yang bersifat pozzolan karena kandungan silika yang sangat tinggi sehingga mempercepat waktu ikat semennya dikarenakan sifat pozzolan tersebut dapat memperkecil pori-pori dalam pasta semen dan mengisi rongga antar partikel.

Tabel 2.1 Karakteristik abu sabut kelapa

Kandungan Unsur	Persentase Massa (%)
SiO ₂	42,98%
Al ₂ O ₃	2,26%
Fe ₂ O ₃	1,66%

(Alexander dan Mukhlis, 2011)



Gambar 2.1 Abu Sabut Kelapa

2.3 Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat merupakan hasil dari pelapukan batuan keras yang terjadi secara alami dalam tahapan pelapukan fisika, kimia, dan biologi. Pelapukan fisika disebabkan oleh perubahan suhu. Pelapukan biologis disebabkan oleh kegiatan

mikroorganisme pertumbuhan jasad, bakteri, serangan binatang seperti rayap, kumbang, kelelawar, dan jamur. Pelapukan fisika dan biologi menyebabkan batuan keras tersebut menjadi bagian-bagian kecil dan halus. Pelapukan kimia selanjutnya terjadi karena pengaruh air dan udara pada suhu yang tinggi yang disebut proses dekomposisi tanah.

Tanah liat dinyatakan cocok untuk bahan bata merah ketika tanah liat yang diaduk hingga lumpur dengan air tidak semarai setelah disimpan selama 24 jam tanpa terkena langsung oleh sinar matahari. Tanah liat yang berwarna merah ketika dibakar juga baik untuk bahan bata merah (Elhusna, 2016)

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

Dalam al-qur'an surah Al-Qasas Allah berfirman:

وَقَالَ فِرْعَوْنُ يَا أَيُّهَا الْمَلَأُ مَا عَلِمْتُ لَكُمْ مِنْ إِلَهٍ غَيْرِي فَأَوْقِدْ لِي يَهُمَّنْ عَلَيَّ
الطِّينَ فَاجْعَلْ لِي صَرْحًا لَعَلِّي أَطَّلِعُ إِلَىٰ إِلَهِ مُوسَىٰ وَإِنِّي لَأَظُنُّهُ مِنَ
الْكَذِبِينَ ٣٨

Artinya: Dan berkata Fir'aun: "Hai pembesar kaumku, aku tidak mengetahui tuhan bagimu selain aku. Maka bakarlah hai Haman untukku tanah liat kemudian buatlah untukku bangunan yang tinggi supaya aku dapat naik melihat Tuhan Musa, dan sesungguhnya aku benar-benar yakin bahwa dia orang-orang pendusta." (QS.Al-Qashash 28:38)

Ayat ini berkisah tentang perilaku gaya hidup Fir'aun yang kafir, sombong, kejam, dzalim, dan berbuat sewenang-wenangnya terhadap rakyatnya. Ia bukan hanya mengingkari dan mendustakan kenabian nabi Musa, bahkan lebih

jauh dari itu ia menganggap dirinya sebagai tuhan yang mewajibkan rakyatnya untuk menyembah kepadanya.

Ayat ini menjelaskan bahwa Haman, yaitu seorang penasehat dan Arsitektur di kerajaan Fir'aun diperintahkan oleh Fir'aun untuk membangun sebuah bangunan yang tinggi karena pada masa itu belum ada bangunan yang tinggi seperti bangunan yang dibangun oleh Fir'aun dengan cara membakar tanah liat. Hal ini semata-mata untuk membuktikan bahwa Fir'aun adalah tuhan satu-satunya tidak ada tuhan selain Allah. Tanah liat yang dimaksud dalam ayat ini adalah tanah liat yang dibakar untuk dijadikan sebagai batu bata. (Ardi, 2016)

2.3.1 Jenis-Jenis Tanah Liat (Lempung)

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

a. Lempung Residual

Lempung residual adalah lempung yang berasal dari tempat di mana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Sifat lempung residual ini adalah memiliki butiran-butiran kasar dan bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan dan sifatnya tidak plastis. Semakin digali akan banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

b. Lempung Illuvial

Lempung Illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengalami pengendapan 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.

c. Lempung Marin

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

d. Lempung Danau

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

e. 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.

f. 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.

2.3.2 Perubahan Warna Tanah Liat

Tanah liat yang dibakar akan mengalami perubahan warna sesuai dengan zat-zat yang terkandung di dalamnya. Warna tanah liat bermacam-macam tergantung dari oksida-oksida logam yang terkandung dalam tanah liat seperti silika, alumina, alkali, besi, kalsium, magnesium, dan karbon. Senyawa-senyawa silika menghasilkan warna hijau, senyawa-senyawa besi menghasilkan warna krem, kuning, merah, hitam, dan coklat. Senyawa magnesium menghasilkan warna coklat, dan senyawa karbon menghasilkan warna biru, abu-abu, hijau atau coklat.

Perubahan warna batu bata merah dari keadaan mentah sampai setelah dibakar biasanya sulit dipastikan. Berikut tabel perkiraan perubahan warna tanah liat mentah setelah proses pembakaran.

Tabel 2.2 Perkiraan perubahan warna tanah liat mentah setelah proses pembakaran

Warna tanah liat mentah	Perkiraan perubahan warna setelah pembakaran
1. Merah	Merah atau coklat
2. Kuning Tua	Kuning tua, coklat, dan merah
3. Coklat	Merah atau coklat

4. Putih	Putih atau putih kekuningan
5. Abu-abu atau hitam	Merah, Kuning tua atau putih
6. Hijau	Merah
7. Merah, kuning, abu abu tua	Pertama merah, lalu krem, kuning tua atau kuning kehijauan pada saat melebur

(Wulandari, 2011)

2.3.3 Komposisi Kimia Dalam Tanah Liat (Lempung)

Komposisi kimia dalam tanah liat adalah sebagai berikut:

- a. 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.
- b. Alumina (Al_2O_3), terdapat dalam mineral lempung, feldspar dan mika.
- c. Fe_2O_3 , Makin tinggi kadar besi tanah liat, makin rendah temperatur peleburan tanah liat.
- d. Kapur (CaO), terdapat dalam tanah liat dalam bentuk kapur. Bertindak sebagai pelebur bila temperatur pembakarannya mencapai lebih dari 1100°C .
- e. MgO , terdapat dalam bentuk dolomite, magnesit atau silikat. Dapat meningkatkan kepadatan produk hasil pembakaran.
- f. 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.
- g. Organik, bahan-bahan yang bertindak sebagai protektor koloid dan menaikkan keplastisan. (Febriantama, 2016)

2.3.4 Sifat-Sifat Tanah Liat/Lempung

Menurut sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari $2\ \mu\text{m}$
- b. Permeabilitas rendah
- c. Kenaikan air kapiler tinggi

- d. Bersifat sangat kohesif
- e. Kadar kembang susut yang tinggi
- f. Proses Konsolidasi lambat. (Febriantama, 2016)

2.4 Faktor Air Semen (FAS)

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Air adalah bahan yang sangat penting dalam proses reaksi pengikatan material-material yang digunakan untuk pembuatan bata. (Prakoso, 2018)

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 sabut kelapa.

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 keringnya terlalu tinggi. FAS yang digunakan dalam pembuatan batu bata adalah 0.3%.

(Sari, 2015)

2.5 Batu Bata

Batu bata merah 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, menolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang, dan berubah warna serta akan mengeras seperti batu setelah didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam air

Pengertian batu bata menurut SNI 15-2094-2000 adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segiempat panjang, pejal, dan digunakan untuk kontruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat murni, dengan atau dicampurkan

bahan tambahan atau komposit lain dan di bakar pada suhu tertentu. (Fernanda, 2012)



Gambar 2.2 Bentuk batu bata

Syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000

a. 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, dan bidang sisinya harus datar.

b. Dimensi atau ukuran batu bata

Ukuran batu bata yang telah ditetapkan dalam SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada tabel 2.2. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan 15 sampel.

Tabel 2.3 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

(Prayuda, 2018)

c. 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. (Prayuda. 2018)

2.6 Proses Pembuatan Batu Bata

Tahapan-Tahapan proses pembuatan bata meliputi: penggalian bahan mentah, pengolahan bahan, pembentukan, pengeringan, pembakaran, pendinginan dan pemilihan. (Huda dan Erna, 2012)

2.6.1 Pengolahan Batu Bata

Proses pelumatan adalah proses pencampuran antara tanah liat dengan air dan bahan campuran. Proses pelumatan dilakukan secara manual dengan cara diinjak-injak oleh orang atau hewan dalam keadaan basah dengan kaki atau diaduk dengan tangan. Bahan campuran yang ditambahkan pada saat pengolahan harus benar-benar menyatuh dengan tanah liat secara merata. Kemudian bahan yang sudah jadi sebelum dicetak dibiarkan selama 2 sampai 3 hari dengan tujuan memberi kesempatan partikel-partikel tanah liat untuk menyerap air agar lebih stabil.

2.6.2 Pembentukan Batu Bata

Sesudah bahan mentah dibiarkan selama 2-3 hari dan sudah memiliki sifat plastis, kemudian dibentuk dengan alat cetak yang terbuat dari kayu atau kaca tersebut dibasahi air terlebih dahulu. Lantai dasar pencetakan batu bata permukaannya harus rata dan ditaburi abu sabut kelapa. Langkah awal pencetakan batu bata yaitu letakkan cetakan pada lantai dasar pencetakan, kemudian tanah liat yang telah siap diletakkan pada bingkai cetakan dengan tangan sambil ditekan-tekan dan tanah liat harus memenuhi segala sudut ruangan pada bingkai cetakan. Selanjutnya cetakan diangkat dan batu bata merah hasil dari cetakan dibiarkan begitu saja agar terkena sinar matahari. Batu bata tersebut kemudian dikumpulkan pada tempat yang terlindung untuk didiamkan.

2.6.3 Pengerinan Batu Bata

Pengerinan batu bata yang dibuat secara tradisional, proses pengerinannya mengandalkan kemampuan alam. Proses pengerinan akan lebih baik bila berlangsung secara bertahap agar panas dari sinar matahari tidak jatuh secara langsung, maka batu bata tersebut perlu dipasang penutup plastik. Apabila pada proses pengerinan sinar matahari terlalu menyengat akan mengakibatkan retakan-retakan pada batu bata nantinya. Batu bata yang sudah berumur. Batu bata yang sudah berumur satu hari dari masa pencetakan kemudian dibalik. Setelah cukup kering, batu bata tersebut ditumpuk menyilang satu sama lain agar terkena angin. Proses pengerinan batu bata memerlukan waktu 2 hari jika cuacanya baik. Sedangkan pada kondisi udara lembab, maka proses pengerinan batu bata sekurang-kurangnya satu minggu.

2.6.4 Pembakaran batu bata

Selain bertujuan untuk mencapai suhu yang diinginkan proses pembakaran juga memperhatikan kecepatan pembakaran untuk mencapai suhu tersebut serta kecepatan untuk mencapai pendinginan. Proses pembakaran batu bata harus seimbang dengan kenaikan suhu dan kecepatan pembakarannya. Ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan antara lain:

1. Tahap pertama adalah penguapan, yaitu pengeluaran air pembentuk, terjadi hingga temperatur kira-kira 120 °C.
2. Tahap Oksidasi, terjadi pembakaran sisa-sisa tumbuhan (karbon) yang terdapat di dalam tanah liat. Proses ini berlangsung pada temperatur 650 - 800 °C.
3. Tahap pembakaran penuh. Bata dibakar hingga matang dan terjadi verifikasi hingga menjadi bata padat. Temperatur matang bervariasi antara 920 – 1000 °C tergantung pada sifat tanah liat yang dipakai.
4. Tahap Penahanan. Pada tahap ini terjadi penahanan temperatur selama 1-2 jam. Pada tahap 1, 2, dan 3 kenaikan temperatur harus perlahan-lahan agar tidak terjadi pecah-pecah, noda hitam pada bata, pengembangan, dan lain-lain. (Huda dan Erna, 2012)

2.6.6 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.

2.7 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: pengujian sifat fisis (Susut bakar dan daya serap air) dan pengujian sifat mekanis (kuat tekan dan kuat patah).

2.7.1 Susut Bakar

Susut bakar adalah perubahan dimensi atau volume bahan yang telah dibakar. Salah satu parameter yang menunjukkan terjadinya proses sintering adalah penyusutan akibat adanya perubahan mikrostruktur (butir atau batas butir). Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur panjang sampel dengan menggunakan mistar sebelum pembakaran dan sesudah pembakaran. Berdasarkan SNI 15-2094-2000 Persamaan yang dipakai untuk menentukan besarnya susut bakar adalah:

$$\text{Susut Bakar (\%)} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100\%$$

Dengan:

l_0 = Panjang sampel uji sebelum dibakar (cm)

l_1 = Panjang sampel uji sesudah dibakar (cm)

2.7.2 Daya Serap Air

Daya serap air adalah kekuatan bahan dalam menyerap air. Bobot isi adalah perbandingan massa dalam keadaan kering dengan bobot dalam kondisi

jenuh air. Semakin tinggi daya serap air, akan berpengaruh pada pemasangan batu bata dan adukkan karena air pada adukkan akan diserap oleh batu bata sehingga pengeras adukkan tidak berfungsi dan dapat mengakibatkan kuat adukkan menjadi lemah. Daya serap air yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada batu bata. Berdasarkan standar SNI 15-2094-2000 daya serap air sampel dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100\%$$

Dengan,

Mk : Massa kering benda uji (g)

Mb : Massa basah benda uji, setelah direndam dalam air selama 2x24 jam (g)

(Ardi, 2016)

2.7.3 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 untuk batu bata merah untuk pasangan dinding

Kelas	Kuat tekan rata-rata		Koefisien variasi izin
	Kg/cm ²	N/mm ²	
50	50	5,0	22
100	100	10	15
150	150	15	15

Dengan demikian dapat dihitung dengan persamaan :

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

Dengan,

- P : Tekanan (Pa)
- A : Beban Maksimum (N)
- σ : Luas bidang permukaan (m²)

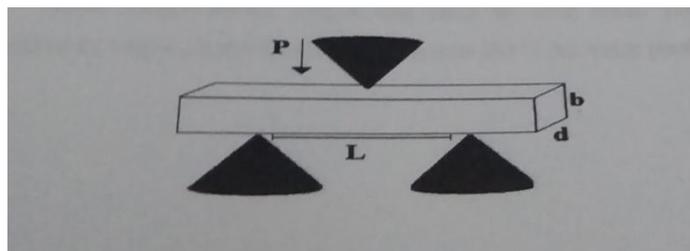
2.7.4 Kuat Patah

Kekuatan patah sering juga disebut dengan *Modulus of Rupture (MOR)* yang menyatakan ukuran ketahanan material terhadap tekanan mekanis dan tekanan panas (*thermal stress*) selama penggunaannya. Kekuatan patah ini berkaitan dengan komposisi, struktur material, pori-pori, dan ukuran butiran. Standar *Modulus of Rupture (MOR)* batu bata yang disyaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah sebesar 1,50 - 3,50 MPa. Ada dua cara pengujian untuk menentukan kekuatan bahan berdasarkan tumpuan, yaitu tiga titik tumpu (*three point bending*) dan empat titik tumpu (*four point bending*). Dalam hal ini dibatasi hanya pada pengujian tiga titik tumpu saja. Kekuatan sampel berbentuk balok dihitung dengan persamaan berikut:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2}$$

Dengan:

- Bs = Kekuatan patah (N/mm²)
- P = Gaya pada puncak beban (N)
- L = Jarak antara tumpuan (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- h = Tinggi benda uji (mm)



(Masthura, 2010)

Gambar 2.3 Sampel yang diletakkan di atas jarak antara tumpuan.

2.8 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian Alexander dan Mukhlis (2011) dalam jurnal “Jurnal Kajian Kuat Tekan Beton (*Compressive Strength*) Pada Beton dengan Campuran Abu Serabut Kelapa”, penelitian ini menggunakan campuran abu sabut kelapa dengan komposisi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Abu sabut kelapa berasal dari pengolahan limbah sabut kelapa yang telah dibakar terlebih dahulu dengan menggunakan suhu tertentu sehingga menghasilkan abu kemudian disaring untuk mendapatkan abu-abu yang halus. Pengujian yang dilakukan dengan uji kuat tekan. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah abu sabut kelapa termasuk bahan pozzolan karena mempunyai kualitas silika yang bersifat aktif (*amorf*) yang lebih baik. SiO_2 yang dihasilkan dapat bereaksi secara kimia dengan Ca(OH)_2 atau kapur bebas hasil dari hidrasi semen dengan air sehingga dapat menghasilkan senyawa padat. Substitusi abu sabut kelapa pada campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan nilai slump karena abu tersebut menyerap air. Dengan ada penyerapan air, maka kualitas beton akan dapat meningkat sampai kadar optimum.

Menurut Penelitian Trikarlina (2018) dalam jurnal “Jurnal Pemanfaatan Abu Sabut Kelapa (*Cocos Nucifera L.*) Dan Pengaruh Penambahan Sikacim Concrete Additive Pada Pembuatan Batako”, penelitian ini menggunakan rancang acak 2 faktorial, dimana factor pertama adalah komposisi abu sabut kelapa yang terdiri atas 3 taraf, yaitu: 0%, 2,5%, dan 5%. Faktor kedua adalah suhu pembakaran abu sabut kelapa yang terdiri atas 2 taraf, yaitu: (700°C dan 900°C). Pengujian yang dilakukan meliputi: Absorpsi, waktu ikat, dan kuat tekan. Hasil yang di dapat dalam penelitian ini adalah penambahan abu serabut kelapa

berpengaruh terhadap waktu ikat awal dan akhir semen, hal ini dikarenakan abu sabut kelapa mengandung alumina, silika, dan kalsium yang bersifat pozzolan sehingga mempercepat waktu ikat semennya dikarenakan sifat pozzolan tersebut dapat memperkecil pori-pori dalam pasta semen, mengisi rongga antar partikel sehingga batako menjadi lebih padat dan rapat air.

Menurut penelitian Faisol (2017) dalam jurnal “Peningkatan Kualitas Produk Batu Bata Merah Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Serat Sabut Kelapa dan Abu Serbuk Gergaji”, penelitian ini memanfaatkan limbah abu serat sabut kelapa dan abu serbuk gergaji. Pembuatan sampel berupa spesimen uji batu bata yang terdiri atas dua jenis macam benda uji dan setiap benda uji memiliki rasio yang berbeda-beda. Spesimen benda uji dibuat dengan acuan campuran dari masing-masing rasio pada setiap sampelnya yaitu: 2,5%, 5%, dan 10%. Pengujian sampel yang dilakukan dengan menggunakan uji kuat tekan menggunakan tipe kelas 25 yaitu 2,5 MPa. Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut adalah. Material limbah serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam produk batu bata dan juga dapat meningkatkan kualitas batu bata, dengan campuran 2,5% sebagai pengganti tanah liat dikarenakan hasil uji kuat tekan batu bata dengan campuran abu serbuk gergaji lebih besar daripada tanpa campuran atau tanah liat murni. Sedangkan untuk material limbah serat sabut kelapa tidak disarankan dikarenakan yang pertama hasil dari uji kuat tekan yang didapat masih lebih kecil kuat tekannya dari Standar SNI.

2.9 Hipotesis

Penambahan abu sabut kelapa dapat memberikan pengaruh terhadap 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 sabut kelapa. Sampel tersebut diuji untuk mengetahui hubungan karakteristik sifat fisis dan sifat mekanik dengan komposisi bahan.

3.1 Waktu

Waktu penelitian dilakukan pada tanggal 1 September – 15 Oktober 2019.

3.2 Tempat

Proses pembuatan sampel dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Material Test di Politeknik Teknologi Kimia Industri (PTKI) Jl Medan Tenggara VII, Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara dan Laboratorium Fisika Dasar UIN Sumatera Utara Medan.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan adalah:

1. Ayakan 100 mesh berfungsi untuk mengayak/menyaring butiran bahan.
2. Neraca analitik berfungsi untuk mengukur berat bahan dan sampel.
3. Tungku pembakaran (tanur) berfungsi untuk membakar sampel.
4. Gelas ukur 500 ml berfungsi sebagai takaran dari perbandingan volume air dengan bahan.
5. UTM (*Universal Testing Machine*) berfungsi untuk pengujian kuat tekan dan kuat patah sampel.
6. Jangka sorong berfungsi untuk mengukur diameter dan tinggi sampel
7. Cetakan:
 - Balok (10 cm × 3 cm × 3cm) berfungsi sebagai cetakan untuk sampel uji kuat patah.

- Kubus (3 cm × 3 cm × 3cm) berfungsi sebagai cetakan untuk sampel uji susut bakar, daya serap air, dan kuat tekan.

3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah:

- a. Lempung (Tanah Liat) dari Pabrik bata merah mesin merbau, Deliserdang
- b. Abu sabut kelapa
- c. Air

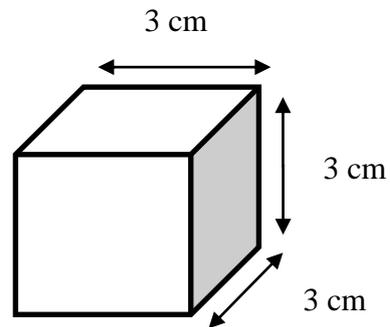
3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan batu bata berbahan tanah liat dengan variasi campuran abu sabut kelapa yang kemudian diuji sesuai dengan standar SNI 15-2094-2000 dan ASTM C67-03. Parameter yang diuji terdiri atas: kuat tekan, kuat patah (uji bending), susut bakar, dan porositas. Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu sabut kelapa dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu sabut kelapa

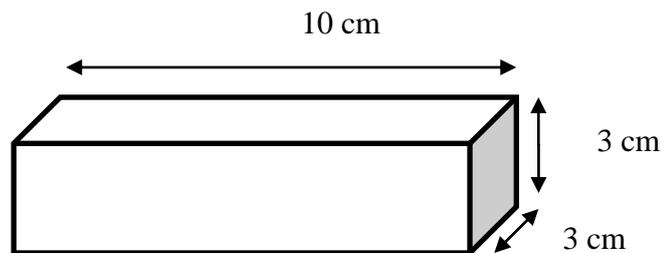
Kode sampel uji	Komposisi campuran tanah liat dan abu sabut kelapa	
	sabut kelapa	
	Tanah liat (%)	Abu sabut kelapa (%)
A	100	0
B	95	5
C	90	10
D	85	15
E	80	20

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



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

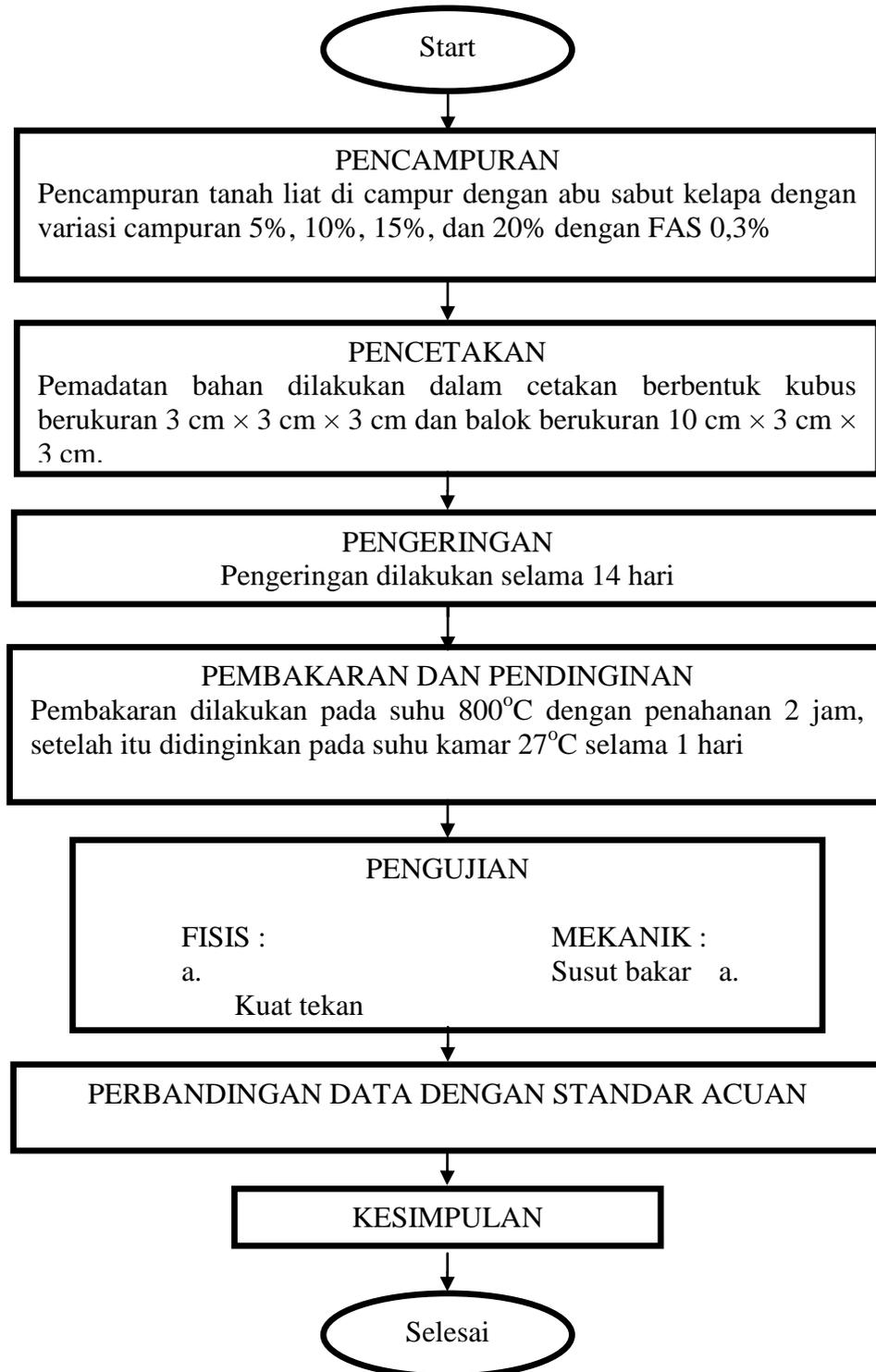
Berikut ini gambar bentuk cetakan sampel pengujian kuat patah (bending strength)



Gambar 3.2 Batu bata ukuran 10 cm × 3 cm × 3 cm

3.5 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini disajikan bagan alir penelitian yang menggambarkan apa yang dilakukan pada proses pembuatan batu bata.



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini adalah:

1. Disiapkan bahan-bahan dasar pembuatan sampel uji berupa: tanah liat/lempung, abu sabut kelapa, 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 kemudian lepaskan batu bata secara perlahan-lahan dari cetakan. Hasil cetakan tersebut kemudian diberi tanda untuk masing-masing komposisi.
4. Proses pengeringan dilakukan dengan cara didiamkan di suhu ruangan selama 14 hari dan tidak sampai terkena sinar matahari langsung.
5. Setelah proses pengeringan, kemudian sampel dimasukkan ke tungku pembakaran dengan temperatur 800 °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 sifat fisis dan mekanik sampel yang meliputi:
 - a. Pengujian sifat fisis: pengujian daya serap air dan pengujian susut bakar.
 - b. Pengujian sifat mekanik: pengujian kuat tekan dan pengujian kuat patah.

3.7 Proses Pengujian Sampel

Proses pengujian sampel batu bata meliputi: pengujian susut bakar, pengujian daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah.

3.7.1 Pengujian Susut Bakar

Pengujian susut bakar bertujuan untuk mengetahui berapa besar penyusutan sampel uji setelah pembakaran. Pengujian ini dilakukan dengan cara

mengukur panjang sampel dengan menggunakan mistar sebelum pembakaran dan sesudah pembakaran. Sampel yang diuji berbentuk kubus dengan ukuran $3\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$.

3.7.2 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan dengan cara sampel batu bata yang telah dibakar kemudian ditimbang massa keringnya menggunakan neraca analitik. Setelah itu sampel di rendam ke dalam air selama 2 hari, kemudian sampel ditimbang massa bassanya. Pengujian daya serap air menggunakan sampel berbentuk kubus ukuran $3\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$. Pengujian daya serap air dilakukan saat batu bata telah berumur 14 hari.

3.7.3 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batu bata dilakukan untuk mencari tahu kuat tekan hancur benda uji. Pengujian kuat tekan mengacu pada standar pengujian yaitu SNI15-2094-2000. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah batu bata dibakar dengan suhu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ kemudian didinginkan pada suhu kamar $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 hari. Sampel yang akan diuji berbentuk kubus ukuran $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$, 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.

3.7.4 Pengujian Kuat Patah

Pengujian kuat patah sampel batu bata dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine*. Pengujian kuat patah ini bertujuan untuk mengukur kekuatan patah bahan terhadap patahan mekanis. Pengujian ini dilakukan dengan cara sampel yang diuji diukur lebar, tinggi (b), dan jarak antar tumpuannya. Kemudian sampel diletakkan diatas jarak antara tumpuan dan tepat dibawah penekanan. Sampel yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran $10\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari pembuatan batu bata dengan campuran abu sabut kelapa diperoleh dengan melakukan 4 pengujian yaitu: pengujian susut bakar, pengujian Daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah.

4.1.1 Pengujian Susut Bakar

Pengujian susut bakar bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penyusutan sampel uji setelah pembakaran. Data hasil pengujian susut bakar dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Susut Bakar

Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa	Susut Bakar (%)	Rata-rata Susut Bakar (%)	SNI 15-2094-2000
0%	16,67	12,49	< 15%
	10		
	10,8		
5%	7,4	9,53	
	10,8		
	10,4		
10%	6,67	8,89	
	6,67		
	10		
15%	10	8,89	
	10		
	6,67		
20%	6,67	7,78	
	10		
	10		

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semua variasi campuran abu sabut kelapa 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dengan nilai susut bakar secara berturut-turut 12,49, 9,53, 8,89, 8,89, dan 7,78% memenuhi standar susut bakar di mana standar susut bakar harus kurang dari 15%.

4.1.2 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mencari perbandingan massa dalam keadaan kering dengan bobot dalam keadaan jenuh air. Data hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Daya Serap Air

Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa	Daya Serap Air (%)	Rata-rata Daya Serap Air (%)	SNI 15-2094-2000 (%)
0%	15,87	14,47	< 20%
	13,33		
	14,13		
5%	15,09	15,23	
	16,13		
	14,47		
10%	15,95	16,63	
	16,95		
	17		
15%	21,7	22,12	
	20,68		
	24		
20%	29,9	23,68	
	16,76		
	24,4		

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa variasi campuran abu sabut kelapa 0%, 5%, dan 10% dengan nilai daya serap air berturut-turut sebesar: 14,47%, 15,23%, dan 16,63% memenuhi SNI 15-2094-2000 dimana nilai daya serap air yang disyaratkan dalam SNI 15-2094-2000 kurang dari 20%. Sedangkan

untuk variasi campuran abu 15% dan 20% dengan nilai daya serap air sebesar 22,12% dan 23,68% tidak memenuhi standar yang disyaratkan dalam SNI 15-2094-2000.

4.1.3 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batu bata dilakukan untuk mencari tahu kuat tekan hancur benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Rata-Rata (Kg/cm ²)	SNI 15-2094-2000 (kg/cm ²)
0%	45,44	53,09	50 (kelas 50), 100 (kelas 100), dan 150 (kelas 150)
	42,24		
	71,6		
5%	55,02	50,02	
	51,52		
	43,52		
10%	58,56	40,76	
	31,88		
	31,82		
15%	26,02	26,5	
	26,02		
	27,43		
20%	21,17	23,03	
	25,57		
	22,35		

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa variasi campuran abu sabut kelapa 0% dan 5% dengan besar kuat tekan 53,09 kg/cm² dan 50,02 kg/cm² sesuai dengan SNI 15-2094-2000 pada kelas 50 sedangkan pada variasi campuran 10%, 15% dan 20% dengan besar kuat tekan secara berturut-turut adalah : 40,76 kg/cm², 26,5 kg/cm², dan 23,03 kg/cm² 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 50 kg/cm².

4.1.4 Pengujian Kuat Patah (Bending Strength)

Pengujian kuat patah bertujuan untuk mengukur kekuatan patah bahan terhadap patahan mekanis. Data hasil pengujian kuat patah dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Kuat Patah

Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa	Kuat Patah (Kgf/cm ²)	Kuat Patah (MPa)	Rata-Rata (MPa)	ASTM C67-03 (MPa)
0%	27,94	2,7	3,2	1,50 – 3,50
	44,03	4,3		
	26,66	2,6		
5%	50,80	5,06	4,6	
	48,60	4,8		
	39,94	3,9		
10%	33,59	3,3	3,5	
	37,32	3,7		
	37,32	3,7		
15%	28,62	2,8	2,4	
	22,75	2,2		
	22,01	2,1		
20%	23,03	2,2	2,1	
	19,84	1,9		
	23,22	2,2		

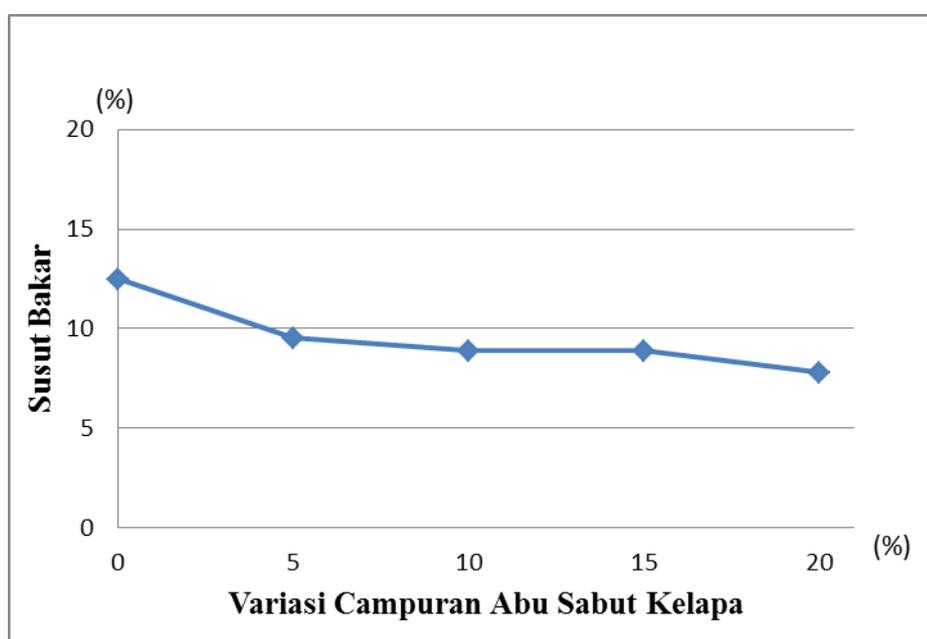
Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai kuat patah yang termasuk dalam ASTM C67-03 berada pada variasi campuran abu sabut kelapa 0%, 10%, 15% dan 20% dengan nilai kuat patah secara berturut-turut adalah 3,2 MPa, 3,5MPa, 2,4 MPa, dan 2,1 MPa, sedangkan pada variasi campuran abu sabut kelapa 5% dengan nilai kuat patah sebesar 4,6 MPa tidak memenuhi standar ASTM C67-03, dimana standar kuat patah yang diisyaratkan oleh ASTM sebesar 1,50 – 3,50 MPa.

4.2 Pembahasan

Pembahasan penelitian batu bata dengan campuran abu sabut kelapa di dapatkan berdasarkan data hasil penelitian dari pengujian susut bakar, pengujian Daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah.

4.2.1 Pengujian Susut Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian susut bakar, diperoleh grafik sebagai berikut:



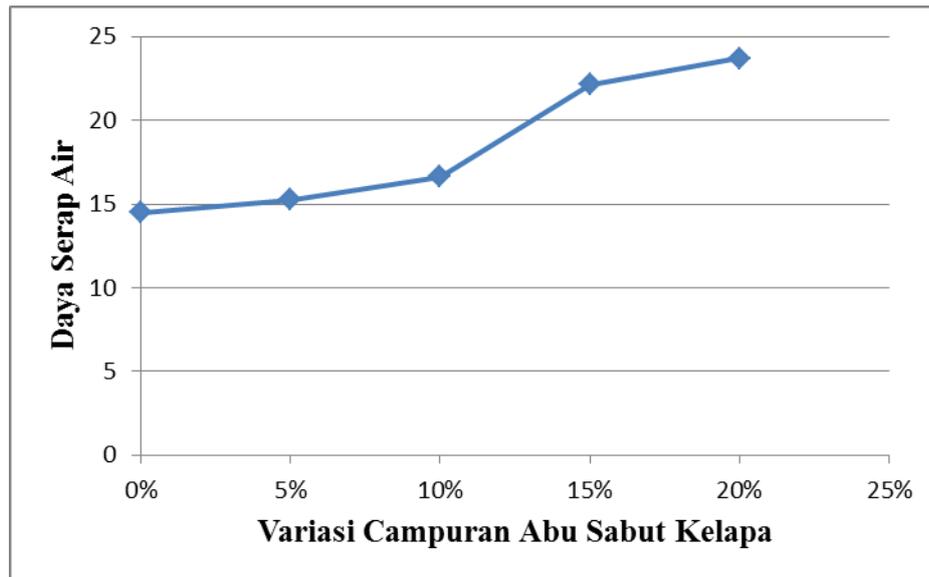
Gambar 4.1 Hubungan Susut Bakar Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa

Pada gambar grafik 4.1 dapat dilihat bahwa grafik nilai susut bakar terhadap variasi campuran menurun. Semakin besar variasi campuran abu sabut kelapa maka nilai susut bakarnya semakin rendah hal ini diakibatkan oleh adanya butiran abu sabut kelapa yang tidak menyerap air dan butiran abu sabut kelapa yang kasar dibandingkan dengan tanah liat tanpa abu sabut kelapa yang berpengaruh terhadap perkembangan susutnya karena tanah liat memiliki sifat plastisitas yang tinggi. Tanah dengan plastisitas yang tinggi akan memiliki persentase penyusutan yang tinggi Sehingga pada variasi campuran abu sabut

kelapa 5 - 20% dapat menggantikan volume tanah dan mengurangi sifat plastis tanah liat yang tinggi.

4.2.2 Pengujian Daya Serap Air

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



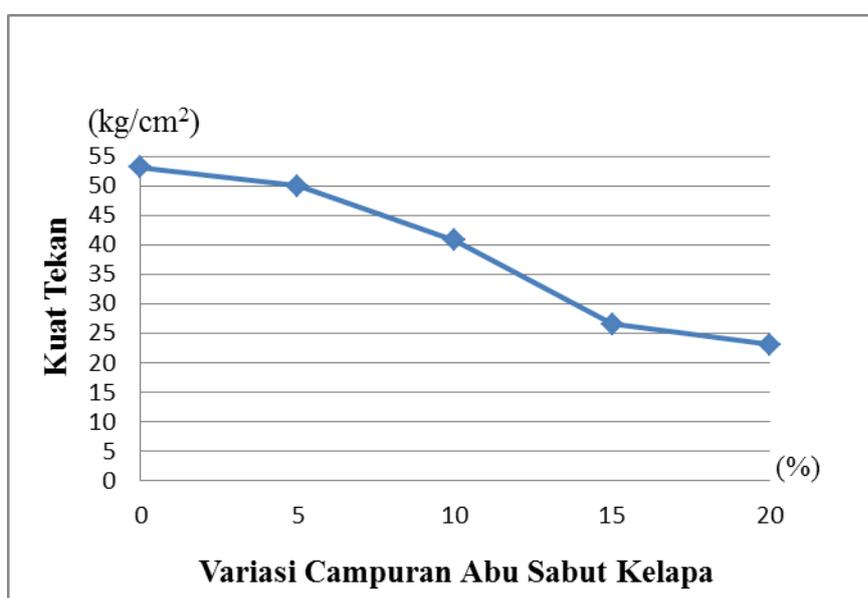
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Daya Serap Air Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa.

Dari grafik 4.2 dapat dilihat grafik hasil daya serap air batu bata dengan campuran abu sabut kelapa meningkat. Semakin tinggi variasi campuran abu sabut kelapa dapat meningkatnya nilai daya serap air yang dihasilkan hal ini disebabkan oleh banyaknya air yang terkandung dalam batu bata akibat dalam proses pencampuran bahan penambahan air terus dilakukan sampai tanah liat dan abu sabut kelapa sudah terasa homogen untuk pengadukan. Ketika proses pengeringan dan pembakaran air yang terkandung dalam batu bata akan menguap sehingga menimbulkan banyak rongga pada batu bata. Meskipun abu sabut kelapa mengandung silika yang bersifat pozzolan, ikatan partikel antara abu sabut kelapa dan tanah liat tidak sempurna akibat banyaknya air yang terkandung dalam batu bata. Semakin bertambah nilai daya serap air kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah.

Dengan nilai daya serap air yang besar melebihi standar SNI 15-2094-2000, batu bata yang disarankan digunakan sebagai dinding dalam dan tidak bisa digunakan sebagai dinding muka. Hal yang terpenting ketika batu bata tetap digunakan sebagai material proses penyusun dinding adalah pada saat plester dan pengecatan sehingga dinding tidak mengalami rembesan ketika hujan.

4.2.3 Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan, diperoleh grafik sebagai berikut

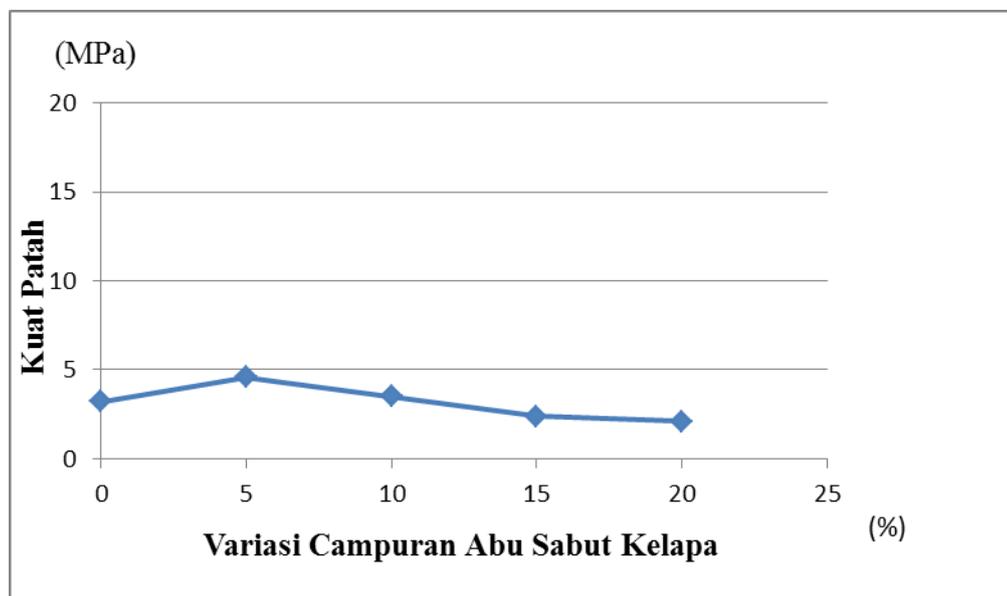


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa

Dari grafik gambar 4.3, terlihat bahwa kuat tekan pada batu bata mengalami penurunan. Penurunan kuat tekan terjadi pada campuran abu sabut kelapa 5 - 20%. Penurunan kuat tekan ini disebabkan oleh faktor penambahan abu sabut kelapa dan jumlah air yang digunakan saat pengadukan tanah liat kurang homogen serta penekanan yang dilakukan secara manual dalam proses pembuatan batu bata yang mengakibatkan nilai kadar air pada adukan tanah liat meningkat, ketika proses pembakaran abu sabut kelapa akan menguap dan munculnya rongga sehingga kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun.

4.2.4 Pengujian Kuat Patah (Bending Strength)

Berdasarkan data hasil pengukuran kuat patah, diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kuat Patah Batu Bata Terhadap Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa

Berdasarkan gambar grafik 4.4 dapat dilihat bahwa pada variasi campuran 0 - 5% grafik mengalami peningkatan hal ini disebabkan pada variasi campuran 5% silika yang terdapat pada sabut kelapa dapat mengisi rongga-rongga yang kosong antar partikel tanah liat sehingga terbentuk ikatan baru yang bekerja pada tanah liat yaitu ikatan antar partikel tanah liat dan ikatan antara partikel tanah liat dengan silika. Pada variasi campuran abu sabut kelapa 10 - 20% grafik mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh adanya ikatan silika itu sendiri. Karena ikatan antar silika lebih lemah dari ikatan tanah liat maka apabila variasi campuran abu sabut kelapa diperbanyak maka batu bata akan semakin rapuh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan abu sabut kelapa terhadap sifat fisis dan mekanik batu bata dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan abu sabut kelapa pada batu bata berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanik batu bata. Dengan penambahan abu sabut kelapa pada variasi campuran 5 - 20% menyebabkan nilai daya serap air meningkat. Sedangkan pada susut bakar dan kuat tekan menurun. Pada variasi campuran 0 - 5% nilai kuat patah meningkat dan menurun kembali pada variasi campuran 10 - 20%.
2. Komposisi abu sabut kelapa dengan tanah liat (lempung) yang optimal sesuai standar SNI 15-2094-2000 dan, pada pengujian susut bakar terdapat di variasi campuran abu sabut kelapa 0 - 20% dengan nilai susut bakar secara berturut-turut: 12,49, 9,53, 8,89, 8,89, dan 7,78%. pada pengujian daya serap air yang memenuhi standar SNI 15-2094-2000 terdapat pada variasi campuran 0 - 10% dengan nilai daya serap air secara berturut-turut: 14,47%, 15,23%, dan 16,63%. Pada pengujian kuat tekan variasi campuran abu sabut kelapa 0 - 5% dengan besar kuat tekan 53,09 kg/cm² dan 50,02 kg/cm². Pada pengujian kuat patah menurut standar ASTM C67-03 berada pada variasi campuran abu sabut kelapa 0%, 10%, 15% dan 20% dengan nilai kuat patah secara berturut-turut adalah 3,2 MPa, 3,5MPa, 2,4 MPa, dan 2,1 MPa.
3. Dengan nilai daya serap air yang besar, batu bata disarankan digunakan sebagai dinding dalam dan tidak bisa digunakan sebagai dinding muka. Hal yang terpenting ketika batu bata tetap digunakan sebagai material proses penyusun dinding adalah pada saat pemlesteran dan pengecatan sehingga dinding tidak mengalami rembesan ketika hujan.

5.2 Saran

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

1. Sebaiknya dalam proses pencampuran antara bahan dengan air lebih diperhatikan lagi takarannya supaya didapatkan nilai daya serap air yang lebih baik.
2. Sebaiknya dalam proses pembakaran suhu harus divariasikan supaya didapatkan suhu pembakaran batu bata yang lebih optimal dengan sifat fisis dan mekanik yang lebih baik.
3. Sebaiknya dalam proses pencetakan digunakan mesin press agar diperoleh karakteristik yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, Hendra., dan Mukhlis. 2011. *Kajian Kuat Tekan Beton (Compressive Strength) Pada Beton Dengan Campuran Abu Serabut Kelapa (ASK)*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol 7. No 2.
- Ariyani, Anggun Woro. 2015. *Tinjauan Kualitas Genteng Beton Sebagai Penutup Atap Dengan Bahan Tambah Serat Serabut Kelapa*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ardi, Andi Wahyuni. 2016. *Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Densitas Material Batu Bata dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca*. Skripsi. UIN Alauddin Makassar.
- As, Faisol Khoufi., dkk. 2017. *Peningkatan Kualitas Produk Batu Bata Merah Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Sabut Kelapa dan Abu Serbuk Gergaji*. Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu ISBN: 9-789-7936-499-93.
- Bayuaji, Ridho., dkk. 2015. *Material Inovatif Ramah Lingkungan: Pemanfaatan Komposit Abu Serabut Kelapa dan Fly Ash pada Pasta Semen*. Jurnal Aplikasi. Vol 13. 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 Rekayasa Sipil dan Desain. Vol 1. No 1.
- Febriantama, Aria. 2016. *Analisis Pengaruh Penambahan Zat Additive ISS 2500 Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Dengan dan Tanpa Proses Pembakaran*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Lampung, Lampung.
- Fernanda, Aldy., dkk. 2012. *Studi Kekuatan Pasangan Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Bahan Additive Zeolit*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain. Vol 1. No 1.
- Handayani, Sri. 2010. *Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji*. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan. Vol 12. No 1.
- Huda, Miftakhul., dan Erna Hastuti. 2012. *Pengaruh Temperature Pembakaran Dan Penambahan Abu Terhadap Kualitas Batu Bata*. Jurnal Neutrino. Vol 4. No 2.

- Masthura. 2010. *Karakteristik Batu Bata Dengan Campuran Abu Sekam Padi*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Prayuda, Hakas., dkk. 2018. *Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Bata Merah Di Yogyakarta*. Jurnal Riset Rekayasa Sipil. Vol 1. No 2.
- Rukmana, H. Rahmat. 2003. *Aneka Olahan Kelapa*. Yogyakarta: Kanisius.
- 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.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding*. SNI 15-2094-2000
- Trikarlina, Eka., dkk. 2018. *Pemanfaatan Abu Sabut Kelapa (Cocos Nucifera L.) Dan Pengaruh Penambahan Sikacim Concrete Additive Pada Pembuatan Batako*. Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian. Vol 6. No 1.
- Zebua, Deslina., dan K Sinulingga. 2018. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Terhadap Kekuatan Batu Bata*. Jurnal Einstein. Vol 6. No 2.
- Wulandari, Feny Indrarini. 2011. *Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandits L.F) Pada Paduan Tanah Liat dan Abu Sampah Terhadap Kualitas Batu Bata Merah di Kabupaten Karanganyar*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret.

LAMPIRAN 1
DATA PENGUJIAN DAN PERHITUNGAN

1. Data Pengujian Susut Bakar

Variasi Campuran	Panjang Awal I_0 (cm)	Panjang Akhir I_1 (cm)	Rata-rata Susut Bakar (%)
0%	3	2,5	12,49%
	3	2,7	
	2,8	2,5	
5%	2,7	2,5	9,53%
	2,8	2,5	
	2,9	2,6	
10%	3	2,8	8,89%
	3	2,7	
	3	2,7	
15%	3	2,7	8,89%
	3	2,7	
	3	2,8	
20%	3	2,8	7,78%
	3	2,8	
	3	2,7	

A. Untuk Variasi Campuran Normal

1. Panjang awal (I_0) = 3 cm

Panjang akhir (I_1) = 2,5 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,5) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 16,67 \% \end{aligned}$$

2. Panjang awal (l_0) = 3 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,7 cm
 Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,7) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

3. Panjang awal (l_0) = 2,8 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,5 cm
 Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(2,8 - 2,5) \text{ cm}}{2,8 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10,8 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{16,67 \% + 10 \% + 10,8 \%}{3} \\ &= 12,49 \% \end{aligned}$$

B. Untuk Variasi Campuran 5%

1. Panjang awal (l_0) = 2,7 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,5 cm
 Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(2,7 - 2,5) \text{ cm}}{2,7 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 7,4 \% \end{aligned}$$

2. Panjang awal (l_0) = 2,8 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,5 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(2,8 - 2,5) \text{ cm}}{2,8 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10,8 \% \end{aligned}$$

3. Panjang awal (l_0) = 2,9 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,6 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(2,9 - 2,6) \text{ cm}}{2,9 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10,4 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{7,4 \% + 10,8 \% + 10,4 \%}{3} \\ &= 9,53 \% \end{aligned}$$

C. Untuk Variasi Campuran 10%

1. Panjang awal (l_0) = 3 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,7 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,7) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

2. Panjang awal (l_0) = 3 cm
 Panjang akhir (l_1) = 2,7 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\text{Susut Bakar (\%)} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,7) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \%$$

$$= 10 \%$$

3. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,8 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\text{Susut Bakar (\%)} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,8) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \%$$

$$= 6,67 \%$$

Untuk perhitungan Daya serap air rata-rata:

$$\text{Susut Bakar (\%)} \text{ Rata - rata} = \frac{10 \% + 10 \% + 6,67 \%}{3}$$

$$= 8,89 \%$$

D. Untuk Variasi Campuran 15%

1. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,8 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\text{Susut Bakar (\%)} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,8) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \%$$

$$= 6,67 \%$$

2. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,7 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\text{Susut Bakar (\%)} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,7) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \%$$

$$= 10 \%$$

3. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,7 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,7) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{6,67 \% + 10 \% + 10 \%}{3} \\ &= 8,89 \% \end{aligned}$$

E. Untuk Variasi Campuran 20%

1. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,8 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,8) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 6,67 \% \end{aligned}$$

2. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,8 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,8) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 6,67 \% \end{aligned}$$

3. Panjang awal (l_0) = 3 cm

Panjang akhir (l_1) = 2,7 cm

Susut Bakar (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\%)} &= \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \% = \frac{(3 - 2,7) \text{ cm}}{3 \text{ cm}} \times 100 \% \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Susut Bakar (\% Rata - rata)} &= \frac{6,67 \% + 6,67 \% + 10 \%}{3} \\ &= 7,78 \% \end{aligned}$$

2. Data Pengujian Daya Serap Air

Variasi Campuran	Massa Basah (gram)	Massa Kering (gram)	Rata-Rata Daya Serap Air (%)
0%	30,51	26,33	14,47
	29,67	26,18	
	29,56	25,90	
5%	29,97	26,04	15,23
	30,08	25,90	
	30,29	26,46	
10%	41,80	36,05	16,63
	40,08	34,27	
	33,92	28,99	
15%	34,65	28,47	22,12
	35,13	29,11	
	34,92	28,16	
20%	35,72	27,49	23,68
	33,91	29,04	
	34,15	27,45	

A. Untuk Variasi Campuran Normal

1. Massa kering (Mk) = 26,33 gram

Massa basah (Mb) = 30,51 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air}(\%) &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(30,51 - 26,33)g}{26,33 g} \times 100 \% \\ &= 15,87 \% \end{aligned}$$

2. Massa kering (Mk) = 26,18 gram

Massa basah (Mb) = 29,67 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(29,67 - 26,18)g}{26,18 g} \times 100 \% \\ &= 13,33 \% \end{aligned}$$

3. Massa kering (Mk) = 25,90 gram

Massa basah (Mb) = 29,56 gram

Daya serap Air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(29,56 - 25,90)g}{25,90 g} \times 100 \% \\ &= 14,13 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{15,87 \% + 13,33 \% + 14,13 \%}{3} \\ &= 14,47 \% \end{aligned}$$

B. Untuk Variasi Campuran 5%

1. Massa kering (Mk) = 26,04 gram

Massa basah (Mb) = 29,97 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(29,97 - 26,04)g}{26,04 g} \times 100 \% \\ &= 15,09 \% \end{aligned}$$

2. Massa kering (Mk) = 25,90 gram

Massa basah (Mb) = 30,08 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(30,08 - 25,90)g}{25,90 g} \times 100 \% \\ &= 16,13 \% \end{aligned}$$

3. Massa kering (Mk) = 26,46 gram
 Massa basah (Mb) = 30,29 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air}(\%) &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(30,29 - 26,46)g}{26,46 g} \times 100 \% \\ &= 14,47 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air}(\%) \text{ Rata - rata} &= \frac{15,09 \% + 16,13 \% + 14,47 \%}{3} \\ &= 15,23 \% \end{aligned}$$

C. Untuk Variasi Campuran 10%

1. Massa kering (Mk) = 36,05 gram
 Massa basah (Mb) = 41,80 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air}(\%) &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(41,80 - 36,05)g}{36,05 g} \times 100 \% \\ &= 15,95 \% \end{aligned}$$

2. Massa kering (Mk) = 34,27 gram
 Massa basah (Mb) = 40,08 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air}(\%) &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(40,08 - 34,27)g}{34,27g} \times 100 \% \\ &= 16,95 g \% \end{aligned}$$

3. Massa kering (Mk) = 28,99 gram
 Massa basah (Mb) = 33,92 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air}(\%) &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(33,92 - 28,99)g}{28,99 g} \times 100 \% \\ &= 17 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{15,95 \% + 16,95 \% + 17 \%}{3} \\ &= 16,63 \% \end{aligned}$$

D. Untuk Variasi Campuran 15%

1. Massa kering (Mk) = 28,47 gram

Massa basah (Mb) = 34,65 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(34,65 - 28,47)g}{28,47 g} \times 100 \% \\ &= 21,7 \% \end{aligned}$$

2. Massa kering (Mk) = 29,11 gram

Massa basah (Mb) = 35,13 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(35,13 - 29,11)g}{29,11 g} \times 100 \% \\ &= 20,68 \% \end{aligned}$$

3. Massa kering (Mk) = 28,16 gram

Massa basah (Mb) = 34,92 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100 \% = \frac{(34,92 - 28,16)g}{28,16 g} \times 100 \% \\ &= 24 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{21,7 \% + 20,68 \% + 24 \%}{3} \\ &= 22,12 \% \end{aligned}$$

E. Untuk Variasi Campuran 20%

1. Massa kering (Mk) = 27,49 gram

Massa basah (Mb) = 35,72 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100 \% = \frac{(35,72 - 27,49)g}{27,49 g} \times 100 \% \\ &= 29,9 \% \end{aligned}$$

2. Massa kering (Mk) = 29,04 gram

Massa basah (Mb) = 33,91 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air (\%)} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100 \% = \frac{(33,91 - 29,04)g}{29,04 g} \times 100 \% \\ &= 16,76 \% \end{aligned}$$

3. Massa kering (Mk) = 27,45 gram

Massa basah (Mb) = 34,15 gram

Daya serap air (%) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100 \% = \frac{(34,15 - 27,45)g}{27,45 g} \times 100 \% \\ &= 24,4 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya Serap Air (\%)} \text{ Rata - rata} &= \frac{29,9 \% + 16,76 \% + 24,4 \%}{3} \\ &= 23,68 \% \end{aligned}$$

2. Beban maksimum (P) = 264 kgf

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} \\ &= 6,25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{264 \text{ kgf}}{6,25 \text{ cm}^2} = 42,24 \text{ kgf/cm}^2$$

3. Beban maksimum (P) = 484 kgf

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \\ &= 6,76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{484 \text{ kgf}}{6,76 \text{ cm}^2} = 71,6 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Rata - rata} &= \frac{45,44 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 42,24 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 71,6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{3} \\ &= 53,09 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

B. Untuk Variasi Campuran 5%

1. Beban maksimum (P) = 372 kgf

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\ &= 2,6 \text{ cm} \times 2,6 \text{ cm} \\ &= 6,76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{372 \text{ kgf}}{6,76 \text{ cm}^2} = 55,02 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Beban maksimum (P) = 322 kgf

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

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

$$= 6,25 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{322 \text{ kgf}}{6,25 \text{ cm}^2} = 51,52 \text{ kgf/cm}^2$$

3. Beban maksimum (P) = 272 kgf

Luas bidang permukaan (A) = $s \times s$

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

$$= 6,25 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{272 \text{ kgf}}{6,25 \text{ cm}^2} = 43,52 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat Tekan Rata - rata} = \frac{55,02 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 51,52 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 43,52 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{3}$$

$$= 50,02 \text{ kgf/cm}^2$$

C. Untuk Variasi Campuran 10%

1. Beban maksimum (P) = 366 kgf

Luas bidang permukaan (A) = $s \times s$

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

$$= 6,25 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{366 \text{ kgf}}{6,25 \text{ cm}^2} = 58,56 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Beban maksimum (P) = 250 kgf

Luas bidang permukaan (A) = $s \times s$

$$= 2,8 \text{ cm} \times 2,8 \text{ cm}$$

$$= 7,84 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{250 \text{ kgf}}{7,84 \text{ cm}^2} = 31,88 \text{ kgf/cm}^2$$

3. Beban maksimum (P) = 232 kgf

Luas bidang permukaan (A) = $s \times s$

$$= 2,7 \text{ cm} \times 2,7 \text{ cm}$$

$$= 7,29 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{232 \text{ kgf}}{7,29 \text{ cm}^2} = 31,82 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat Tekan Rata-rata} = \frac{50,56 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 31,88 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 31,82 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{3}$$

$$= 40,76 \text{ kgf/cm}^2$$

D. Untuk Variasi Campuran 15%

1. Beban maksimum (P) = 204 kgf

Luas bidang permukaan (A) = $s \times s$

$$= 2,8 \text{ cm} \times 2,8 \text{ cm}$$

$$= 7,84 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{204 \text{ kgf}}{7,84 \text{ cm}^2} = 26,02 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Beban maksimum (P) = 204 kgf

Luas bidang permukaan (A) = $s \times s$

$$= 2,8 \text{ cm} \times 2,8 \text{ cm}$$

$$= 7,84 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bidang permukaan (A)} &= s \times s \\
 &= 2,9 \text{ cm} \times 2,9 \text{ cm} \\
 &= 8,41 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (σ) sampel berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{188 \text{ kgf}}{8,41 \text{ cm}^2} = 22,35 \text{ kgf/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Tekan Rata-rata} &= \frac{21,17 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 25,57 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} + 22,35 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{3} \\
 &= 23,03 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

4. Data Pengujian Kuat Patah

Variasi Campuran	Jarak Penumpu (m)	Gaya yang mematahkan (N)	Lebar (m)	Tebal (cm)
0%	0,043	980,7	0,024	0,023
	0,043	980,7	0,023	0,024
	0,043	804,17	0,023	0,024
5%	0,043	804,17	0,028	0,026
	0,043	1176,84	0,026	0,026
	0,043	608,03	0,024	0,025
10%	0,043	706,10	0,024	0,024
	0,043	784,56	0,024	0,024
	0,043	784,56	0,024	0,024
15%	0,043	764,95	0,026	0,026
	0,043	608,03	0,026	0,026
	0,043	588,42	0,026	0,026
20%	0,043	568,81	0,026	0,025
	0,043	490,35	0,026	0,025
	0,043	529,58	0,024	0,025

A. Untuk Variasi Campuran Normal

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
 $= 82 \text{ kgf} = 804,17 \text{ N}$

Jarak penumpu (L) $= 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$

Lebar benda uji (b) $= 2,8 \text{ cm} = 0,028 \text{ m}$

Tebal benda uji (h) $= 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$B_s = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(804,17 \text{ kgf})(0,043 \text{ m})}{2(0,028 \text{ m})(0,026 \text{ m})^2} = 2,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$= 2,7 \text{ MPa}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 120 kgf = 1176,84 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,6 cm = 0,026 m

Tebal benda uji (h) = 2,6 cm = 0,026 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$B_s = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(1176,84 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,026 \text{ m})(0,026 \text{ m})^2} = 4,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$= 4,3 \text{ MPa}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 62 kgf = 608,03 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,4 cm = 0,024 m

Tebal benda uji (h) = 2,5 cm = 0,025 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$B_s = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(608,03 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,024 \text{ m})(0,025 \text{ m})^2} = 0,9 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,9 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat Patah Rata - rata} = \frac{2,7 \text{ MPa} + 4,3 \text{ MPa} + 0,9 \text{ MPa}}{3}$$

$$= 2,63 \text{ kgf/cm}^2$$

B. Untuk Variasi Campuran 5%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 100 kgf = 980,7 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,4 cm = 0,024 m

Tebal benda uji (h) = 2,3 cm = 0,023 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(980,7 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,024 \text{ m})(0,023 \text{ m})^2} = 5,06 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
$$= 5,06 \text{ MPa}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P)

= 100 kgf = 980,7 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,3 cm = 0,023 m

Tebal benda uji (h) = 2,4 cm = 0,024 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(980,7 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,023 \text{ m})(0,024 \text{ m})^2} = 4,8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
$$= 4,8 \text{ MPa}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P)

= 82 kgf = 804,17 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,3 cm = 0,023 m

Tebal benda uji (h) = 2,4 cm = 0,024 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(804,17 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,023 \text{ m})(0,024 \text{ m})^2} = 3,9 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
$$= 3,9 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat Patah Rata - rata} = \frac{5,06 \text{ MPa} + 4,8 \text{ MPa} + 3,9 \text{ MPa}}{3}$$
$$= 4,6 \text{ MPa}$$

C. Untuk Variasi Campuran 10%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 72 kgf = 706,10 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,4 cm = 0,024 m

Tebal benda uji (h) = 2,4 cm = 0,024 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(706,10 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,024 \text{ m})(0,024 \text{ m})^2} = 3,3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
$$= 3,3 \text{ MPa}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 80 kgf = 784,56 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,4 cm = 0,024 m

Tebal benda uji (h) = 2,4 cm = 0,024 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(784,56 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,024 \text{ m})(0,024 \text{ m})^2} = 3,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
$$= 3,7 \text{ MPa}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 80 kgf = 784,56 N

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm = 0,043 m

Lebar benda uji (b) = 2,4 cm = 0,024 m

Tebal benda uji (h) = 2,4 cm = 0,024 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(784,56 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,024 \text{ m})(0,024 \text{ m})^2} = 3,7 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$
$$= 3,7 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat Patah Rata - rata} = \frac{3,3 \text{ MPa} + 3,7 \text{ MPa} + 3,7 \text{ MPa}}{3}$$
$$= 3,5 \text{ MPa}$$

D. Untuk Variasi Campuran 15%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 78 kgf = 264,95 N

$$\text{Jarak penumpu (L)} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$\text{Lebar benda uji (b)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\text{Tebal benda uji (h)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(264,95 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,026 \text{ m})(0,026 \text{ m})^2} = 2,8 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\ = 2,8 \text{ MPa}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 62 kgf = 608,03 N

$$\text{Jarak penumpu (L)} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$\text{Lebar benda uji (b)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\text{Tebal benda uji (h)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(608,03 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,026 \text{ m})(0,026 \text{ m})^2} = 2,2 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\ = 2,2 \text{ MPa}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 60 kgf = 588,42 N

$$\text{Jarak penumpu (L)} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$\text{Lebar benda uji (b)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\text{Tebal benda uji (h)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$Bs = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(588,42 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,026 \text{ m})(0,026 \text{ m})^2} = 2,1 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\ = 2,1 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Patah Rata - rata} &= \frac{2,8 \text{ MPa} + 2,2 \text{ MPa} + 2,1 \text{ MPa}}{3} \\ &= 2,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

E. Untuk Variasi Campuran 20%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 58 kgf = 568,81 N

$$\text{Jarak penumpu (L)} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$\text{Lebar benda uji (b)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\text{Tebal benda uji (h)} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} Bs &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(568,81 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,026 \text{ m})(0,025 \text{ m})^2} = 2,2 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\ &= 2,2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 50 kgf = 490,35 N

$$\text{Jarak penumpu (L)} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$\text{Lebar benda uji (b)} = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\text{Tebal benda uji (h)} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned} Bs &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(490,35 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,026 \text{ m})(0,025 \text{ m})^2} = 1,9 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\ &= 1,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P)
= 54 kgf = 529,50 N

$$\text{Jarak penumpu (L)} = 4,3 \text{ cm} = 0,043 \text{ m}$$

$$\text{Lebar benda uji (b)} = 2,4 \text{ cm} = 0,024 \text{ m}$$

$$\text{Tebal benda uji (h)} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan:

$$B_s = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3(529,50 \text{ N})(0,043 \text{ m})}{2(0,024 \text{ m})(0,025 \text{ m})^2} = 2,2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$= 2,2 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat Patah Rata - rata} = \frac{2,2 \text{ MPa} + 1,9 \text{ MPa} + 2,2 \text{ MPa}}{3}$$

$$= 2,1 \text{ MPa}$$

LAMPIRAN 2
GAMBAR ALAT DAN BAHAN

A. Gambar Alat Percobaan

1. *Universal Testing Machine (UTM)*



2. Tanur (Tungku Pembakaran)



3. Ayakan 100 mesh



4. Neraca Analitik



5. Cetakan batu bata



6. Jangka sorong dan Mistar



7. Gelas ukur 500 ml



B. Gambar Bahan Percobaan

1. Tanah Liat

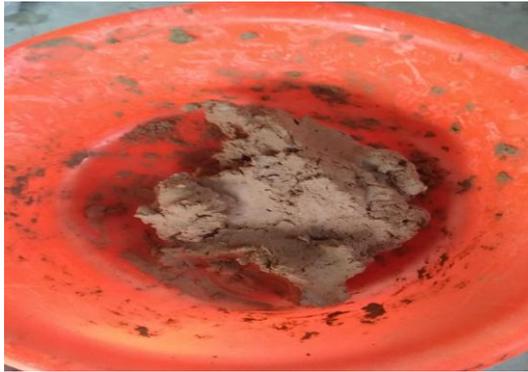


2. Abu Sabut Kelapa



LAMPIRAN 3
GAMBAR PROSES PEBUATAN BATU BATA

1. Proses Pencampuran bahan



2. Proses pencetakan batu bata



3. Proses penjemuran batu bata



4. Pembakaran batu bata

Proses



5. Sampel batu bata



LAMPIRAN 4
GAMBAR PROSES PENGUJIAN BATU BATA

1. Pengujian Porositas



2. Pengujian Kuat Tekan



3. Pengujian Kuat Patah

