

TUGAS AKHIR
ANALISIS KARAKTERISTIK BATA TANPA BAKAR BERBAHAN
DASAR TANAH SILT DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR
SEBAGAI PENGGANTI SEMEN

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

Disusun Oleh :

ALFATH HUSAINI

2107210023



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alfath Husaini
NPM : 2107210023
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbahan Dasar Tanah Silt Dengan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen
Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian:

Medan, 16 September 2025

Dosen Pembimbing



Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alfath Husaini
NPM : 2107210023
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbahan Dasar Tanah Silt Dengan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 16 September 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding I



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T., M.T

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfath Husaini
Tempat/Tanggal Lahir : Perdamaian, 24 Juni 2004
NPM : 2107210023
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Ilmu : Struktur

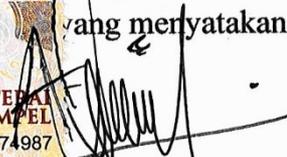
Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbahan Dasar Tanah Silt Dengan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen”.

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 September 2025
yang menyatakan,

Alfath Husaini



ABSTRAK

ANALISIS KARAKTERISTIK BATA TANPA BAKAR BERBAHAN DASAR TANAH SILT DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEMEN

Alfath Husaini

2107210023

Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Batu bata telah lama menjadi material utama dalam industri konstruksi, namun proses pembakaran pada pembuatan bata konvensional menghasilkan polusi udara serta emisi karbon yang tinggi. Oleh karena itu, pengembangan bata tanpa bakar menjadi salah satu alternatif yang lebih ramah lingkungan. Dalam penelitian ini digunakan tanah silt sebagai bahan dasar karena teksturnya yang halus, meskipun memiliki kelemahan berupa daya dukung rendah. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, ditambahkan serbuk cangkang telur (SCT) sebagai bahan substitusi sebagian semen. SCT dipilih karena kandungan kalsium karbonatnya yang tinggi sehingga berpotensi menjadi pengikat alami, sekaligus memanfaatkan limbah organik yang jumlahnya melimpah. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan metode eksperimental menggunakan 36 sampel bata dalam empat variasi campuran: kontrol (15% semen), 10% semen + 5% SCT, 5% semen + 10% SCT, serta 15% SCT tanpa semen. Pengujian yang dilakukan meliputi massa jenis, kadar garam, penyerapan air, kuat tekan, daya tahan, serta konduktivitas termal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bata kontrol memiliki kualitas terbaik dengan kuat tekan 8,09 MPa dan penyerapan air 19,2%. Penambahan SCT justru menurunkan kuat tekan menjadi 2,90–3,97 MPa serta meningkatkan penyerapan air melebihi standar SNI, meskipun mampu menurunkan nilai konduktivitas termal. Dengan demikian, SCT dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan ramah lingkungan, namun penggunaannya perlu dibatasi agar tidak menurunkan kualitas fisik dan mekanik bata.

Kata Kunci : Bata Tanpa Bakar, Serbuk Cangkang Telur

ABSTRACT

CHARACTERISTIC ANALYSIS OF UNFIRED BRICKS MADE FROM SILT WITH EGGSHELL POWDER AS A CEMENT SUBSTITUTE

Alfath Husaini

2107210023

Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Bricks have long been a primary material in the construction industry, but the firing process in conventional brick making produces air pollution and high carbon emissions. Therefore, the development of unfired bricks is a more environmentally friendly alternative. In this study, silt was used as the base material due to its fine texture, although it has the disadvantage of low bearing capacity. To overcome this deficiency, eggshell powder (SCT) was added as a partial cement substitute. SCT was chosen because of its high calcium carbonate content, making it a potential natural binder and utilizing abundant organic waste. This research was conducted at the Civil Engineering Laboratory of the University of Muhammadiyah North Sumatra using experimental methods using 36 brick samples in four mixture variations: control (15% cement), 10% cement + 5% SCT, 5% cement + 10% SCT, and 15% SCT without cement. Tests included density, salt content, water absorption, compressive strength, durability, and thermal conductivity. The results showed that the control brick had the best quality, with a compressive strength of 8.09 MPa and water absorption of 19.2%. The addition of SCT actually reduced the compressive strength to 2.90–3.97 MPa and increased water absorption, exceeding the Indonesian National Standard (SNI) standard, although it did reduce the thermal conductivity. Therefore, SCT can be used as an environmentally friendly additive; however, its use should be limited to avoid compromising the physical and mechanical qualities of the brick.

Keywords: Unfired Brick, Eggshell Powder

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbahan Dasar Tanah Silt dengan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Pengganti Semen” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

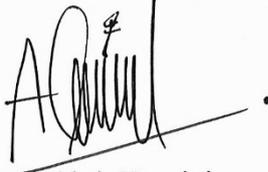
1. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida ST, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Terimakasih yang istimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Mariadi dan Ibunda tercinta Suri Nurlista yang telah bersusah payah mendidik dan

membiyai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman – teman saya yang banyak membantu dan mengarahkan disetiap masalah yang ditemukan selama riset dan memberikan banyak ilmu dan pengalaman dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 16 September 2025



Alfath Husaini

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bata Tanpa Bakar	5
2.2 Tanah Silt	7
2.3 Serbuk Cangkang Telur	7
2.4 Syarat Mutu Bata	7
2.5 Sifat Fisik & Sifat mekanik Bata Tanpa Bakar	9
2.5.1 Massa Jenis Bata Tanpa Bakar	9
2.5.2 Kadar Garam Bata Tanpa Bakar	10
2.5.3 Penyerapan Air bata Tanpa Bakar	10
2.5.4 Kuat Tekan Bata Tanpa Bakar	10
2.6 Konduktivitas Termal Bata Tanpa Bakar	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	12
3.1 Diagram Alir Penelitian	12

3.2	Metode Penelitian	13
3.2.1	Data Primer	13
3.2.2	Data Sekunder	13
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.4	Bahan dan Peralatan yang Digunakan Dalam Penelitian	14
3.5	Prosedur Penelitian	22
3.5.1	Pembuatan Serbuk Cangkang Telur	22
3.5.2	Pembuatan Sampel	23
3.6	Variasi Komposisi dan Populasi Sampel	24
3.7	Pengujian Sampel Bata Tanpa Bakar	25
3.7.1	Pengujian Massa Jenis Bata Tanpa Bakar	26
3.7.2	Pengujian Kadar Garam Bata Tanpa Bakar	26
3.7.3	Pengujian Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar	26
3.7.4	Pengujian Kuat Tekan Bata Tanpa Bakar	27
3.7.5	Pengujian Daya Tahan Bata Tanpa Bakar	27
3.7.6	Pengujian Konduktivitas Termal Bata Tanpa Bakar	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil Campuran Bata	30
4.2	Analisa Pemeriksaan Tanah	30
4.2.1	Hasil Analisa Butiran Tanah Silt	30
4.2.2	Hasil Kadar Air Tanah Silt	31
4.2.3	Hasil Indeks Plastisitas Tanah Silt	31
4.3	Hasil Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	32
4.3.1	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus	32
4.3.2	Hasil Kadar Lumpur Agregat Halus	33
4.3.3	Hasil Kadar Air Agregat Halus	33
4.4	Hasil Massa jenis Bata Tanpa Bakar	33
4.5	Hasil Kadar Garam Bata Tanpa Bakar	33
4.6	Hasil Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar	35
4.7	Hasil Kuat Tekan Bata Tanpa Bakar	36
4.8	Hasil Daya Tahan Tanpa Bakar	38
4.9	Hasil Konduktivitas Termal Bata Tanpa Bakar	40

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Standar Bata	8
Tabel 2.2 Standar Nilai Kuat Tekan Bata	8
Tabel 3.1 Mix Design Dan Populasi Sampel	25
Tabel L.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Butiran Tanah Silt	48
Tabel L.2 Kadar Air Tanah Silt	48
Tabel L.3 Indeks Plastisitas Tanah Silt	49
Tabel L.4 Analisa Saringan	49
Tabel L.5 Analisa Kadar Lumpur	50
Tabel L.6 Analisa Kadar Air	50
Tabel L.7 Massa Jenis Bata	50
Tabel L.8 Kadar Garam Bata	51
Tabel L.9 Penyerapan Air Bata	51
Tabel L.10 Kuat Tekan Bata	52
Tabel L.11 Daya Tahan Bata	52
Tabel L.12 Tabel Konduktivitas Termal	53
Tabel L.12 <i>Lanjutan</i>	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 3. 2 Tanah Silt	14
Gambar 3. 3 Serbuk Cangkang Telur	15
Gambar 3. 4 Semen Portland	15
Gambar 3. 5 Air	16
Gambar 3. 6 Pasir	16
Gambar 3. 7 Cetakan Bata	17
Gambar 3. 8 Sketsa Mesin Hidrolik Press dan Cetakan Bata	17
Gambar 3. 9 Mesin Hidrolik Press	18
Gambar 3. 10 Gelas Ukur	18
Gambar 3. 11 Saringan	19
Gambar 3. 12 Timbangan Digital	19
Gambar 3. 13 Pan	20
Gambar 3. 14 Ember	20
Gambar 3. 15 Skrap	21
Gambar 3. 16 Cangkul Kecil	21
Gambar 3. 17 Penggaris	22
Gambar 3. 18 Proses Pembersihan Cangkang Telur	23
Gambar 3. 19 Proses Menghaluskan Cangkang Telur	23
Gambar 3. 20 Dimensi Bata	25
Gambar 3. 21 Alat Uji Termal Konduktivitas	28
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Butiran Tanah Lanau	30
Gambar 4. 2 Analisa Butiran	31
Gambar 4. 3 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	32
Gambar 4. 4 Grafik Massa Jenis	34
Gambar 4. 5 Proses Pengujian Kadar Garam	34
Gambar 4. 6 Hasil Benda Uji Kadar Garam	35
Gambar 4. 7 Grafik Pengujian Kadar Garam	35
Gambar 4. 8 Perendaman Benda Uji Penyerapan Air	36
Gambar 4. 9 Perendaman Benda Uji Penyerapan Air	36

Gambar 4. 10 Grafik Pengujian Penyerapan Air	37
Gambar 4. 11 Proses Pengujian Kuat Tekan	37
Gambar 4. 12 Setelah Pengujian Kuar Tekan	38
Gambar 4. 13 Grafik Pengujian Kuat Tekan	38
Gambar 4. 14 Perendaman Benda Uji Selama 24 Jam	39
Gambar 4. 15 Pengeringan Benda Uji Dengan Oven Selama 24 Jam	39
Gambar 4. 16 Benda Uji Yang Mengalami Kehancuran Akibat Pengujian Daya Tahan	40
Gambar 4. 17 Grafik Daya Tahan Bata Tanpa Bakar	40
Gambar 4. 18 Grafik Konduktivitas Termal Kontrol	41
Gambar 4. 19 Grafik Konduktivitas Termal Variasi 1	42
Gambar 4. 20 Grafik Konduktivitas Termal Variasi 2	42
Gambar 4. 21 Grafik Konduktivitas Termal Variasi 3	43
Gambar 4. 22 Grafik Konduktivitas Termal Variasi Termal	43

DAFTAR NOTASI

w	: Berat (kg)
v	: Volume (m^3)
A	: Luas Penampang (cm^2)
σ	: Kuat Tekan Bata (Kg/cm^2)
P	: Kuat Tekan Benda Uji (Kg)
λ	: Konduktivitas Termal ($W/m^{\circ}C$)
Q	: Laju aliran panas (W)
Δx	: Ketebalan material (m)
ΔT	: Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama berabad-abad, batu bata telah menjadi salah satu bahan terpenting yang digunakan dalam industri konstruksi. Batu bata dibentuk dari tanah liat kemudian dikeringkan atau dibakar. Namun, peran penting batu bata fungsinya tidak hanya terbatas pada elemen struktural seperti dinding dan pondasi, batu bata dibuat untuk tujuan tidak struktural yang beragam, termasuk sebagai elemen struktural utama yang menghubungkan dan melengkapi bagian bangunan dan menonjolkan ciri khas arsitektur yang berbeda. Jumlah batu bata yang digunakan telah meningkat seiring jumlah penduduk dan permintaan pembangunan rumah untuk mereka. Oleh karena itu, produksi batu bata menjadi salah satu kegiatan yang utama tetapi terlupakan selama berabad-abad di semua negara.

Tanah silt biasanya berwarna abu-abu kehitaman, bertekstur halus, dan memiliki kapasitas menahan air yang tinggi. Karakteristik ini membuat lanau memiliki daya dukung yang rendah, sehingga kurang efektif dalam menopang beban konstruksi (Bagus Yusuf Mahendra et al., 2025).

Pembuatan bata tanpa bakar (*Unfired Brick*) adalah alternatif yang efisien dalam proses produksi karena menghilangkan proses pembakaran yang panjang. Selain menghemat waktu, proses ini juga lebih ramah lingkungan, mengingat proses pembakaran pada batu bata bakar menghasilkan polusi udara dalam bentuk asap dan pembakaran kayu bakar yang berlebihan, yang dapat berdampak buruk pada keberlanjutan lingkungan (Riyanto et al., 2021).

Serbuk cangkang telur merupakan hasil pengolahan limbah cangkang telur yang dibersihkan, dikeringkan dan di blender untuk menghasilkan serbuk cangkang telur. Limbah dari pengolahan ini adalah kandungan kalsium karbonat yang signifikan yang juga merupakan unsur utama semen Portland. Hal ini membuat bubuk cangkang telur dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi sebagian semen untuk menghasilkan semen ramah lingkungan. Tidak hanya membantu

memperpendek sampah organik, semen dicampur bubuk cangkang telur juga membantu mengurangi permintaan semen, yang merupakan komponen produksi dengan emisi karbon tinggi. Proporsi persentase campuran semen bubuk cangkang telur yang berbeda-beda digunakan dalam penelitian ini, dan menghasilkan 2,5% bubuk cangkang telur sebagai persentase kinerja campuran yang optimal dalam mempertahankan kuat tekannya (Pohan & Rambe, 2022).

Tanah silt dengan kapasitas menahan air yang tinggi dan ukuran partikel yang halus dapat digunakan sebagai bahan baku bata tanpa bakar meskipun daya dukungnya rendah. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menambahkan serbuk cangkang telur ke dalam campuran, yang mengandung kalsium karbonat dalam jumlah tinggi sebagai pengikat alami, sehingga menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dengan kadar limbah organik yang lebih rendah. Kombinasi keduanya mampu menghasilkan bata tanpa bakar dengan sifat mekanis yang lebih baik.

Dari pertimbangan tersebut, maka pada Tugas Akhir dari peneliti ini ingin mengetahui beberapa penjelasan tersebut, maka peneliti bermaksud melakukan penelitian. Oleh karena itu diambil judul “ANALISIS KARAKTERISTIK BATA TANPA BAKAR BERBAHAN DASAR TANAH SILT DENGAN SERBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI PENGGANTI SEMEN”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil dari latar belakang yang dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk cangkang telur terhadap karakteristik fisik dan mekanik bata tanpa bakar berbahan dasar tanah silt?
2. Apa kelebihan dan kekurangan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan bata tanpa bakar dari tanah silt?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup penelitian yang dilakukan adalah :

1. Pencetakan bata dilakukan secara manual dengan menggunakan mesin Hidrolik Press pada tekanan 5 Mpa.

2. Limbah yang digunakan untuk bahan pencampur adalah cangkang telur ayam yang berasal dari penjual mie balap.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk cangkang telur terhadap karakteristik fisik dan mekanik bata tanpa bakar berbahan dasar tanah silt.
2. Untuk mengevaluasi kelebihan dan kekurangan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan bata tanpa bakar dari tanah silt.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan sebagai sumber rujukan untuk penelitian selanjutnya.
2. Memanfaatkan limbah organik sebagai bahan tambahan untuk membuat material dan ramah lingkungan dalam industri konstruksi.
3. Memberikan alternatif pemanfaatan tanah silt sebagai bahan baku pembuatan bata tanpa bakar.

1.6 Sistematika Penulisan

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

1. BAB 1 PENDAHULUAN

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

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori dari penelitian ini.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang metode penelitian, bahan yang digunakan dan teori-teori yang digunakan dalam penelitian.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapatkan selama penelitian.

5. BAB 5 KESIMPULAN & SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran selama penelitian.

DARTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bata Tanpa Bakar

Bata tanpa bakar telah digunakan oleh manusia sejak sekitar 8000 tahun SM dan merupakan salah satu bahan konstruksi tertua dalam sejarah peradaban. Bata tanpa bakar diproduksi dari campuran tanah liat, lumpur, jerami, dan bahan organik lainnya yang dibentuk dengan bantuan cetakan kayu dan dijemur tanpa dibakar. Bukti arkeologis menunjukkan bahwa teknologi tersebut berkembang di Timur Tengah seperti Mesopotamia dan Mesir Kuno dan digunakan dalam pembangunan rumah, tembok, dan bangunan besar seperti piramida. Penggunaan bata tanpa bakar mencerminkan kreativitas manusia kuno dalam memanfaatkan sumber daya alam dengan cara yang sederhana namun efektif untuk memenuhi permintaan akan tempat tinggal (Patients et al., 2012).

Pada proses pembuatan bata tanpa bakar dilakukan dengan mencampur tanah liat dengan campuran semen, pasir, dan bahan tambahan sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan. Campuran tersebut diaduk hingga rata dan ditambahkan air hingga mencapai batas kadar air yang diinginkan. Selanjutnya campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan secara bersamaan, kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan pada suhu ruang selama 14 hari, 21 hari, dan 28 hari (Andre & Iagian, 2010).

Proses kompresi dalam pembuatan bata tanpa bakar (BTP) terbukti dapat meningkatkan kuat tekan bata secara signifikan, semakin tinggi tekanan kompaksi yang diberikan misalnya dari 5 MPa hingga 20 Mpa maka kuat tekan bata dapat meningkat hingga 70%. Metode kompaksi seperti dinamik dan vibrostatik turut berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan mekanik bata, di mana kompaksi dinamik terbukti lebih efektif dibandingkan metode lainnya. Kompresi ini tidak hanya memperkuat ikatan antar partikel tanah yang telah dicampur dengan stabilisator seperti semen atau kapur, tetapi juga meminimalkan porositas sehingga

bata menjadi lebih padat dan tahan terhadap tekanan maupun kelembapan (F. V. Riza et al., 2010).

Di dalam paper (F. V. Riza et al., 2010) juga menjelaskan, Indeks Plastisitas merupakan salah satu sifat yang menentukan kualitas tanah yang akan digunakan sebagai bahan baku bata tekan. Tanah dengan indeks plastisitas rendah, biasanya di bawah 15, lebih stabil dan mudah dipadatkan, sehingga akan menghasilkan bata yang lebih kuat dan tidak retak. Sebaliknya, jika indeks plastisitasnya terlalu tinggi, lebih dari 20, tanah tersebut terlalu plastis dan tidak mudah dipadatkan, sehingga bata yang dihasilkan memiliki kuat tekan yang rendah. Karena itu, tanah harus dianalisis sebelum digunakan untuk mengetahui status plastisitasnya sehingga jenis stabilisator yang tepat dan metode pemadatan yang optimal dapat digunakan untuk mencapai hasil terbaik.

Hasil penelitian sebelumnya (Riyanto et al., 2021), dalam pengujian yang dilaksanakan hasil uji kuat tekan pada komposisi tersebut masih dibawah syarat Kuat Tekan Bata Merah sesuai SNI 15-2094 2000 dimana minimal kuat tekan bata sebesar 50 kg/cm², namun memenuhi syarat Kuat Tekan Bata Beton sesuai SNI 03-0349-1989 untuk tingkat mutu bata beton pejal kelas III dengan minimal 40 kg/cm² dan kelas IV dengan minimal 25 kg/cm².

Didalam penelitian (Niyomukiza et al., 2022), Bata tanpa bakar yang dicampur dengan 20–25% bahan organik tersebut mampu mencapai kekuatan tekan hingga 4,23 N/mm², melebihi standar minimum untuk bata biasa. Selain itu, bata tersebut menunjukkan daya serap air yang masih dalam batas aman (16–18%) dan mampu bertahan dari uji ketahanan api tanpa retak.

Penelitian yang dilakukan oleh (Witjaksana et al., 2016), batu bata yang diproduksi dengan proses pembakaran dan menggunakan campuran natrium hidroksida serta natrium silikat memiliki kuat tekan lebih rendah, yaitu 1,048 MPa, dibandingkan dengan batu bata tanpa pembakaran yang menggunakan campuran serupa, yang mencapai kuat tekan sebesar 1,28 MPa.

2.2 Tanah Silt

Tanah silt adalah tanah berbutir halus dengan ukuran partikel antara 0,002 mm dan 0,0074 mm, yang sebagian besar terdiri dari mineral kuarsa dan feldspar. Sifat fisiknya berada di antara pasir dan lempung, dengan plastisitas rendah, permeabilitas rendah, kepadatan relatif rendah, dan kesulitan dalam pemadatan. Tanah ini dalam sebagian besar kasus memiliki kekuatan geser yang rendah setelah diberi beban, sehingga membatasi daya dukungnya (Zulmi et al., 2018).

Hasil penelitian sebelumnya (Elianora, 2010), Batu bata yang dihasilkan rata-rata menghasilkan penyerapan air diatas standar SNI yaitu maksimal 20%. Penyerapan terbesar terdapat pada variasi 1:1:1/8 di lapisan atas tungku pembakaran yaitu sebesar 29,56%.

2.3 Serbuk Cangkang Telur

Kulit telur merupakan limbah organik yang jumlahnya terus bertambah seiring dengan meningkatnya produksi telur di sektor peternakan dan pemanfaatannya di sektor pangan seperti toko roti, dan mie balap. Rata-rata berat kulit telur sekitar 5,5 gram dan tersusun atas komponen utama berupa kalsium karbonat dalam jumlah yang sangat besar, yakni sekitar 95–97%. Selain kalsium, kulit telur juga mengandung bahan-bahan lain yang bermanfaat seperti fosfor, magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga. Karena sebagian besar kulit telur terdiri dari kalsium, maka kulit telur memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan pelengkap dalam pembuatan semen (Siti Fitriani et al., 2017).

Hasil penelitian terdahulu (Tangboriboon et al., 2016), Menambahkan 20% berat bubuk cangkang telur dan dibakar pada suhu 1000°C selama 5 jam, memiliki kuat tekan dan kekerasan yang tinggi (8,28 MPa dan $8,79 \pm 0,60$ HV).

2.4 Syarat Mutu Bata

Standarisasi adalah persyaratan yang mutlak dan menjadi satu pedoman penting dari suatu industri di suatu negara. Salah satunya adalah standarisasi untuk pembuatan material bangunan seperti batu bata.

Menurut (SNI-15-2094-2000) syarat mutu dari bata adalah :

1. Sifat Tampak

Bata untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak-retak.

2. Ukuran dan Toleransi

Standar batu bata merah di Indonesia oleh BSN (Badan Standar Nasional) nomor 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk batu bata merah.

Tabel 2. 1 : Ukuran Standar Bata

Modul	Tinggi	Lebar	Panjang
M-5a	65±2	92±2	190±4
M-5b	65±2	100±2	190±4
M-6a	52±3	110±2	230±5
M-6b	55±3	110±2	230±5
M-6c	70±3	110±2	230±5
M-6c	80±3	110±2	230±5

3. Kuat Tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diijinkan untuk bata merah pasangan dinding sesuai nilai kuat tekan nya sebagai berikut:

Tabel 2. 2 : Standar Nilai Kuat Tekan Bata

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 bata yang diuji kg/cm ² (Mpa)		Koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji (%)
	Kgf/cm ²	N/mm ²	
50	50	5,0	22
100	100	10,0	15
150	150	15,0	15

4. Penyerapan Air

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%.

5. Kadar Garam

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.

Pada penelitian terdahulu (Frapanti et al., 2023) Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian, kesimpulan yang dapat diambil antara lain pengujian sifat tampak untuk warna seragam 80%, nyaring bila dipukul 66,7%, sudut siku 53%, datar 86,7%, tidak retak 86,7% dari standar SNI 15-2094-2000. Untuk ukuran dan toleransi 66,6% tidak memenuhi SNI 15-2094-2000, untuk kuat tekan rata-rata 100% tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000 karena di bawah 5 Mpa, dan hasil penyerapan air memenuhi standar SNI 15-2094-2000 karena di bawah 20 % dan hasil kandungan garam kurang dari 50% berarti memenuhi SNI 15-2094-2000. Dengan demikian batu bata di 15 kecamatan di Deli Serdang hanya sifat tampak, kandungan garam dan daya serap air yang memenuhi standar SNI 15-2094-2000.

2.5 Sifat Fisik & Sifat Mekanik Bata Tanpa Bakar

Sifat fisik batu bata tanpa bakar menggambarkan kondisi material terkait massa, porositas, serta ketahanannya terhadap pengaruh lingkungan, sedangkan sifat mekanik menjelaskan kemampuan bata dalam menerima dan menahan beban, terutama beban tekan.

2.5.1 Massa Jenis Bata Tanpa Bakar

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat benda uji dibagi dengan volume benda uji. Hasil penelitian terdahulu (Ngayakamo et al., 2020), Penggabungan serbuk granit dan serbuk cangkang telur di FCB menunjukkan peningkatan yang signifikan fisik-mekanis. Sampel FCB dengan 20% dan 10% ESP memberikan berat jenis 1,76 gr/cm³.

2.5.2 Kadar Garam Bata Tanpa Bakar

Kadar garam adalah endapan garam-garam yang larut air dan muncul di permukaan atau dekat permukaan bata yang berpori (Kishore, 2016).

Pada penelitian terdahulu (Suryani et al., 2020), dalam pengujian yang dilaksanakan, hasil yang didapatkan pada seluruh benda uji dalam berbagai variasi campuran adalah 0%. Hal ini dimaksudkan bahwa tidak terdapat garam pada permukaan batu bata.

2.5.3 Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar

Penyerapan air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terserap oleh bahan bata setelah direndam dibandingkan dengan berat keringnya (Mobilier et al., 2024).

Pada penelitian sebelumnya (Ngayakamo et al., 2020), penggabungan serbuk granit dan serbuk cangkang telur di FCB menunjukkan peningkatan yang signifikan fisik-mekanis. Sampel FCB dengan 20% dan 10% ESP memberikan nilai serapan air sebesar 12,2 %.

2.5.4 Kuat Tekan Bata Tanpa Bakar

Pengujian kuat tekan batu bata merah dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat hancur, yang merupakan perbandingan antara beban maksimum yang diberikan sampai batu bata merah hancur. Pada penelitian terdahulu (Irwansyah et al., 2018), komposisi pasir sebagai bahan campuran pembuatan batu bata tanpa bakar sebanyak 20 % menghasilkan kuat tekan sebesar 6,14 Mpa.

2.6 Konduktivitas Termal Bata Tanpa Bakar

Konduksi adalah perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang lain karena terjadi persinggungan fisik atau menempel tanpa terjadinya perpindahan molekul-molekul dari benda padat itu sendiri. Konduktivitas panas suatu bahan adalah ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas (termal). Maka persamaannya adalah :

$$\lambda = \frac{Q \cdot \Delta x}{\Delta T \cdot A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

λ = Konduktivitas Termal (W/m°C)

Q = Laju aliran panas (W)

Δx = Ketebalan material (m)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

A = Luas Penampang (m²)

Konduktivitas termal merupakan salah satu parameter terpenting dalam menilai kinerja termal dari Compressed Earth Brick (CEB), bahwa nilai konduktivitas termal dari bata yang tidak dibakar relatif lebih rendah dibandingkan dengan bata tanah liat yang dibakar. Hal ini dikarenakan struktur mikro CEB mempertahankan komposisi mineral aslinya dan memiliki porositas yang lebih tinggi, sehingga membatasi perpindahan panas. Sebaliknya, pembakaran pada bata tradisional mengubah struktur mineral menjadi fase kaca dan kristal baru yang meningkatkan konduktivitas termal (F. V. Riza & Rahman, 2015).

Pada penelitian terdahulu (Sulaiman, 2018), Konduktivitas termal dari penambahan silika hasil ekstraksi dari lumpur lapindo bernilai 1,31 W/m.K.

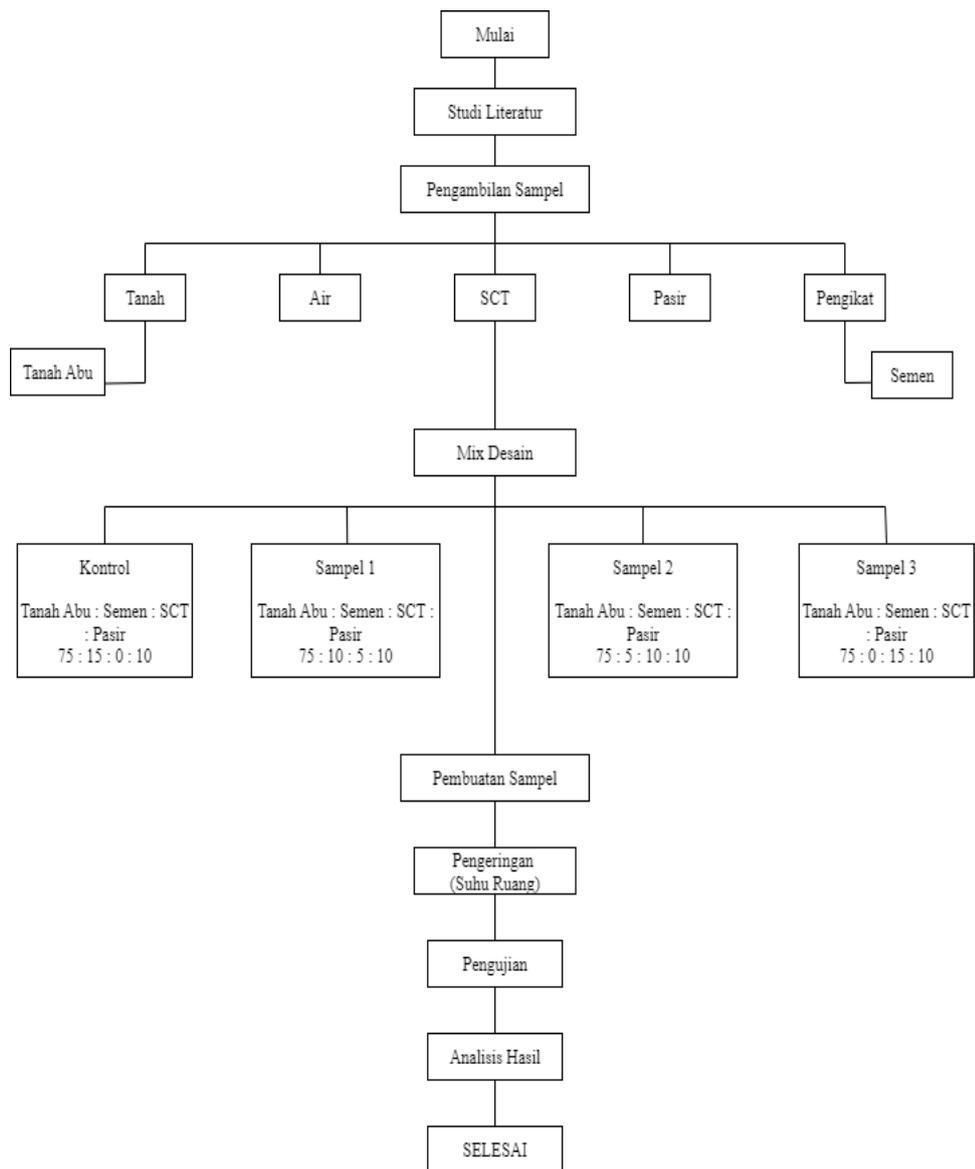
Pada penelitian sebelumnya (Fakhdilah Bustumi dan Abdul Ghofur, 2021), Konduktivitas penurunan termal dengan mengalami bertambahnya volume serbuk kayu ulin dengan nilai konduktivitas termal paling kecil sebesar 0,041 W/m°C.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian yang akan dilaksanakan sebagai berikut :



Gambar 3. 1 : Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode Penelitian

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

3.2.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan di laboratorium, yaitu:

1. Pengujian Massa Jenis
2. Pengujian Kadar Garam
3. Pengujian Penyerapan Air
4. Pengujian Kuat Tekan
5. Pengujian Uji Daya Tahan
6. Pengujian Konduktivitas Termal

3.2.2 Data Sekunder

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

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Kegiatan yang akan dilaksanakan pada waktu yang telah ditentukan diawali dengan tahap observasi, dimulai dengan penyusunan proposal penelitian serta seminar proposal. Selanjutnya, dilaksanakan penelitian yang mencakup pembuatan sampel, masa curing, dan pengujian sampel untuk pengumpulan data dan analisis data.

3.4 Bahan dan Peralatan yang Digunakan Dalam Penelitian

A. Bahan yang digunakan dalam pembuatan bata adalah :

1. Tanah Silt

Tanah merupakan bahan utama pembuatan bata tanpa bakar ini, tanah silt yang digunakan adalah tanah yang berasal dari tanah lokal daerah kabupaten Deli Serdang. Tanah yang digunakan telah melalui proses pengeringan dibawah matahari hingga kadar airnya berkurang dan penyaringan dengan menggunakan saringan no 8.



Gambar 3. 2 : Tanah Silt

2. Serbuk Cangkang Telur

Cangkang Telur yang digunakan adalah cangkang telur yang diambil dari pedagang makanan kaki lima di sekitar Kota Medan. Untuk mendapatkan cangkang telur yang sudah menjadi serbuk, terlebih dahulu cangkang telur dibersihkan, kemudian dikeringkan menggunakan oven setelah itu cangkang telur dihaluskan menjadi serbuk dengan menggunakan blender lalu serbuk diayak menggunakan ayakan nomor 16.



Gambar 3. 3 : Serbuk Cangkang Telur

3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland Tipe 1 dengan merek Semen Padang yang sesuai dengan standar yang sudah ditentukan.



Gambar 3. 4 : Semen Portland

4. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang bersumber dari PDAM Tirtanadi yang ada di Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Air digunakan dalam proses pembuatan bata agar terjadinya proses kimiawi dengan semen yang menyebabkan adanya pengikatan dan berlangsungnya pengerasan pada bata.



Gambar 3. 5 : Air

5. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir yang dibeli di toko bangunan yang berasal dari sungai. Untuk mendapatkan butiran yang halus peneliti mengayak pasir menggunakan saringan No 8 yang berada di laboratorium UMSU.



Gambar 3. 6 : Pasir

B. Peralatan

Alat-alat yang digunakan pada pembuatan bata adalah :

1. Cetakan Bata

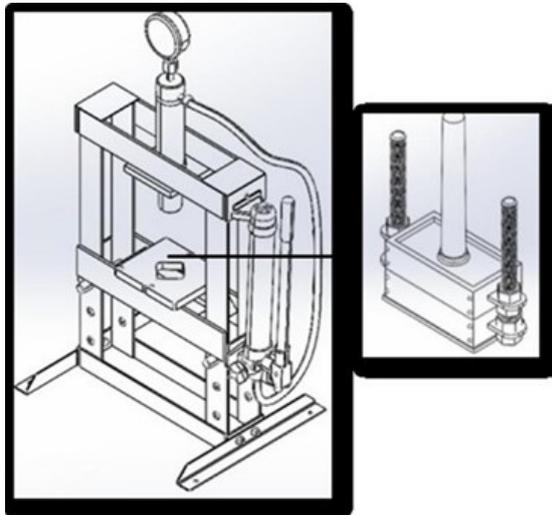
Cetakan bata yang digunakan terbuat dari besi dengan ukuran cetakan panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 5 cm. Alat ini berfungsi untuk mencetak bata agar bata yang dicetak sesuai standar yang telah ditentukan dan bata yang dihasilkan memiliki ukuran yang sama.



Gambar 3. 7 : Cetakan Bata

2. Mesin Hidrolik Press

Mesin hidrolik press bata digunakan untuk menegepres adonan bata yang berada di cetakan agar bata yang dihasilkan padat.



Gambar 3. 8 : Sketsa Mesin Hidrolik Press dan Cetakan Bata



Gambar 3. 9 : Mesin Hidrolik Press

3. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur air yang akan digunakan untuk campuran benda uji dan melakukan pengujian.



Gambar 3. 10 : Gelas Ukur

4. Saringan

Saringan digunakan untuk menyaring bahan-bahan pembuatan bata, seperti tanah, pasir dan SCT.



Gambar 3. 11 : Saringan

5. Timbangan Digital

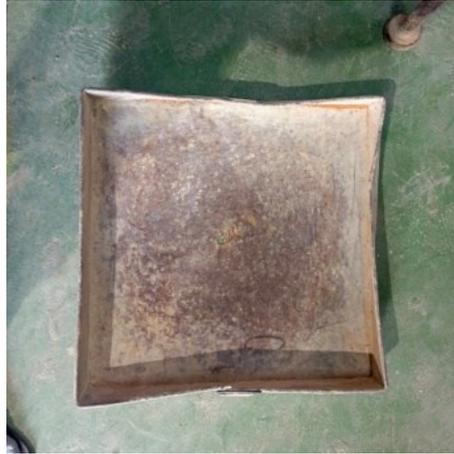
Timbangan digital digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji, dan juga untuk menimbang benda uji yang telah dicetak.



Gambar 3. 12 : Timbangan Digital

6. Pan

Pan digunakan sebagai alas untuk pencampuran bahan-bahan hingga menjadi adonan siap cetak.



Gambar 3. 13 : Pan

7. Ember

Ember digunakan untuk tempat mengaduk bahan sebelum dijadikan adonan bata



Gambar 3. 14 : Ember

8. Sekrap

Skrap digunakan sebagai alat pengaduk bahan baku menjadi satu atau menjadi adonan.



Gambar 3. 15 : Skrap

9. Cangkul Kecil

Cangkul kecil digunakan sebagai alat bantu pencampuran bahan-bahan yang ada didalam ember.



Gambar 3. 16 : Cangkul Kecil

10. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur bata yang sudah dicetak dari mesin hidrolik press



Gambar 3. 17 : Penggaris

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Serbuk Cangkang Telur

Proses pembuatan serbuk cangkang telur dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan limbah cangkang telur.
2. Membersihkan cangkang telur dari kotoran yang ada di cangkang telur.
3. Kemudian, cangkang telur di masukkan ke dalam oven selama ± 15
4. menit.
5. Lalu, cangkang telur dihancurkan dengan menggunakan blender.
6. Kemudian, cangkang telur yang sudah hancur di ayak menggunakan
7. ayakan nomor 16.
8. Serbuk cangkang telur siap digunakan.



Gambar 3. 18 : Proses Pembersihan Cangkang Telur



Gambar 3. 19 : Proses Menghaluskan Cangkang Telur

3.5.2 Pembuatan Sampel

Prosedur pembuatan bata dapat dilihat dibawah ini :

1. Persiapan bahan campuran yang telah direncanakan pada wadah terpisah-pisah sesuai dengan masing-masing variasi campuran.
2. Siapkan ember lalu masukan bahan campuran untuk dilakukan pencampuran bahan per-variasi campuran dengan total jumlah sampel yang direncanakan.
3. Pencampuran bahan di ember dilakukan menggunakan cangkul kecil.

4. Setelah selesai mencampurkan bahan. Bahan yang sudah tercampur ditimbang ulang sesuai dengan berat yang direncanakan dan diletakkan pada wadah yang terpisah-pisah.
5. Menyiapkan pan untuk menampung bahan campuran.
6. Campuran bahan dimasukkan ke dalam pan lalu dilakukan proses pencampuran dengan air dengan volume yang sudah ditentukan.
7. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan sekrap hingga campuran menjadi adonan yang sudah rata tercampur.
8. Adonan yang sudah siap dimasukan kedalam cetakan bata lalu diratakan.
9. Letakkan plat pendorong diatas adonan.
10. Adonan yang sudah dimasukan kedalam cetakan diberi tekanan dengan dengan mesin tekan hidrolik hingga 5 Mpa.
11. Keluarkan bata dari cetakan.
12. Bata dikeringkan dengan suhu ruang selama 28 hari.

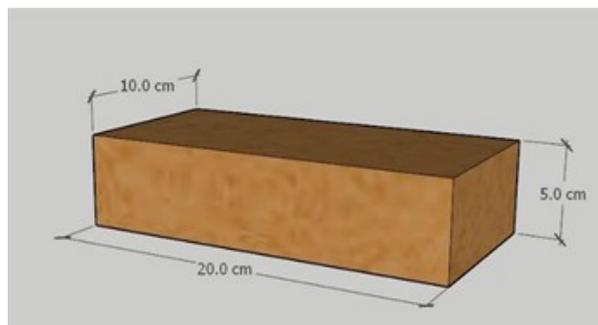
3.6 Variasi Komposisi dan Populasi Sampel

Secara umum, variasi campuran yang dibuat dalam penelitian ini bertujuan untuk menemukan formulasi optimum dalam pembuatan bata tanpa bakar agar mendapatkan hasil yang terbaik. Upaya ini dilakukan dengan cara mengurangi ketergantungan terhadap semen sebagai bahan pengikat utama. Rasio campuran tersebut dipilih untuk memperoleh perbandingan yang seimbang antara semen dan SCT sebagai bahan pengikat, dengan mempertahankan komposisi tanah silt sebesar 75% dan pasir 10%, sedangkan variasi binder berupa kombinasi semen dan SCT dibuat dalam empat kondisi, yaitu kontrol (15% semen tanpa SCT), variasi 1 (10% semen dan 5% SCT), variasi 2 (5% semen dan 10% SCT), serta variasi 3 (15% SCT tanpa semen). Guna mengoptimalkan sifat mekanis dan fisik bata, sedangkan batas maksimum air 22% ditetapkan agar adonan tetap plastis namun tidak berlebihan, sehingga mudah dicetak secara manual pada ukuran bata 200×100 mm dan mendapatkan tebal bata sesuai yang diinginkan sebesar 50 mm (F. V. Riza, 2011).

Dalam penelitian ini, bata dibuat dengan beberapa variasi komposisi bahan yang berbeda, yang rinciannya disajikan pada table dibawah ini:

Tabel 3. 1 : Mix Design Dan Populasi Sampel

Berdasarkan Persentase (%)						
No	Tanah Abu	<i>Binder</i>		pasir	Jumlah Sampel	Keterangan
		Semen	SCT			
1	75	15		10	9	Kontrol
2	75	10	5	10	9	Variasi 1
3	75	5	10	10	9	Variasi 2
4	75	0	15	10	9	Variasi 3



Gambar 3. 20 : Dimensi Bata

Jumlah sampel tiap proporsi yang akan digunakan sebagai benda uji untuk tiap variasi:

1. Pengujian massa jenis : 3 sampel
2. Pengujian penyerapan air : 3 sampel
3. Pengujian kadar garam : 3 sampel
4. Pengujian kuat tekan : 3 sampel
5. Pengujian daya tahan : 3 sampel
6. Pengujian konduktivitas termal : 3 sampel

3.7 Pengujian Sampel Bata Tanpa Bakar

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dengan menggunakan 36 benda uji yang telah disiapkan sesuai dengan masing-masing variasi dari bata tersebut. Selama

pengujian berlangsung, data dikumpulkan dengan cara mengamati dan mencatat setiap hasil yang muncul. Jenis pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.7.1 Pengujian Massa Jenis Bata Tanpa Bakar

Massa jenis adalah perbandingan antara berat suatu benda terhadap volumenya. Satuan dari massa jenis adalah N/m^3 . Nilainya didapat dengan perhitungan pada pers. 3.1:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{W}{V} \quad (3.1)$$

Keterangan:

w = berat (kg)

v = volume (m^3)

3.7.2 Pengujian Kadar Garam Bata Tanpa Bakar

Pengujian kadar garam ini bertujuan untuk mengetahui kadar garam yang terdapat pada bata. Menurut (ASTM C67) kadar garam minimum adalah dibawah 50%. Bata yang melebihi dari batas kadar garam minimum akan merusak ikatan bata dengan mortar pada pasangan bata. Untuk menghitung nilai kadar garam pada bata digunakan pers. 3.2:

$$\text{Kadar garam} = \frac{Ag}{A} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

Ag = Luasan bata yang mengandung garam

A = Luas bata

3.7.3 Pengujian Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengetahui kemampuan bata dalam menyerap air. Pengujian porositas atau daya serap air mengacu pada standar SNI 15-2094-2000. Pengujian daya serap air dilakukan dengan cara merendam sampel bata yang sudah dikeringkan selama 28 hari selama 24 jam, setelah itu sampel bata diangkat untuk ditimbang massanya. Nilai penyerapan air didapat dari pengukuran massa kering dan massa setelah direndam. Perhitungannya dirumuskan pada pers. 3.3:

$$\text{Penyerapan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

A = Berat setelah direndam (gr)

B = Berat kering (gr)

3.7.4 Pengujian Kuat Tekan Bata Tanpa Bakar

Pengujian kuat tekan bata dilakukan berdasarkan standar SNI 15-2094-2000, dengan klasifikasi kekuatan bata untuk kelas 50 sebesar 5 Mpa. Pengujian kuat tekan bata dilakukan dengan memberikan beban atau gaya mekanis dengan menggunakan alat uji kuat tekan (*compression test*) sampai terjadinya kegagalan (*failure*) seperti retak dan patahan. Kuat tekan bata dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada pers. 3.4:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.4)$$

Keterangan:

σ = Kuat tekan bata (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

3.7.5 Pengujian Daya Tahan Bata Tanpa Bakar

Pengujian daya tahan (*durability*) pada bata tanpa bakar meliputi proses perendaman dan pengeringan yang dilakukan berulang-ulang selama 12 siklus pengulangan. Pengujian ini diawali dengan menyiapkan sampel yang sudah melalui proses pengeringan selama 28 hari. Benda uji direndam selama 24 jam dengan air bersih dalam kondisi suhu ruang, kemudian ditiriskan dan di oven selama 24 jam pula dengan suhu 110°C . Setelah sampel dikeluarkan dari oven dan didinginkan hingga keadaan suhu ruang, sampel kemudian ditimbang untuk mengetahui kehilangan massa, dan perubahan volume yang diakibatkan oleh perendaman dan pengeringan yang berulang. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai daya tahan adalah sebagai berikut :

$$\text{Daya Tahan (\%)} = \frac{W_{\text{akhir}}}{W_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (3.5)$$

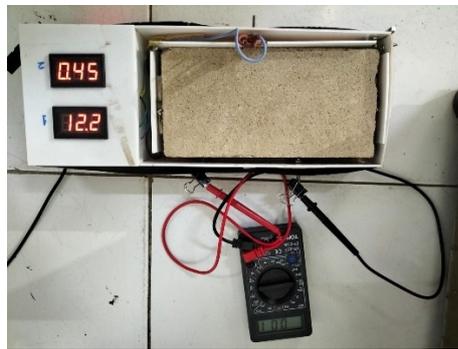
Diketahui :

W awal : berat awal bata sebelum siklus perendaman dan pengeringan (W0)

W akhir : berat bata setelah siklus terakhir pengujian (W12)

3.7.6 Pengujian Konduktivitas Termal Bata Tanpa Bakar

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kemampuan bata dalam perpindahan panas. Pengujian ini berdasarkan pada standar metode uji (ASTM C177) *standard test method for steady-state heat flux measurement and thermal transmission properties by means of the guarded-hot-plate apparatus*. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukan sampel bata ke dalam alat konduktivitas termal dan dihidupkan selama 40 menit pemanasan untuk diambil data temperatur melalui sampel dalam setiap 5 menit.



Gambar 3.21 : Alat Uji Termal Konduktivitas

Untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas dari sampel bata tanpa bakar, Berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas dari sampel bata tanpa bakar.

Diketahui:

Tegangan keluar	: 1,07 V
Arus	: $1\mu\text{A} = 0,0000001 \text{ A}$
t	: 5 menit
Δx	: 0,05 m
T1	: 28,6°C
T2	: 28,7°C
ΔT	: $T2 - T1 = 28,7 - 28,6 = 0,1^\circ\text{C}$
A	: 0,2 m ²

- Untuk langkah awal kita harus mengetahui nilai laju aliran panas ($Q = \text{tegangan keluar} \times \text{arus}$) untuk tiap-tiap sampel seperti ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

$$Q = \text{tegangan keluar} \times \text{arus} = 1,07 \times 0,0000001 = 0,000000107 \text{ W}$$

- Pada langkah kedua menghitung nilai konduktivitas panas dari masing-masing sampel dengan cara ditunjukkan dibawah ini:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \Delta x}{\Delta T \cdot A} = \frac{0,000000107 \cdot 0,5}{0,1 \cdot 0,2} = 0,0000002675 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Campuran Bata

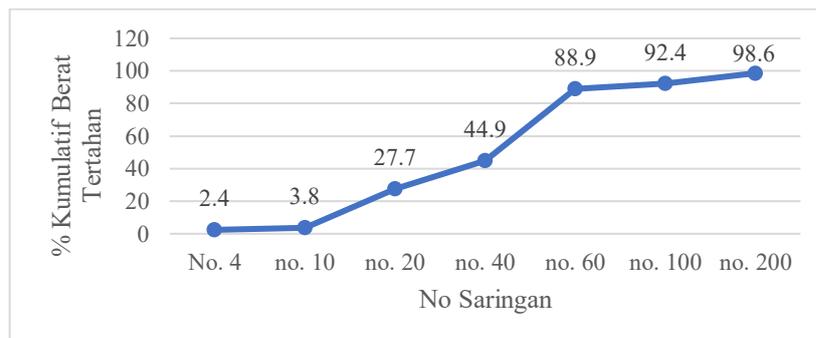
Dari penelitian ini penulis menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran bata yang diinginkan. Data-data dari percobaan penelitian yang dihasilkan akan dianalisis secara kuantitatif dengan metode statistika. Berikut adalah perencanaan campuran bata tanpa bakar yang sudah diperoleh seperti pada Tabel 3.2.

4.2 Analisa Pemeriksaan Tanah

Pemeriksaan tanah dilakukan untuk mengetahui kualitas tanah sebagai bahan baku yang akan digunakan. Seperti kadar air tanah dan butiran kapur yang tidak boleh ada terkandung di dalam tanah yang akan digunakan.

4.2.1 Hasil Analisa Butiran Tanah Silt

Analisa butiran tanah lanau dilakukan dengan cara mengayak dengan menggetarkan sampel tanah melalui satu set ayakan, dimana diameter lubang lubang dari setiap ayakan tersebut berurutan dan makin kecil. Analisa saringan ini dilakukan pada tanah yang tertahan pada ayakan no 200. Hasil pemeriksaan butiran tanah galong dapat dilihat pada lampiran Tabel L.1 dan gambar 4.1 seperti berikut:



Gambar 4. 1 : Grafik Analisa Butiran Tanah Lanau



Gambar 4. 2 : Analisa Butiran

Dari hasil pengujian didapat hasil seperti pada Gambar 4.1, Klasifikasi tanah menurut SNI tata cara pengklasifikasikan tanah untuk keperluan teknik, tanah termasuk berbutir kasar dengan lolos saringan 200 kurang dari 50% yaitu sebesar 1,4%.

4.2.2 Hasil Kadar Air Tanah Silt

Uji kadar air dimaksudkan untuk memeriksa dan menentukan kadar air dari sampel tanah. Kadar air (W) adalah perbandingan berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah. Kadar air diberi simbol notasi W dan dinyatakan dalam persen (%). Kadar air tanah berkisar antara 20% - 100% berarti tanah tersebut masih dapat dikatakan normal, tetapi jika kadar air melebihi 100% tanah tersebut dikatakan jenuh air dan jika kurang dari 20 % tanah tersebut dikatakan kering.

Maka dari hasil kadar air tanah merah dan kadar air tanah lanau diatas rata-rata kadar air 24,9% masih dikatakan normal karena kurang dari 100%.

4.2.3 Hasil Indeks Plastisitas Tanah Silt

Pengujian Indeks Plastisitas tanah dilakukan untuk menentukan keadaan peralihan antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas Cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji casagrande. Kemudian hubungan kadar air dan jumlah pukulan yang didapatkan dari hasil pengujian

menggunakan alat casagrande digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan. Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu presentase kadar air dimana tanah yang berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm dalam keadaan mulai retak ketika digulung. Sedangkan Indeks Plastisitas (IP) merupakan selisih antara nilai Batas Cair (LL) dan Batas Plastis (PL).

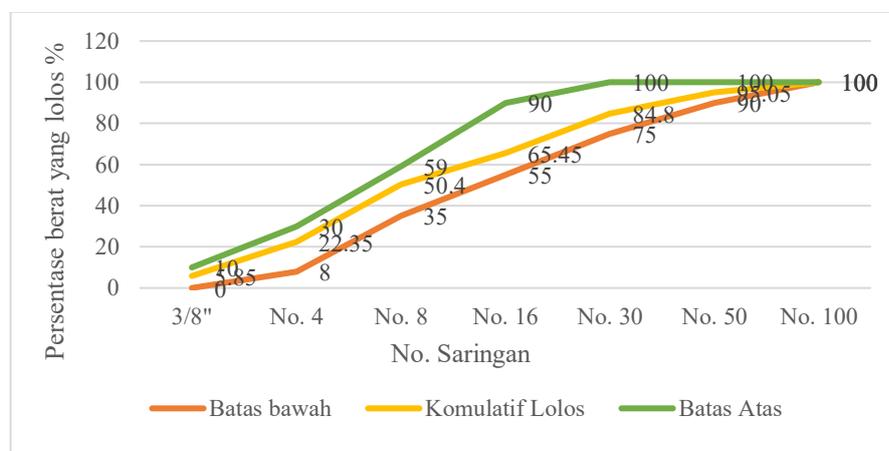
Dari hasil pengujian plastisitas tanah lanau dapat dilihat pada Tabel L.3, diperoleh Batas cair (Liquid Limit) 41% sedangkan Batas Plastis (Plastic Limit) 23,8%, maka didapat Indeks Plastisitas dari tanah lanau sebesar 16,7%.

4.3 Hasil Analisa Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai, secara umum mutu pasir Binjai telah memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

4.3.1 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan dilakuka berdasarkan (SK SNI S-04-1989-F), tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel L.4 dan pada Gambar 4.3 berikut :



Gambar 4. 3 : Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Berdasarkan Gambar 4.3, maka nilai modulus kehalusan (*finess modulus*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus kehalusan (fineness modulus)} = \frac{276,10}{100} = 2,76\% \quad (4.1)$$

Dari pengujian didapat FM sebesar 2,76%. Nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu 1,5 – 3,8 % (Menurut SK SNI S-04-1989-F). Agregat tersebut berada di zona 2 (Pasir sedang).

4.3.2 Hasil Kadar Lumpur Agregat Halus

Ada beberapa pengujian untuk yang dilakukan untuk mengetahui kualitas pasir. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah dengan pengujian kadar lumpur dalam pasir dengan cara endapan lumpur. Pengujian harus memenuhi SNI S-04-1989-F yaitu Kadar lumpur pada agregat normal mengandung agregat halus (pasir) maksimal 5% dan untuk agregat kasar (split) maksimal 1%.

Dari hasil uji Kadar Lumpur pada Tabel L.5 didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3, 21%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

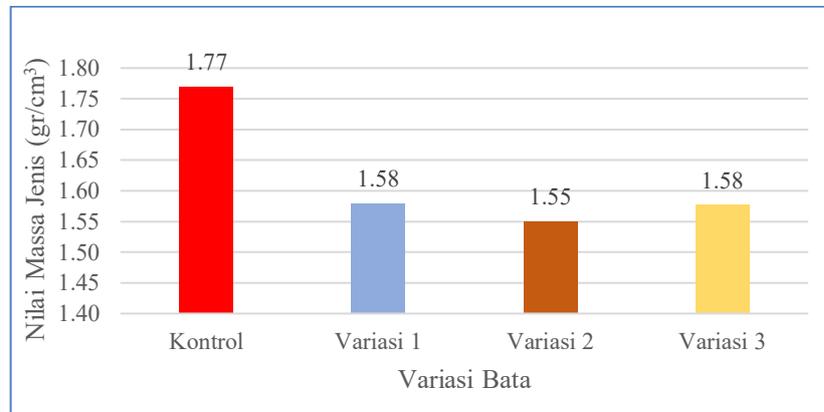
4.3.3 Hasil Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Dari pengujian kadar air pada Tabel L.6, agregat halus yang menggunakan 2 sampel dengan hasil kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6,52% sehingga nilai rata-rata yang didapat sebesar 5,43%. Hasil tersebut memenuhi standard yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20%.

Pada agregat ini memenuhi standar dan layak untuk dipakai dalam campuran bata. Sehingga tidak perlu menambah atau mengurangi dari nilai jumlah air yang dibutuhkan.

4.4 Hasil Massa Jenis Bata Tanpa Bakar

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



Gambar 4. 4 : Grafik Massa Jenis

Hasil pengujian massa jenis bata kontrol memiliki nilai tertinggi sebesar $1,77 \text{ gr/cm}^3$, menunjukkan bahwa nilai massa jenis bata kontrol lebih tinggi daripada bata campuran serbuk cangkang telur.

4.5 Hasil Kadar Garam Bata Tanpa Bakar

Adapun hasil pengujian kadar garam yang terkandung pada bata tanpa bakar untuk tanah lanau dapat dilihat dibawah ini:

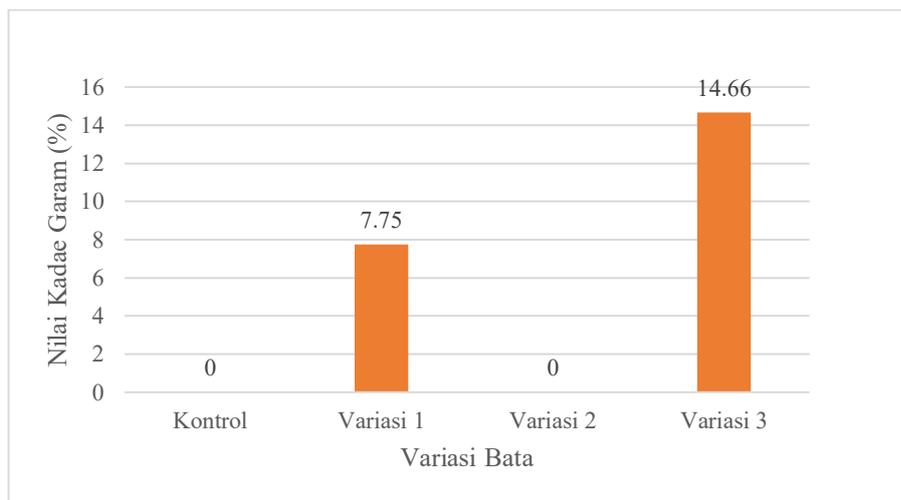


Gambar 4. 5 : Proses Pengujian Kadar Garam



Gambar 4. 6 : Hasil Benda Uji Kadar Garam

Dari hasil pengujian kadar garam pada bata tanpa bakar untuk tanah lanau diatas, kadar garam pada bata yang di uji hanya muncul pada variasi 1 dan variasi 3 dengan campuran yang menggunakan campuran serbuk cangkang telur 5% dan semen 10% untuk variasi 1 dan campuran serbuk cangkang telur 15% untuk variasi 3. Kadar garam yang muncul berbentuk seperti bercak-bercak putih yang ada pada bata tersebut.



Gambar 4. 7 : Grafik Pengujian Kadar Garam

Dari hasil pengujian kadar garam untuk bata tanpa bakar dari tanah lanau, tanah tersebut hanya memiliki rata-rata kadar garam sebesar 7,75% dan 14,66% sehingga dapat dikatakan bahwa bata dari tersebut tidak membahayakan karena

nilai tersebut masih sesuai dengan standar SNI dimana jika kandungan kadar garam lebih 50% yang terkandung pada bata tersebut atau sampai menutupi bata, maka bata tersebut dapat membahayakan jika digunakan.

4.6 Hasil Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar

Penyerapan air batu bata mengacu kepada kemampuan batu bata untuk menyerap air. Pengukuran daya serap air dilakukan dengan melihat presentase perbandingan antara berat kering bata dengan berat basah bata yang sudah direndam selama 24 jam. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia atau SNI, penyerapan air batu bata yang diizinkan adalah sebesar 20%.

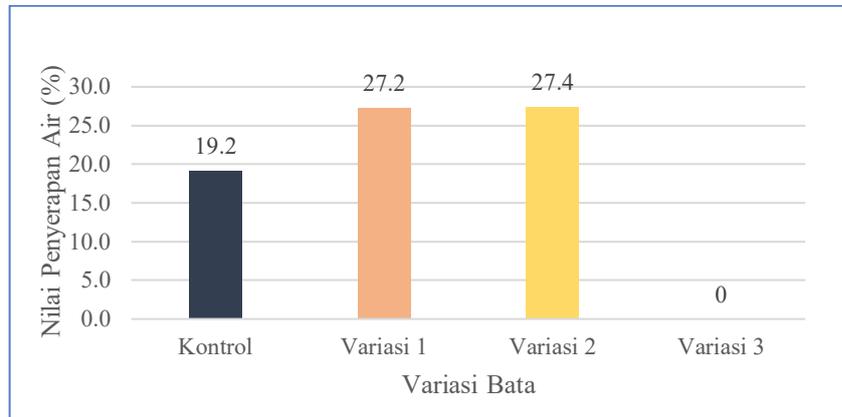


Gambar 4. 8 : Perendaman Benda Uji Penyerapan Air



Gambar 4. 9 : Perendaman Benda Uji Penyerapan Air

Gambar menjelaskan proses pengujian penyerapan air bata. Dimulai dari proses awal pengeringan bata di oven dengan suhu 110°C selama 12 jam. Kemudian setelah dikeringkan bata direndam air selama 24 jam.



Gambar 4.10 : Grafik Pengujian Penyerapan Air

Dari hasil pengujian daya serap dari masing masing sampel terdiri dari 3 benda uji. Pada Gambar 4.10 memperlihatkan hasil nilai rata-rata kontrol yaitu sebesar 19,2%, Variasi 1 sebesar 27,2%, Variasi 2 sebesar 27,4%, Variasi 3 tidak ada hasil dikarenakan pada saat perendaman benda uji hancur tak berbentuk. Bata kontrol memenuhi standar SNI, sedangkan bata variasi 1 dan variasi 2 tidak memenuhi SNI dikarenakan nilai maksimal penyerapan adalah 20%.

4.7 Hasil Kuat Tekan Bata Tanpa Bakar

Untuk menghitung kuat tekan sampel diperlukan parameter terukur yaitu beban tekan dan luas bidang sampel batu bata, penentuan kuat tekan batu bata dapat dilihat dari Pers. 3.4.

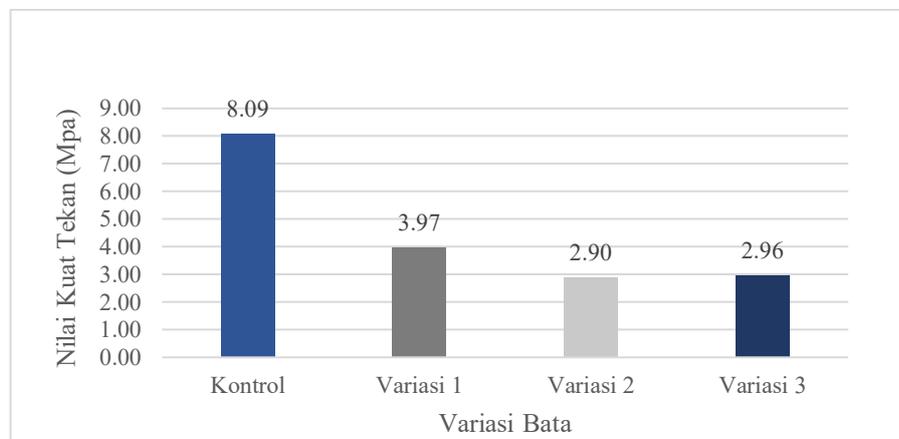


Gambar 4.11 : Proses Pengujian Kuat Tekan



Gambar 4.12 : Setelah Pengujian Kuar Tekan

Setelah pengujian kuat tekan sampel maka selanjutnya dibandingkan nilai standar berdasarkan referensi atau standar nasional yang ditetapkan. Kekuatan tekan rata-rata batu bata dapat disesuaikan yaitu kuat tekan dan koefisien variasi batu bata merah yang diizinkan (SNI 15-2094-2000).



Gambar 4.13 : Grafik Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan yang ditunjukkan pada grafik, bata kontrol memperoleh nilai tertinggi sebesar 8,09 Mpa, dan bata dengan campuran serbuk cangkang telur pada variasi 1, 2, dan 3 menunjukkan penurunan nilai kuat tekan menjadi 3,97 MPa, 2,90 MPa, dan 2,96 MPa. Penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang telur berpengaruh terhadap berkurangnya kemampuan bata dalam menahan beban tekan dibandingkan dengan bata kontrol.

4.8 Hasil Daya Tahan Bata Tanpa Bakar

Pengujian daya tahan (*durability*) pada bata tanpa bakar meliputi proses perendaman dan pengeringan yang dilakukan berulang-ulang selama 12 siklus pengulangan., setiap variasi bata terdiri dari 3 benda uji.



Gambar 4.14 : Perendaman Benda Uji Selama 24 Jam

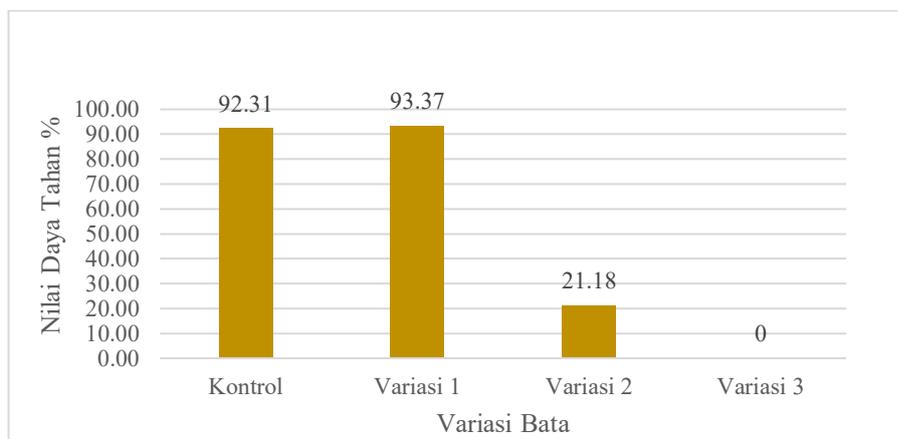


Gambar 4.15 : Pengeringan Benda Uji Dengan Oven Selama 24 Jam



Gambar 4.16 : Benda Uji Yang Mengalami Kehancuran Akibat Pengujian Daya Tahan

Pada Gambar 4.16 diatas merupakan benda uji yaitu bata tanpa bakar yang sudah dilakukan pengujian daya tahan bata selama beberapa siklus. Untuk bata selain kontrol dan variasi 1, bata mengalami kehancuran seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.16. Pada bata variasi 2, dari 3 bata yang dilakukan pengujian daya tahan, 2 diantaranya mengalami kehancuran di siklus ke 6 dan 7. Untuk bata variasi 3 sejak awal perendaman sudah mengalami kehancuran tak berbentuk, sedangkan variasi yang lain tetap dalam bentuk awal.



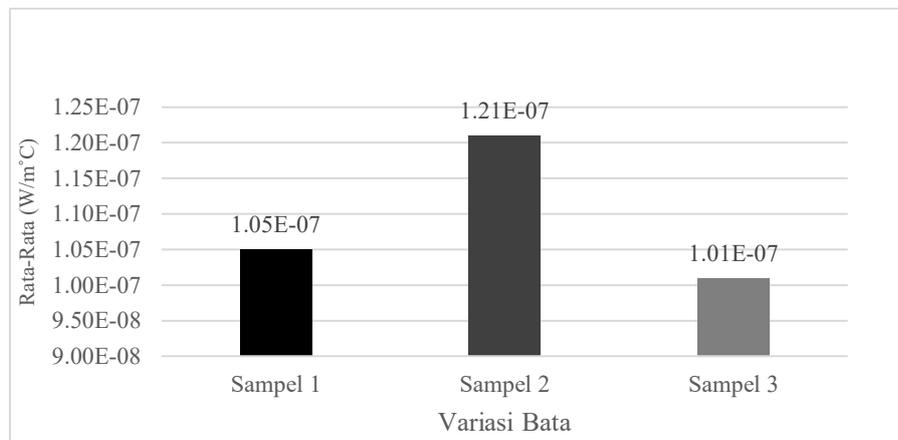
Gambar 4.17 : Grafik Daya Tahan Bata Tanpa Bakar

Berdasarkan hasil pengujian daya tahan bata tanpa bakar pada Gambar 4.17, antara bata kontrol dengan variasi 1 hingga variasi 3 menunjukkan bahwa bata

variasi 1 memiliki nilai daya tahan rata-rata keseluruhan 12 siklus sebesar 93,37%, yang dimana variasi ini memiliki daya tahan tertinggi dibandingkan dengan variasi yang lain. Untuk variasi 2 dengan nilai rata-rata 21,18%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan kontrol dan variasi 1 dikarenakan bata untuk pengujian belum sampai 12 siklus mengalami kehancuran di pertengahan siklus, dan untuk variasi 3 tidak ada nilai rata-rata dikarenakan pada perendaman pertama bata mengalami kehancuran.

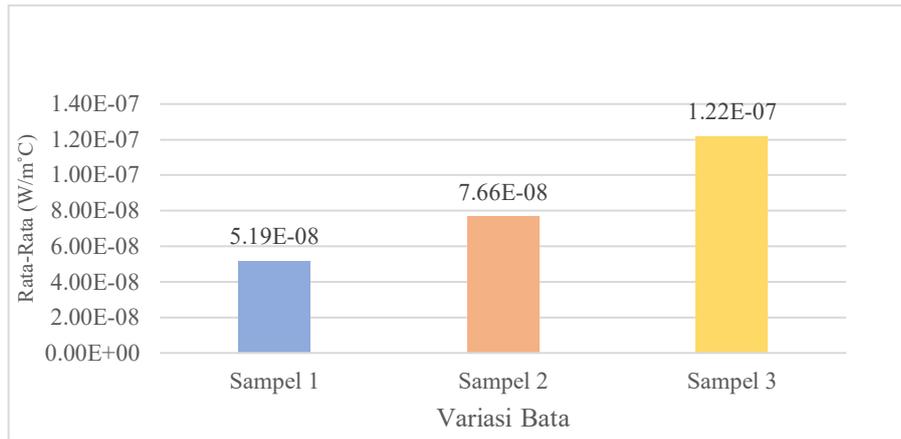
4.9 Hasil Konduktivitas Termal Bata Tanpa Bakar

Pengujian konduktivitas panas merupakan pengujian untuk mengukur kemampuan material dalam menghantarkan panas. Material yang memiliki konduktivitas rendah mempunyai daya isolator yang baik. Sebaliknya material yang mempunyai nilai konduktivitas tinggi merupakan material penghantar panas yang baik (Forest et al., 2017).



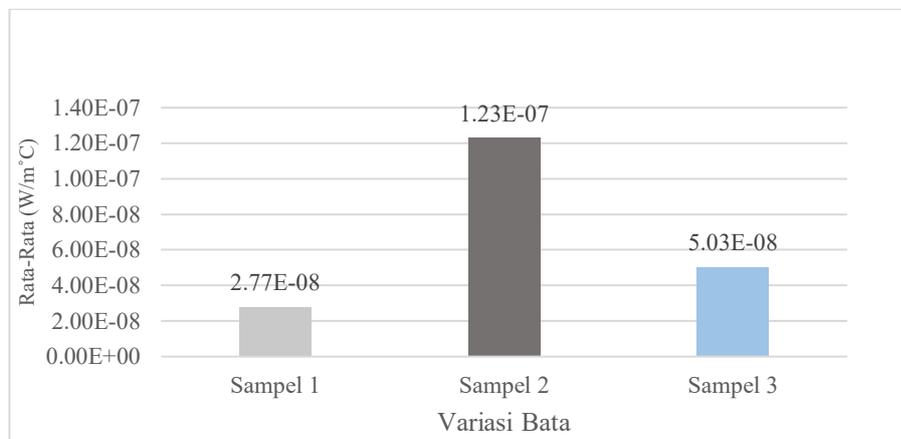
Gambar 4.18 : Grafik Konduktivitas Termal Kontrol

Pada gambar 4.18 menjelaskan bahwa di dalam variasi kontrol mengalami kenaikan yaitu sampel 2 ($0,0000001209 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) adalah yang paling tertinggi dalam menghantarkan panas dan sampel 3 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas yaitu ($0,000000101 \text{ W/m}^\circ\text{C}$).



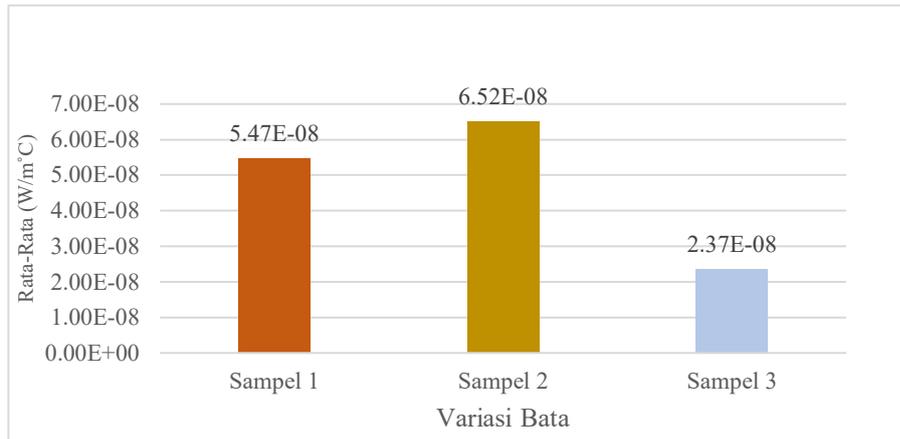
Gambar 4.19 : Grafik Konduktivitas Termal Variasi 1

Dilihat pada gambar 4.19 hasil dari variasi 1 mengalami penurunan dengan campuran semen 10% dan serbuk cangkang telur 5%, yang paling tertinggi dalam menghantarkan panas adalah sampel 3 yaitu 0,0000001216 W/m°C dan yang terendah dalam menghantarkan panas adalah sampel 1 yaitu 0,0000000519 W/m°C.



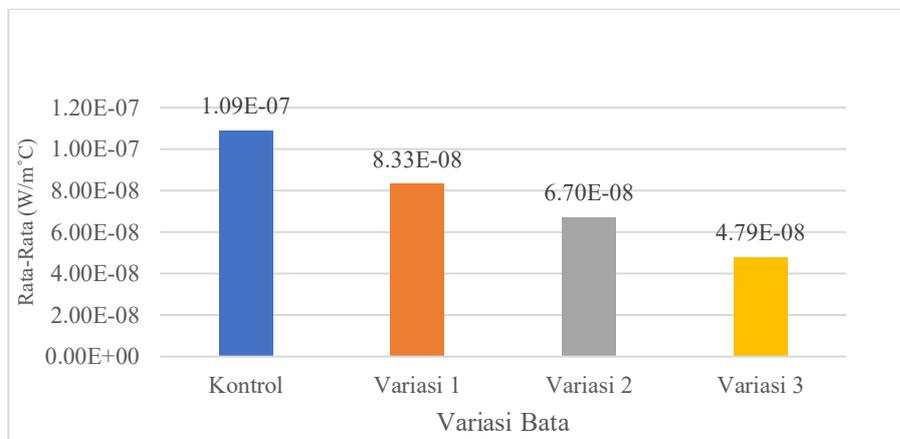
Gambar 4.20 : Grafik Konduktivitas Termal Variasi 2

Sedangkan pada gambar 4.20 hasil yang di dapatkan dari pengujian variasi 2 mengalami kenaikan dengan campuran semen 5% dan SCT 10% variasi 3 yang tertinggi dalam menghantarkan panas yaitu 0,0000001231 dan yang terendah dalam menghantarkan panas adalah sampel 1 yaitu 0,0000000277.



Gambar 4.21 : Grafik Konduktivitas Termal Variasi 3

Pada gambar 4.21 variasi 3 mengalami penurunan drastis dengan campuran SCT 15% menghasilkan 2 sampel yang mempunyai nilai yang tinggi dalam menghantarkan panas yaitu sampel 1 yaitu 0,0000000547 dan sampel 2 yaitu 0,0000000652 dan yang terendah sampel 3 yaitu 0,0000000237.



Gambar 4.22 : Grafik Perbandingan Konduktivitas Termal

Hasil analisis perbandingan nilai konduktivitas panas yang dilakukan totalnya 12 sampel dari kontrol dan 3 variasi yang digambarkan dalam grafik batang. Berdasarkan data penelitian konduktivitas panas, nilai konduktivitas panas mengalami penurunan pada variasi 2 dan variasi 3 itu menunjukkan bahwa variasi 2 dan 3 kurang menghantarkan panas, sedangkan untuk kontrol dan variasi 1 mengalami kenaikan nilai konduktivitas termal yang berarti itu menjadi penghantar panas yang baik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dengan bahan tambah serbuk cangkang telur didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh penambahan serbuk cangkang telur terhadap sifat fisik dan mekanik menunjukkan bahwa bata kontrol memiliki kualitas terbaik dengan kuat tekan 8,09 MPa dan penyerapan air 19,2% (memenuhi SNI). Pada variasi dengan serbuk cangkang telur, kuat tekan menurun menjadi 2,90 - 3,97 MPa, daya serap air meningkat hingga melebihi batas SNI, dan sebagian sampel tidak bertahan dalam uji ketahanan. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak serbuk cangkang telur yang digunakan, semakin rendah kualitas fisik dan mekanik bata.
2. Penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen memiliki sisi positif maupun negatif. Dari sisi positif, bahan ini mampu memanfaatkan limbah organik dan menurunkan konduktivitas termal bata sehingga dapat berfungsi lebih baik sebagai isolator panas. Dari sisi negatif, penambahan serbuk cangkang telur menyebabkan penurunan kuat tekan, peningkatan daya serap air, dan berkurangnya daya tahan bata sehingga kualitasnya belum dapat menyamai bata kontrol.

5.2 Saran

1. Penggunaan serbuk cangkang telur sebagai bahan pengganti semen sebaiknya dibatasi pada kadar yang kecil, karena pada persentase tinggi kualitas fisik dan mekanik bata menurun.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memadukan serbuk cangkang telur dengan bahan tambahan lain agar kekuatan dan daya tahan bata dapat meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre, Y. O. S. I. A., & Iagian, T. A. N. U. S. (2010). Perbaikan Sifat Mekanis Batu Bata Tanpa Dibakar dengan Campuran Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 13(1), 41–49.
- ASTM C177-13. (2013). Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus 1. *ASTM International*, 1–10. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d0c86f47-7584-43cc-bb3e-91455466dafa/astm-c177-13>
- ASTM C67. (2001). ASTM C67:2008 Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile. *ASTM International*, i, 1–12.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI-15-2094-2000 Bata merah pejal untuk pasangan dinding. In *Badan Standardisasi Nasional*. <http://sispk.bsn.go.id/>
- Bagus Yusuf Mahendra, Susilo, A. J., & Sandjaja, G. (2025). Persentase Kenaikan Nilai Cbr Tanah Lanau Halim Yang Diperkuar Dengan Limbah C&D Pada Berbagai Proporsi. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 8(1), 273–280. <https://doi.org/10.24912/jmts.v8i1.33166>
- Elianora. (2010). Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan Pasir Sebagai Bahan Campuran Batu Bata. *Jurnal Teknobiologi*, 2(2), 34–46.
- Fakhdilah Bustumi dan Abdul Ghofur. (2021). Uji Konduktivitas Termal Komposit Poliesther Filler Serbuk Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri). *ROTARY*, 3(2), 12.
- Forest, J. G., Siswanto, B., & Rahmawati, A. (2017). Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Oleh Fly Ash Batubara Terhadap Nilai Thermal Properties Sebagai Upaya Memetakan Material Batu Bata Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, 10(1), 31. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v10i1.14962>
- Frapanti, S., Efrida, R., Dewi, I., Asfiati, S., & Riza, F. V. (2023). Analisis Standar Mutu Batu Bata Merah Tradisional Di Deli Serdang Dengan Indikator SNI 15-2094-2000. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 163–172. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i1.852>
- Irwansyah, Isma, F., & Purdiwanto, M. (2018). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam. *Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam*, 4(2), 8–12.

- Kishore, K. (2016). What is Efflorescence in Bricks and Concretes. *Civil Engineering Portal*, 2. <http://www.engineeringcivil.com/what-is-efflorescence-in-bricks-and-concrete.html>
- Mobiliu, F. P., Mursalin, M., Jahja, M., Setiawan, D. G. E., Dewaputu, N. O., Latief, F., & Lantapon, N. N. (2024). Compressive Strength and Water Absorption Capacity on Brick Interlock with Fly Ash Addition. *Computational And Experimental Research In Materials And Renewable Energy*, 7(1), 64. <https://doi.org/10.19184/cerimre.v7i1.44770>
- Ngayakamo, B. H., Bello, A., & Onwualu, A. P. (2020). Development of eco-friendly fired clay bricks incorporated with granite and eggshell wastes. *Environmental Challenges*, 1(November), 100006. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100006>
- Niyomukiza, J. B., Nabitaka, K. C., Kiwanuka, M., Tiboti, P., & Akampulira, J. (2022). Enhancing Properties of Unfired Clay Bricks Using Palm Fronds and Palm Seeds. *Results in Engineering*, 16(September), 100632. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100632>
- Patients, S., in Solid Cancer, P. C., Hassan, B. A. R., Yusoff, Z. B. M., Othman, M. A. H., Bin, S., information is available at the end of the Chapter, A., & [Http://dx.doi.org/10.5772/55358](http://dx.doi.org/10.5772/55358). (2012). We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 % . *Intech*, 13. <http://dx.doi.org/10.1039/C7RA00172J%0Ahttps://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.014>
- Pohan, R. F., & Rambe, M. R. (2022). Beton Ramah Lingkungan Dengan Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan Dan Sains*, 2(1), 15–19. <https://doi.org/10.30598/metiks.2022.2.1.15-19>
- Riyanto, D. P., -, S., Prasetyo, W., & Arisanto, P. (2021). Pemanfaatan Sedimen Sungai Untuk Bahan Baku Unfired Bricks (Bata Tanpa Bakar). *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(2), 101–114. <https://doi.org/10.33558/bentang.v9i2.2863>
- Riza, F. V. (2011). Application of Rha ' S Pozzolanic Properties in the Making of Ceb. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology (ISSN: 2180-3242)*, 2(2), 32–36. fetravenny@gmail.com
- Riza, F. V., Rahman, I. A., Mujahid, A., & Zaidi, A. (2010). A brief review of Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB). *CSSR 2010 - 2010 International Conference on Science and Social Research, June 2014*, 999–1004. <https://doi.org/10.1109/CSSR.2010.5773936>
- Riza, F. V., & Rahman, I. A. (2015). The properties of compressed earth-based

(CEB) masonry blocks. *Eco-Efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, Properties and Durability*, 379–392. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-305-8.00017-6>

Siti Fitriani, Wiki Muhamad Fathul M, & Ida Farida. (2017). Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen. *Jurnal Konstruksi*, 15(1), 46–56. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.15-1.583>

Sulaiman, D. (2018). *Analisis Konduktivitas Termal Bata Ringan Berdasarkan Variasi Komposisi Dengan Campuran Ekstraksi Lumpur Lapindo*. 13–14.

Suryani, E., Wari, W. N., Fachtiar, R., & Rohman, A. (2020). Batu Bata “U-Lock” dengan Bahan Tambah Serbuk Limbah Gypsum. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6*, 6(1), 658–664.

Tangboriboon, N., Moonsri, S., Netthip, A., & Sirivat, A. (2016). Innovation of Embedding Eggshell to Enhance Physical-Mechanical-Thermal Properties in Fired Clay Bricks via Extrusion Process. *MATEC Web of Conferences*, 78. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167801003>

Witjaksana, B., Sarya, G., & Widhiarto, H. (2016). Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar Dengan Campuran Sodium Hiroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃). *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag*, 01(01), 25–32.

Zulmi, K. apriliani puspa, Setyanto, S., & Afriani, L. (2018). Pengaruh variasi waktu pemeraman terhadap nilai uji kuat tekan bebas pada tanah lempung dan lanau yang distabilisasi menggunakan kapur pada kondisi tanpa rendaman (Unsoaked). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 5(1), 447–458. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v5i1.558>

LAMPIRAN

Tabel L1 : Hasil Pemeriksaan Analisa Butiran Tanah Silt

Analisa Butiran Tanah Lanau					
Nomor Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Berat Tertahan	% Kumulatif Berat Tertahan	% Tanah yang Lolos Saringan
No. 4	4.720	24	2,4	2,4	97,6
No. 10	2.000	14	1,4	3,8	96,2
No. 20	0.850	239	23,9	27,7	72,3
No. 40	0.425	172	17,2	44,9	55,1
No. 60	0.250	440	44	88,9	11,1
No. 100	0.150	35	3,5	92,4	7,6
No. 200	0.075	62	6,2	98,6	1,4
Pan		14	1,4	100	0
Total		1000			

Tabel L.2 : Kadar Air Tanah Silt

No. Cawan			I	II
Berat Cawan	(W1)	gr	9	9
Berat Cawan + Tanah Basah	(W2)	gr	60	59
Berat Cawan + Tanah Kering	(W3)	gr	48	51
Berat Air	$W_w = W_2 - W_3$	gr	12	8
Berat Tanah Kering	$W_s = W_3 - W_1$	gr	39	42
Kadar Air	$W = W_w / W_s \times 100$	%	30,8	19
Rata - Rata	(W)	%	24,9	

Tabel L.3 : Indeks Plastisitas Tanah Silt

INDEKS PLASTISITAS TANAH SILT								
No	Pemeriksaan	Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1.	Banyak Pukulan		15	25	35	45		
2.	Nomor Cawan		I	II	III	IV	I	II
3.	Berat Cawan	gr	10	10	10	10	10	10
4.	Berat Cawan + Tanah Basah	gr	37	39	40	42	21	22
5.	Berat Cawan + Tanah Kering	gr	29,8	30,4	31,4	32,3	18,7	19,9
6.	Berat Air	gr	7,2	8,6	8,6	9,7	2,3	2,1
7.	Berat Tanah Kering	gr	19,8	20,4	21,4	22,3	8,7	9,9
8.	Kadar Air	%	36,4	42	40	43,5	26	21
9.	Rata-rata	%	41				23,8	

LL	LP	IP
41	23,8	16,7

Tabel L.4 : Analisa Saringan

No. Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8"	0	0	0	100
No. 4	99	4.95	4.95	95.05
No. 8	205	10.25	15.20	84.80
No. 16	387	19.35	34.55	65.45
No. 30	301	15.05	49.60	50.40
No. 50	561	28.05	77.65	22.35
No. 100	330	16.50	94.15	5.85
Pan	117	5.85		0
Total	2000	100	276.10	

Tabel L.5 : Analisa Kadar Lumpur

Pemeriksaan	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Wadah (W1)	511	507
Berat Pasir Kering (W2), gr	500	500
Berat Pasir Setelah Dicuci dan Dioven (W3), gr	995	992
Berat Lumpur (W4)	16	15
Kadar Lumpur, %	3,31	3,09
Rata – Rata, %	3,21	

Tabel L.6 : Analisa Kadar Air

Pemeriksaan	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	gr	6991	7436
Berat Contoh SSD	gr	6480	6928
Berat Contoh Kering Oven dan Berat Wadah	gr	6722	7012
Berat Wadah	gr	511	508
Berat Air	gr	269	424
Berat Contoh Kering	gr	6211	6504
Kadar Air	%	4,33	6,52
Kadar Air Rata - Rata	%	5,43	

Tabel L.7 : Massa Jenis Bata

Tabel Massa Jenis Bata								
Variasi	Jumlah Sampel	Massa	Dimensi			Volume	Massa jenis	Rata-rata
		m (gr)	Lenght (cm)	Width (cm)	Height (cm)	v (cm ³)	ρ (gr/cm ³)	
Kontrol	1	1780	10	20	4,9	980	1,816	1,77
	2	1780	10	20	5,2	1040	1,712	
	3	1780	10	20	5,0	1000	1,780	
1	1	1650	10	20	5,2	1040	1,587	1,58
	2	1635	10	20	5,2	1040	1,572	
	3	1635	10	20	5,2	1040	1,572	
2	1	1605	10	20	5,2	1040	1,543	1,55
	2	1610	10	20	5,2	1040	1,548	
	3	1585	10	19,9	5,1	1014,9	1,562	
3	1	1555	10	19,9	5,0	995	1,563	1,58
	2	1560	10	19,9	5,0	995	1,568	
	3	1585	10	19,8	5,0	990	1,601	

Tabel L.8 : Kadar Garam Bata

Tabel Kadar Garam Bata										
Variasi	Jumlah Sampel	Dimensi				Dimensi kadar garam		Luasan (cm ²)	Persentase Kadar Garam	Rata-rata
		Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Luasan (cm ²)	Length (cm)	Width (cm)			
Kontrol	1	10	20	4,9	200	0	0	0	0	0
	2	10	20	5,2	200	0	0	0	0	
	3	10	20	5,0	200	0	0	0	0	
1	1	10	20	4,9	200	0	0	0	0	7,75
	2	10	20	5,5	200	5	4,5	22,5	11,25	
	3	10	20	5,0	200	3	8	24	12	
2	1	10	20	5,1	200	0	0	0	0	0
	2	10	20	5,1	200	0	0	0	0	
	3	10	19,9	5,1	199	0	0	0	0	
3	1	10	19,9	5,0	199	0	0	0	0	14,66
	2	10	19,9	5,0	199	7	11,5	80,5	40,45	
	3	10	19,9	5,0	199	2	3,5	7	3,5	

Tabel L.9 : Penyerapan Air Bata

Tabel Penyerapan Air Bata					
Variasi	Jumlah Sampel	Wet Weight	Dry Weight	Water Absorption	Rata-rata
		Ww (gr)	Wd (gr)	Ds (%)	
Kontrol	1	1920	1535	25,081	19,2
	2	1890	1615	17,028	
	3	1910	1655	15,408	
1	1	1975	1545	27,832	27,2
	2	1945	1535	26,710	
	3	1945	1530	27,124	
2	1	1920	1510	27,152	27,4
	2	1955	1525	28,197	
	3	1945	1535	26,710	
3	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	
	3	0	0	0	

Tabel L.10 : Kuat Tekan Bata

Variasi	Sampel	Maximum Load		Dimension		Sectional Area	Compressive Strength	Rata-rata
		P (Kg)	P (N)	length (mm)	width (mm)	A (mm ²)	σ (Mpa)	σ (Mpa)
Kontrol	1	16500	161811	100	200	20000	8,09	8,09
	2	16000	156907	100	200	20000	7,85	
	3	17000	166714	100	200	20000	8,34	
1	1	8250	80905,3	100	200	20000	4,05	3,97
	2	7350	72079,2	100	200	20000	3,60	
	3	8700	85318,3	100	200	20000	4,27	
2	1	7200	70608,2	100	200	20000	3,53	2,90
	2	6000	58840,2	100	200	20000	2,94	
	3	4500	44130,2	100	199	19900	2,22	
3	1	6000	58840,2	100	199	19900	2,96	2,96
	2	6000	58840,2	100	199	19900	2,96	
	3	6000	58840,2	100	198	19800	2,97	

Tabel L.11 : Daya Tahan Bata

Variasi	Sampel	Test Object Weight													Durability(%)	Rata-Rata(%)
		Brick W	Weight Of Each Test Brick											FBW		
		W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	W ₂ (gr)	W ₃ (gr)	W ₄ (gr)	W ₅ (gr)	W ₆ (gr)	W ₇ (gr)	W ₈ (gr)	W ₉ (gr)	W ₁₀ (gr)	W ₁₁ (gr)	W ₁₂ (gr)		
Kontrol	1	1675	1685	1595	1675	1630	1600	1570	1570	1585	1595	1590	1525	1540	91.94	92.31
	2	1640	1635	1535	1515	1560	1580	1560	1585	1530	1585	1540	1515	1525	92.99	
	3	1690	1685	1625	1555	1600	1585	1585	1625	1625	1605	1590	1550	1555	92.01	
1	1	1645	1545	1560	1560	1630	1580	1565	1570	1560	1565	1550	1535	1520	92.40	93.37
	2	1630	1535	1620	1585	1565	1585	1580	1590	1575	1575	1560	1540	1535	94.17	
	3	1625	1530	1565	1550	1545	1560	1560	1550	1555	1540	1540	1525	1520	93.54	
2	1	1605	1510	1520	1515	1510	1565	1525	1495	1480	1320	1150	1100	1020	64	21.18
	2	1620	1525	1530	1520	1585	1170	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	1625	1535	1580	1555	1400	1425	1250	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	1580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	1580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabel L.12 : Tabel Konduktivitas Termal

Variasi	Sampel	Waktu	Tegangan		Arus (A)	Tebal Material (Δx) (m)	Suhu Sebelum Uji T1	Suhu Setelah Uji T2	Perubahan Suhu (ΔT)	Luas Penampang (A) (m^2)	Laju Perpindahan Kalor (q)	Thermal Conductivity (W/m C)	AVG	AVG
			Masuk (V)	Keluar (V)										
Kontrol	1	5 menit	12.2	1.07	0.0000001	0.05	28.6	28.7	0.1	0.2	0.00000107	3E-07	1.05E-07	1.09E-07
		10 menit	12.2	0.81	0.0000001	0.05	28.7	28.8	0.1	0.2	0.00000081	2.E-07		
		15 menit	12.2	0.71	0.0000001	0.05	28.8	29	0.2	0.2	0.00000071	9.E-08		
		20 menit	12.2	0.71	0.0000001	0.05	29	29.2	0.2	0.2	0.00000071	9.E-08		
		25 menit	12.2	0.71	0.0000001	0.05	29.2	29.5	0.3	0.2	0.00000071	6.E-08		
		30 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	29.5	29.8	0.3	0.2	0.00000062	5.E-08		
		35 menit	12.2	0.49	0.0000001	0.05	29.8	30.1	0.3	0.2	0.00000049	4.E-08		
		40 menit	12.2	0.52	0.0000001	0.05	30.1	30.4	0.3	0.2	0.00000052	4.E-08		
	2	5 menit	12.2	1.17	0.0000001	0.05	29	29.3	0.3	0.2	0.00000117	1.E-07	1.21E-07	
		10 menit	12.2	0.85	0.0000001	0.05	29.3	29.4	0.1	0.2	0.00000085	2.E-07		
		15 menit	12.2	1.11	0.0000001	0.05	29.4	29.6	0.2	0.2	0.00000111	1.E-07		
		20 menit	12.2	0.84	0.0000001	0.05	29.6	29.7	0.1	0.2	0.00000084	2.E-07		
		25 menit	12.2	0.78	0.0000001	0.05	29.7	30	0.3	0.2	0.00000078	6.E-08		
		30 menit	12.2	0.85	0.0000001	0.05	30	30.3	0.3	0.2	0.00000085	7.E-08		
		35 menit	12.2	0.88	0.0000001	0.05	30.3	30.5	0.2	0.2	0.00000088	1.E-07		
		40 menit	12.2	0.75	0.0000001	0.05	30.5	30.8	0.3	0.2	0.00000075	6.E-08		
	3	5 menit	12.2	1.37	0.0000001	0.05	28.8	29.1	0.3	0.2	0.00000137	1E-07	1.01E-07	
		10 menit	12.2	1.3	0.0000001	0.05	29.1	29.3	0.2	0.2	0.0000013	2E-07		
		15 menit	12.2	1.11	0.0000001	0.05	29.3	29.5	0.2	0.2	0.00000111	1E-07		
		20 menit	12.2	1.01	0.0000001	0.05	29.5	29.7	0.2	0.2	0.00000101	1E-07		
		25 menit	12.2	0.94	0.0000001	0.05	29.7	30	0.3	0.2	0.00000094	8E-08		
		30 menit	12.2	0.88	0.0000001	0.05	30	30.3	0.3	0.2	0.00000088	7E-08		
		35 menit	12.2	0.91	0.0000001	0.05	30.3	30.6	0.3	0.2	0.00000091	8E-08		
		40 menit	12.2	0.78	0.0000001	0.05	30.6	31.1	0.5	0.2	0.00000078	4E-08		

Tabel L.12 : Lanjutan

Variasi	Sampel	Waktu	Tegangan		Arus	Tebal Material	Suhu Sebelum Uji	Suhu Setelah Uji	Perubahan Suhu	Lus Perampang	Laju Perpindahan Kalor	Thermal Conductivity	AVG	AVG
			Masuk	Keluar										
1	1	5 menit	12.2	0.68	0.0000001	0.05	29.8	30.2	0.4	0.2	0.00000068	4E-08	5.19E-08	8.33E-08
		10 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	30.2	30.6	0.4	0.2	0.00000062	4E-08		
		15 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	30.6	30.9	0.3	0.2	0.00000062	5E-08		
		20 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	30.9	31.2	0.3	0.2	0.00000055	5E-08		
		25 menit	12.2	0.58	0.0000001	0.05	31.2	31.4	0.2	0.2	0.00000058	7E-08		
		30 menit	12.2	0.52	0.0000001	0.05	31.4	31.7	0.3	0.2	0.00000052	4E-08		
		35 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	31.7	32	0.3	0.2	0.00000062	5E-08		
		40 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	32	32.2	0.2	0.2	0.00000055	7E-08		
	2	5 menit	12.2	0.68	0.0000001	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	0.00000068	9E-08	7.66E-08	
		10 menit	12.2	0.52	0.0000001	0.05	31.7	31.9	0.2	0.2	0.00000052	7E-08		
		15 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	31.9	32.1	0.2	0.2	0.00000062	8E-08		
		20 menit	12.2	0.78	0.0000001	0.05	32.1	32.3	0.2	0.2	0.00000078	1E-07		
		25 menit	12.2	0.68	0.0000001	0.05	32.3	32.5	0.2	0.2	0.00000068	8E-08		
		30 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	32.5	32.7	0.2	0.2	0.00000055	7E-08		
		35 menit	12.2	0.49	0.0000001	0.05	32.7	32.9	0.2	0.2	0.00000049	6E-08		
		40 menit	12.2	0.58	0.0000001	0.05	32.9	33.1	0.2	0.2	0.00000058	7E-08		
	3	5 menit	12.2	0.85	0.0000001	0.05	31.6	31.7	0.1	0.2	0.00000085	2E-07	1.22E-07	
		10 menit	12.2	0.71	0.0000001	0.05	31.7	31.9	0.2	0.2	0.00000071	9E-08		
		15 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	31.9	32	0.1	0.2	0.00000055	1E-07		
		20 menit	12.2	0.49	0.0000001	0.05	32	32.1	0.1	0.2	0.00000049	1E-07		
		25 menit	12.2	0.45	0.0000001	0.05	32.1	32.3	0.2	0.2	0.00000045	6E-08		
		30 menit	12.2	0.58	0.0000001	0.05	32.3	32.5	0.2	0.2	0.00000058	7E-08		
		35 menit	12.2	0.58	0.0000001	0.05	32.5	32.6	0.1	0.2	0.00000058	1E-07		
		40 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	32.6	32.7	0.1	0.2	0.00000055	1E-07		
2	1	5 menit	12.2	0.35	0.0000001	0.05	32.6	32.9	0.3	0.2	0.00000035	3E-08	2.77E-08	
		10 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	32.9	33.2	0.3	0.2	0.00000029	2E-08		
		15 menit	12.2	0.32	0.0000001	0.05	33.2	33.4	0.2	0.2	0.00000032	4E-08		
		20 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	33.4	33.7	0.3	0.2	0.00000029	2E-08		
	2	25 menit	12.2	0.26	0.0000001	0.05	33.7	34	0.3	0.2	0.00000026	2E-08		
		30 menit	12.2	0.26	0.0000001	0.05	34	34.3	0.3	0.2	0.00000026	2E-08		
		35 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	34.3	34.5	0.2	0.2	0.00000029	4E-08		
		40 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	34.5	34.8	0.3	0.2	0.00000029	2E-08		
	3	5 menit	12.2	0.85	0.0000001	0.05	34.6	34.8	0.2	0.2	0.00000085	1E-07	1.23E-07	
		10 menit	12.2	0.75	0.0000001	0.05	34.8	35	0.2	0.2	0.00000075	9E-08		
		15 menit	12.2	0.65	0.0000001	0.05	35	35.1	0.1	0.2	0.00000065	2E-07		
		20 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	35.1	35.3	0.2	0.2	0.00000062	8E-08		
2	25 menit	12.2	0.65	0.0000001	0.05	35.3	35.4	0.1	0.2	0.00000065	2E-07	5.03E-08		
	30 menit	12.2	0.91	0.0000001	0.05	35.4	35.6	0.2	0.2	0.00000091	1E-07			
	35 menit	12.2	0.75	0.0000001	0.05	35.6	35.7	0.1	0.2	0.00000075	2E-07			
	40 menit	12.2	0.65	0.0000001	0.05	35.7	35.9	0.2	0.2	0.00000065	8E-08			
	5 menit	12.2	0.68	0.0000001	0.05	31.5	32	0.5	0.2	0.00000068	3E-08			
	10 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	32	32.3	0.3	0.2	0.00000055	5E-08			
	15 menit	12.2	0.52	0.0000001	0.05	32.3	32.6	0.3	0.2	0.00000052	4E-08			
	20 menit	12.2	0.62	0.0000001	0.05	32.6	32.9	0.3	0.2	0.00000062	5E-08			
3	1	25 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	32.9	33.1	0.2	0.2	0.00000055	7E-08	5.47E-08	
		30 menit	12.2	0.58	0.0000001	0.05	33.1	33.4	0.3	0.2	0.00000058	5E-08		
		35 menit	12.2	0.52	0.0000001	0.05	33.4	33.6	0.2	0.2	0.00000052	6E-08		
		40 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	33.6	33.9	0.3	0.2	0.00000055	5E-08		
	2	5 menit	12.2	0.32	0.0000001	0.05	33	33.1	0.1	0.2	0.00000032	8E-08	6.52E-08	
		10 menit	12.2	0.22	0.0000001	0.05	33.1	33.2	0.1	0.2	0.00000022	5E-08		
		15 menit	12.2	0.26	0.0000001	0.05	33.2	33.3	0.1	0.2	0.00000026	7E-08		
		20 menit	12.2	0.32	0.0000001	0.05	33.3	33.5	0.2	0.2	0.00000032	4E-08		
	3	25 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	33.5	33.7	0.2	0.2	0.00000029	4E-08	4.79E-08	
		30 menit	12.2	0.19	0.0000001	0.05	33.7	33.9	0.2	0.2	0.00000019	2E-08		
		35 menit	12.2	0.26	0.0000001	0.05	33.9	34	0.1	0.2	0.00000026	6E-08		
		40 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	34	34.1	0.1	0.2	0.00000029	7E-08		
5 menit		12.2	0.39	0.0000001	0.05	33.2	33.3	0.1	0.2	0.00000039	1E-07			
10 menit		12.2	0.55	0.0000001	0.05	33.3	33.5	0.2	0.2	0.00000055	7E-08			
15 menit		12.2	0.45	0.0000001	0.05	33.5	33.7	0.2	0.2	0.00000045	6E-08			
20 menit		12.2	0.42	0.0000001	0.05	33.7	33.9	0.2	0.2	0.00000042	5E-08			
3	25 menit	12.2	0.45	0.0000001	0.05	33.9	34.1	0.2	0.2	0.00000045	6E-08	2.37E-08		
	30 menit	12.2	0.55	0.0000001	0.05	34.1	34.3	0.2	0.2	0.00000055	7E-08			
	35 menit	12.2	0.39	0.0000001	0.05	34.3	34.7	0.4	0.2	0.00000039	2E-08			
	40 menit	12.2	0.39	0.0000001	0.05	34.7	34.8	0.1	0.2	0.00000039	1E-07			
	5 menit	12.2	0.29	0.0000001	0.05	30.8	31.2	0.4	0.2	0.00000029	2E-08			
	10 menit	12.2	0.32	0.0000001	0.05	31.2	31.4	0.2	0.2	0.00000032	4E-08			
	15 menit	12.2	0.22	0.0000001	0.05	31.4	31.8	0.4	0.2	0.00000022	1E-08			
	20 menit	12.2	0.22	0.0000001	0.05	31.8	32.1	0.3	0.2	0.00000022	2E-08			

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PRIBADI

Nama : Alfath Husaini
Tempat, Tanggal Lahir : Perdamaian, 24 Juni 2004
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : Jl. Yos Sudarso Dusun III Suka Makmur
No HP : 0896 5400 5321
Email : alfathhusainii24@gmail.com

NAMA ORANG TUA

Ayah : Mariadi
Ibu : Suri Nurlista

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210023
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama Sekolah	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 054871	2015
2	SMP	MTs Sabilal Akhyar	2018
3	SMA	MAN 1 Binjai	2021
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2021 Sampai Selesai		