

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK BATA TANPA BAKAR BERBASIS TANAH
MERAH DENGAN PENAMBAHAN KALSIUM OKSIDA (CaO)
SEBAGAI BAHAN STABILISASI**

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD DICKY PRADANA

2107210067



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

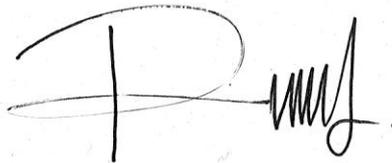
Nama : Muhammad Dicky Pradana
NPM : 2107210067
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbasis Tanah Merah
Dengan Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Sebagai Bahan
Stabilisasi
Bidang Ilmu : Struktur

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, September 2025

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Dicky Pradana
NPM : 2107210067
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbasis Tanah Merah Dengan Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Sebagai Bahan Stabilisasi
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, September 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, 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 : Muhammad Dicky Pradana
Tempat/Tanggal Lahir : Sambirejo Timur, 10 Desember 2003
NPM : 2107210067
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Ilmu : Struktur

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

“Karakteristik Bata Tanpa Bakar Berbasis Tanah Merah Dengan Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Sebagai Bahan Stabilisasi”.

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 orisinal 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, September 2025

Saya yang menyatakan,

Muhammad Dicky Pradana

ABSTRAK

KARAKTERISTIK BATA TANPA BAKAR BERBASIS TANAH MERAH DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM OKSIDA (CaO) SEBAGAI BAHAN STABILISASI

Muhammad Dicky Pradana

2107210067

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

Bata merupakan suatu komponen yang umum digunakan untuk membuat dinding pada bangunan, akan tetapi material ini masih memiliki beberapa kelemahan pada karakteristiknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bata tanpa bakar berbasis tanah merah dengan penambahan kalsium oksida (CaO) sebagai bahan stabilisasi. Latar belakang penelitian ini didasari oleh kebutuhan material alternatif ramah lingkungan yang dapat mengurangi penggunaan energi tinggi dalam proses pembakaran bata konvensional. Metode penelitian meliputi pembuatan sampel bata dengan variasi campuran tanah merah, semen, dan CaO, kemudian dilakukan serangkaian pengujian meliputi massa jenis, penyerapan air, kadar garam, kuat tekan, konduktivitas termal, serta daya tahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan CaO berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan mekanis dan penurunan kadar garam pada bata. Kuat tekan bata meningkat seiring dengan penambahan CaO, meskipun belum seluruhnya memenuhi standar SNI 15-2094-2000. Seperti penyerapan air cenderung naik seiring dengan penambahan CaO, sehingga kualitas ketahanan bata terhadap lingkungan menurun, sementara konduktivitas termal menurun yang menandakan kemampuan isolasi panas bata menjadi lebih baik. Dari sisi kadar garam, penambahan CaO berkontribusi dalam mengurangi potensi garam larut yang dapat menimbulkan efloresensi. Secara keseluruhan, bata tanpa bakar berbasis tanah merah dengan penambahan CaO menunjukkan potensi sebagai material konstruksi alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci: Bata tanpa bakar, tanah merah, CaO, sifat fisik, sifat mekanik

ABSTRACT

CHARACTERISTIC OF UNFIRED RED SOIL BRICKS WITH THE ADDITION OF CALCIUM OXIDE (CaO) AS A STABILIZING AGENT

Muhammad Dicky Pradana

2107210067

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

Bricks are a common component used in the construction of building walls, however this material still possesses several shortcomings in its characteristics. This study aims to investigate the properties of unfired bricks made from red soil with the addition of calcium oxide (CaO) as a stabilizing agent. The background of this research is driven by the need for environmentally friendly alternative materials that can reduce the high energy consumption involved in conventional brick firing processes. The methodology involved producing brick samples with varying mixtures of red soil, cement, and CaO, followed by a series of tests including bulk density, water absorption, salt content, compressive strength, thermal conductivity, and durability. The results indicate that the addition of CaO improves the mechanical strength and reduces the salt content of the bricks. Compressive strength increased with higher CaO content, although it did not fully meet the SNI 15-2094-2000 standard. Water absorption tended to increase with the addition of CaO, which negatively affects the durability of the bricks, whereas thermal conductivity decreased, suggesting an enhancement in the thermal insulation capacity. In terms of salt content, CaO addition contributed to reducing soluble salts that may cause efflorescence. Overall, unfired red soil-based bricks with CaO addition demonstrate potential as an eco-friendly alternative construction material.

Keywords: Unfired brick, red soil, CaO, physical properties, mechanical properties

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 “Karakteristik bata tanpa bakar berbasis tanah merah dengan penambahan kalsium oksida(CaO) sebagai bahan stabilisasi” 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 Dr. Fetra Venny Riza selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida S.T, M.T 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. Orang tua penulis: Bapak Sunarto dan Ibu Ade Meilinda yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi dan memotivasi penulis selama ini.

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, September 2025



Muhammad Dicky Pradana

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	<i>vi</i>
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 Terkompresi	5
2.2 Tanah Merah	7
2.3 Kapur Tohor (CaO)	7
2.4 Syarat Mutu Bata	8
BAB 3 METODE PENELITIAN	11
3.1 Diagram Alir Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	12
3.2.1 Data Primer	12
3.2.2 Data Sekunder	12

3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian	12
3.4 Bahan Yang digunakan dalam Penelitian	13
3.5 Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian	16
3.6 Prosedur Pembuatan Sampel Bata	22
3.6.1 Tahap Persiapan	22
3.6.2 Tahap Pembuatan Sampel	22
3.7 Variasi Komposisi Dan Populasi Sampel	23
3.8 Pengujian Sampel Bata	24
3.8.1 Pengujian Massa Jenis	24
3.8.2 Pengujian Penyerapan Air	25
3.8.3 Pengujian Kadar Garam	25
3.8.4 Pengujian Kuat Tekan	25
3.8.5 Pengujian Konduktivitas Termal	26
3.8.6 Pengujian Daya Tahan	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Penelitian	28
4.2 Pemeriksaan Tanah	28
4.2.1 Hasil Indeks Plastisitas Tanah Merah	28
4.2.2 Hasil Analisa Butiran Tanah Merah	29
4.2.3 Hasil Kadar Air Tanah Merah	30
4.3 Pemeriksaan Material Agregat Halus	31
4.3.1 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus	31
4.3.2 Hasil Kadar Lumpur Agregat Halus	31
4.3.3 Hasil Kadar Air Agregat Halus	32
4.4 Hasil Dan Analisa Pengujian Bata Tanpa Bakar	32
4.4.1 Hasil Pengujian Massa Jenis	32
4.4.2 Hasil Pengujian Penyerapan Air	34
4.4.3 Hasil Pengujian Kadar Garam	37
4.4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan	39
4.4.5 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal	42

4.4.6 Hasil Pengujian Daya Tahan Bata	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel ukuran batu bata standar (SNI 15-2094-2000).	8
Tabel 2.2 Kuat tekan dan koefisien variasi untuk bata merah pejal (SNI 15-2094-2000).	9
Tabel 3.1 Komposisi unsur kimia kapur tohor(CaO) konvensional.	14
Tabel 3.2 Komposisi kandungan kimia semen portland tipe I (Semen Padang).	15
Tabel 3.3 Mix design dan populasi sampel.	23
Tabel 4.1 Hasil pengujian massa jenis bata tanpa bakar	33
Tabel 4.2 Hasil pengujian penyerapan air bata tanpa bakar	35
Tabel 4.3 Hasil pengujian kadar garam	37
Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat tekan bata tanpa bakar	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	11
Gambar 3.2	Tanah merah	13
Gambar 3.3	Air	14
Gambar 3.4	Kapur tohor	15
Gambar 3.5	Semen portland	16
Gambar 3.6	Pasir	16
Gambar 3.7	Cetakan bata	17
Gambar 3.8	Mesin hidrolik press	17
Gambar 3.9	Timbangan digital	18
Gambar 3.10	Saringan	18
Gambar 3.11	Gelas ukur	19
Gambar 3.12	Ember	19
Gambar 3.13	Cangkul kecil	20
Gambar 3.14	Pan	20
Gambar 3.15	Sekrap	21
Gambar 3.16	Penggaris	21
Gambar 4.1	Hasil pengujian indeks plastisitas tanah merah.	29
Gambar 4.2	Grafik analisa butiran tanah merah	30
Gambar 4.3	Grafik hasil pengujian massa jenis bata tanpa bakar	33
Gambar 4.4	Grafik hasil pengujian penyerapan air bata tanpa bakar	35
Gambar 4.5	Proses perendaman bata di dalam air	36
Gambar 4.6	Sampel hasil pengujian penyerapan air	36
Gambar 4.7	Proses perendaman bata	38
Gambar 4.8	Hasil pengujian kadar garam bata	39
Gambar 4.9	Grafik kuat tekan bata tanpa bakar	40
Gambar 4.10	Proses pengujian kuat tekan bata tanpa bakar	41
Gambar 4.11	Sampel bata tanpa bakar setelah di uji kuat tekan	42
Gambar 4.12	Grafik uji konduktivitas termal bata variasi kontrol	43
Gambar 4.13	Grafik rata-rata perbandingan nilai konduktivitas termal pada 4 variasi	44

Gambar 4.14	Proses pengujian konduktivitas termal bata	45
Gambar 4.15	Grafik rata-rata hasil pengujian daya tahan bata	46
Gambar 4.16	Pengujian daya tahan bata tanpa bakar	47

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)
LL	: Liquid Limit/Batas Cair
PL	: Plastic Limit/Batas Plastis
PI	: Plasticity Index/Indeks Plastisitas
FM	: Finess Modulus/Modulus Kehausan
T	: Waktu Pengujian
W/m°C	: Notasi konduktivitas termal dinyatakan dalam derajat celcius

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang konstruksinya sebagian besar menggunakan batu bata, khususnya batu bata merah yang sejak dahulu digunakan untuk bangunan. Batu bata merah memiliki nilai historis dan budaya yang erat kaitannya dengan tradisi kearifan dalam desain bangunan tradisional. Penggunaannya telah terbukti selama berabad-abad, mulai dari bangunan kuno seperti candi hingga rumah-rumah tradisional dan bangunan modern.

Batu bata menjadi pilihan utama dalam konstruksi karena harganya yang terjangkau, mudah didapat, memiliki kekuatan yang cukup tinggi, dan tahan terhadap berbagai kondisi cuaca. Ketahanannya didukung oleh proses pembakaran pada suhu tinggi hingga 800°C. Namun pembakaran yang menggunakan kayu bakar atau batubara sering kali menyebabkan polusi udara akibat emisi gas karbon dioksida (CO₂). Selain itu, proses produksi batu bata sangat bergantung pada kondisi cuaca, selama musim hujan produktivitas menurun karena pengeringan terganggu. Oleh karena itu diperlukan pengembangan inovasi material yang mampu mengurangi polusi udara, mengatasi ketergantungan pada cuaca, dan lainnya. Upaya ini bertujuan untuk menciptakan batu bata yang berkualitas, ramah lingkungan, dan praktis dalam penggunaannya (Amin, 2014).

Dalam proses pembuatannya, bata tanpa bakar memiliki komposisi yang berbeda dengan bata merah konvensional. Dikarenakan pembuatannya meliputi pemberian tekanan yang tinggi tanpa adanya pembakaran oleh karena itu perlu adanya bahan pengikat tambahan seperti semen Portland type I dengan komposisi yang telah disesuaikan. Kapur tohor atau kalsium oksida (CaO) memiliki peran signifikan dalam pembuatan bata tanpa bakar karena kemampuannya meningkatkan sifat mekanis material. Kapur tohor yang dihasilkan melalui proses kalsinasi batu kapur berfungsi sebagai bahan pengikat yang bereaksi dengan silika dan alumina dalam tanah, membentuk senyawa pozzolanik seperti kalsium silikat hidrat (C-S-H). Senyawa ini membantu meningkatkan stabilitas struktural dan

kekuatan tekan bata. Penambahan kapur tohor dalam jumlah yang optimal juga dapat mengurangi plastisitas tanah liat, memudahkan proses pencetakan, dan mempercepat waktu pengeringan. Namun, penambahan kapur yang berlebihan dapat meningkatkan porositas material, yang berpotensi menurunkan kekuatan tekan (Jusi dkk., 2021). Penelitian menunjukkan bahwa variasi proporsi kapur tohor berpengaruh terhadap berat jenis, porositas, dan tingkat penyerapan air pada bata tanpa bakar, sehingga penting untuk mengoptimalkan komposisinya (Haryanti & Wardhana, 2019).

Maka dari pada itu, studi penelitian tugas akhir ini dibuat oleh peneliti atas dasar ingin mengetahui sifat-sifat mekanis dari penggunaan kapur tohor atau kalsium oksida (CaO) dengan komposisi campuran yang berbeda-beda. Oleh sebab itu diambil judul “KARAKTERISTIK BATA TANPA BAKAR BERBASIS TANAH MERAH DENGAN PENAMBAHAN KALSIMUM OKSIDA (CaO) SEBAGAI BAHAN STABILISASI”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, adapun rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini yaitu :

1. Apakah penambahan kalsium oksida (CaO) dapat berpengaruh besar terhadap pengujian sifat mekanis dari bata tanpa bakar?
2. Apakah terdapat komposisi optimal dengan menambahkan kalsium oksida (CaO) untuk menghasilkan bata tanpa bakar yang memiliki sifat mekanis lebih baik?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah dilakukan untuk mempersempit ruang lingkup penelitian sehingga pembahasan dapat lebih terfokus dan terarah sesuai dengan topik yang telah ditentukan. Adapun batasan-batasan dalam penelitian ini adalah :

1. Pembuatan sampel batu bata menggunakan tanah merah dengan bahan tambah kapur tohor atau kalsium oksida (CaO).
2. Pengujian bata tanpa bakar dengan campuran kalsium oksida (CaO) dilakukan sesuai dengan pedoman Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2094-2000).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada di atas tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanik dari bata merah tanpa bakar dengan campuran kapur tohor atau Kalsium Oksida (CaO).
2. Untuk mengetahui komposisi optimal CaO dalam bata tanpa bakar.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan berbagai manfaat, menambah wawasan, dan pengetahuan dalam bidang material konstruksi, khususnya terkait inovasi pembuatan bata tanpa bakar dengan pengaruh penambahan kapur tohor atau kalsium oksida (CaO) untuk mendapatkan kualitas bata merah yang lebih baik. Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan penelitian berikutnya, maupun dalam penerapannya di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang, perumusan masalah yang dibahas, Tujuan dilakukannya penelitian ini, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian penjelasan landasan teori dari beberapa sumber yang berhubungan dengan permasalahan penelitian.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data, serta analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil yang didapatkan dari penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diambil dari penelitian yang dilakukan serta saran yang dapat diberikan untuk kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bata Tanpa Bakar Terkompresi

Saat ini, bata merah sering digunakan pada pembangunan rumah sederhana maupun proyek gedung bertingkat. Bata merah sendiri merupakan bahan material yang sudah digunakan sejak sekitaran tahun 7000 sebelum masehi (SM). Batu bata dengan dimensi 400x150x100 mm ini pertama kali ditemukan di wilayah Turki Selatan, tepatnya di kota yerikho (Fiala dkk., 2019).

Pada prinsipnya, pembuatan batu bata konvensional dapat mengeras secara alami baik dengan cara dijemur maupun dibiarkan mengering di udara terbuka. Namun, Proses pengerasan ini membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode pembakaran, akan tetapi banyak hal yang diperhatikan dari proses pembakaran ini seperti berdampaknya pada pencemaran lingkungan. Bata CSEB (Compressed stabilized earth brick) atau bata tanpa bakar terkompresi berbeda dari bata bakar konvensional karena proses produksinya yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi. Dalam pembuatannya, bata CSEB melalui proses pemadatan yang dapat dilakukan dengan metode statis, dinamis, atau vibro-statis. Pemadatan ini bertujuan untuk meningkatkan kerapatan dan kekuatan bata terhadap tekan. Selain itu, penambahan bahan penstabil seperti semen atau kapur juga diperlukan agar bata memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap tekanan dan perubahan lingkungan. Dengan teknik ini, bata CSEB menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan dibandingkan bata bakar tradisional (Riza dkk., 2010).

Penambahan campuran sebagai stabilisator yang diberikan untuk bata tanpa bakar memiliki peran yang sangat penting terhadap sifat mekanis dan ketahanan bata. Terlepas dari pada itu, kapur yang menjadi bahan tambahan yang berkontribusi sebagai reaksi pozzolan terhadap semen, komposisi yang tepat sangat diperlukan dan butuh waktu dalam jangka waktu yang cukup lama agar kapur dapat menjadi bahan tambahan yang efektif untuk meningkatkan kualitas bata CSEB, terutama dalam hal kekuatan dan ketahanannya (Riza dkk., 2010).

Namun, nilai indeks plastisitas tanah yang digunakan dalam pembuatan bata CSEB perlu diperhatikan dalam menentukan jenis stabilizer yang tepat untuk meningkatkan kualitasnya. Tanah dengan indeks plastisitas rendah (kurang dari 15) lebih sesuai untuk distabilisasi menggunakan semen portland, karena dapat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel tanah serta meningkatkan ketahanan bata. Sementara itu, tanah dengan indeks plastisitas tinggi dan kandungan lempung yang lebih besar lebih efektif jika distabilisasi menggunakan kapur atau material berbasis pozolan. Kapur berperan dalam menurunkan plastisitas tanah dengan meningkatkan perbandingan kapur dan tanah serta mendukung reaksi pozzolan, yang secara bertahap meningkatkan kekuatan bata. Oleh karena itu, pemilihan stabilizer harus disesuaikan dengan karakteristik tanah agar dapat menghasilkan bata CSEB yang lebih kuat, tahan lama, dan ekonomis (Riza dkk., 2010).

Hasil dari penelitian sebelumnya (Amin, 2014), menjelaskan bahwa Dalam hasil uji fisik pada komposisi III, dan IV dengan variasi bahan tambahan menggunakan abu sekam padi dan kapur tohor diketahui menghasilkan bata dengansifat ringan dan dapat memperbesar volume bata yang mengakibatkan nilai porositas pada bata meningkat sehingga kuat tekan pada bata tersebut lebih rendah dibandingkan dengan variasi komposisi tanpa penambahan abu sekam padi dan kapur tohor.

Didalam penelitian (Jusi dkk., 2021), Ditinjau dari sifat fisik dan mekanisnya, penambahan kapur tohor pada campuran bata berpengaruh terhadap penambahan kuat tekan seiring bertambahnya umur benda uji. Namun semakin besar persentase kapur tohor yang diberikan semakin rendah pula kuat tekan bebas nya. Persentase optimum terjadi pada penambahan campuran kapur 5% pada setiap penambahan umur benda uji, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fachru dkk., 2024), Campuran tambahan kapur tohor dan abu vulkanik pada pembuatan bata ringan memperoleh hasil yang optimum pada variasi D dengan substitusi kapur tohor 9% dari kebutuhan semen dan abu vulkanik 45% dari kebutuhan. Memeroleh hasil pengujian densitas 956 kg/m³, hasil pengujian daya serap air 17%, dan hasil pengujian kuat tekan 2,1 Mpa.

2.2 Tanah Merah

Pada penelitian ini bahan dasar yang digunakan untuk membuat bata adalah tanah merah, Tanah merah yang digunakan untuk pembuatan bata diperoleh dari lokal wilayah Deli Serdang. Pemilihan material utama pembuatan bata tanpa bakar dalam penelitian ini dikarenakan tanah merah terdiri dari butir-butir yang sangat halus, sehingga memiliki sifat plastisitas dan kohesi yang tinggi. Kohesi memungkinkan partikel-partikel tanah saling melekat dengan baik. Sementara itu, indeks plastisitas pada tanah merah yang cukup tinggi membuat tanah merah mudah dibentuk tanpa retak atau pecah, dan mampu mempertahankan bentuk barunya tanpa kembali ke bentuk semula. Sifat-sifat inilah yang sangat penting dalam proses pencetakan dan pembentukan bata, terutama bata tanpa bakar yang tidak melalui proses pemadatan termal seperti pembakaran (Widodo & Artiningsih, 2021).

2.3 Kapur Tohor (CaO)

Kapur merupakan material yang berasal dari batuan berwarna putih dengan tekstur halus. Secara umum, kapur terdiri dari tiga senyawa utama, yaitu kalsium karbonat, kalsium oksida, dan kalsium hidroksida. Pada awalnya pembentukan kapur terjadi di laut, ketika organisme laut purba yang memiliki cangkang berkalsium mati bertumpuk dan perlahan-lahan membentuk lapisan endapan hingga membentuk batuan setelah ribuan tahun. Batu kapur (lime stone)/ CaCO_3 , Kapur kembang dinamakan pula kapur tohor ataupun kapur hidup (quick lime) memiliki rumus CaO . Kapur tohor merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari pembakaran bongkahan batu gamping (Maranantha dkk., 2021).

Menurut (Jusi dkk., 2021), penambahan kapur tohor pada campuran bata berpengaruh terhadap penambahan kuat tekan seiring bertambahnya umur benda uji. Namun semakin besar persentase kapur tohor yang diberikan semakin rendah pula kuat tekan bebas nya. Persentase optimum terjadi pada penambahan campuran kapur 5% pada setiap penambahan umur benda uji, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Kapur dipilih karena memiliki sifat mengikat partikel-partikel yang cukup baik, pemilihan kapur sebagai pengganti sebagian semen. Kapur lebih murah

dibandingkan dengan semen sehingga pemakaian kapur tohor akan lebih efisien dalam biaya pembuatan bata tanpa bakar (Fachru dkk., 2024).

2.4 Syarat Mutu Bata

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

Menurut Standar Nasional Indonesia No. 15-2094-2000 ada enam aspek yang harus dipenuhi, yaitu :

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

Pada penelitian ini ukuran bata yang dibuat merujuk pada ukuran yang ada pada SNI 15-2094-2000 dengan mengikuti standar yang ada sebagai berikut : panjang 200mm, lebar 100mm, dan tebal 50mm. Ukuran dan toleransi bata merah ada pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Tabel ukuran batu bata standar (SNI 15-2094-2000).

Modul	Tinggi	Lebar	Panjang
M-5a	55±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

Pengujian kuat tekan bata merujuk pada kemampuan material tersebut dalam menahan beban tekan. Pengukuran kuat tekan bata dilakukan dengan mesin uji kuat tekan. Pengujian ini melibatkan pengujian sampel bata di laboratorium untuk menilai ketahanan serta kekuatannya terhadap tekanan yang diberikan secara bertahap hingga terjadi kegagalan pada bata tersebut seperti retakan dan pecahan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan bata, diantaranya:

4. Komposisi bahan baku

Komposisi bahan baku merupakan faktor utama yang menentukan kuat tekan bata. Bahan utama dalam pembuatan bata terdiri dari tanah liat (lempung), pasir, dan bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanis bata. Setiap komponen memiliki peran penting dalam menentukan kekuatan tekan bata.

5. Bahan Tambah (additive)

Penambahan bahan seperti kapur tohor sebagai material tambahan dapat mempengaruhi kuat tekan bata merah. Variasi penambahan bahan tambah dan waktu pengeringan mempengaruhi nilai kuat tekan yang dihasilkan (Jusi dkk., 2021).

Standar kuat tekan untuk bata tanpa bakar belum ada diatur dalam standar untuk standar kuat tekan minimalnya, sehingga pada penelitian ini untuk pengujian kuat tekan menggunakan standar bata merah pejal SNI 15-2094-2000. Besarnya kuat tekan minimum dan koefisien variasi yang diizinkan untuk bata merah pejal ada pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2: Kuat tekan dan koefisien variasi untuk bata merah pejal (SNI 15-2094-2000).

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

6. Kadar Garam Bata

Kadar garam pada batu bata berasal dari jumlah garam mineral yang terkandung dalam bahan baku pembuatan bata dan terbentuk selama proses produksi, garam-garam ini dapat berasal dari tanah liat, air pencampur, atau bahan tambah lainnya. Selain itu faktor lingkungan disekitarnya juga sangat berpengaruh.

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.

7. Penyerapan air

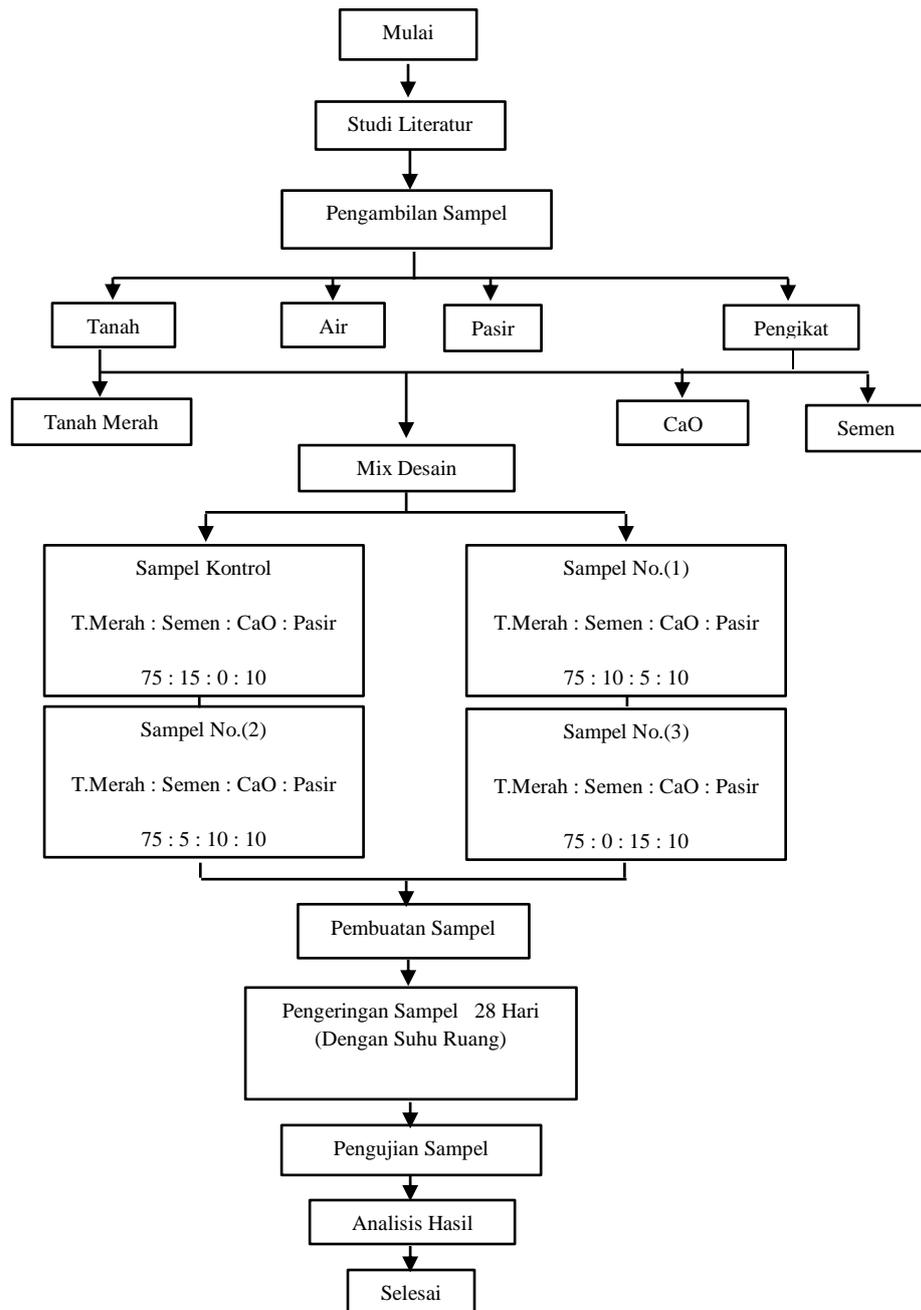
Penyerapan air merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas batu bata. Syarat mutu bata untuk penyerapan air berkaitan dengan seberapa besar bata dapat menyerap air dalam kondisi tertentu. Standar yang disyaratkan pada SNI 15-2094-2000 untuk penyerapan air maksimum bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah 20%.

Menurut penelitian (Frapanti dkk., 2023), hasil pengujian menunjukkan bahwa pada aspek sifat tampak, batu bata memiliki keseragaman warna sebesar 80%, bunyi nyaring saat dipukul 66,7%, kesikuan 53%, permukaan datar 86,7%, serta tidak retak 86,7% sesuai acuan SNI 15-2094-2000. Namun, pada aspek ukuran dan toleransi sebanyak 66,6% sampel tidak memenuhi standar tersebut. Dari sisi pengujian kuat tekan, seluruh sampel tidak sesuai SNI 15-2094-2000 karena nilai yang diperoleh masih di bawah 5 MPa. Sebaliknya, hasil pengujian penyerapan air menunjukkan kesesuaian dengan standar karena berada di bawah 20%, dan kandungan garam yang kurang dari 50% juga dinyatakan memenuhi SNI. Dengan demikian, dari keseluruhan pengujian, hanya sifat tampak, kandungan garam, serta daya serap air batu bata dari 15 kecamatan di Deli Serdang yang memenuhi ketentuan SNI 15-2094-2000.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah pengerjaan dalam penelitian ini disajikan dalam bagan alir sebagai berikut:



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, Penelitian eksperimen dilakukan untuk mengetahui hubungan sebab-akibat yang tercipta antar variabel. Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data melalui pengamatan langsung dan pengujian terhadap sampel yang diteliti. Penelitian kali ini akan membuat sampel bata tanpa bakar dengan penambahan kapur tohor (CaO) dengan variasi campuran yang berbeda-beda, yang di mana sampel tersebut digunakan untuk dilakukan pengujian yang mempresentasikan sifat mekanis dari bata tersebut. Sebagai acuan dalam penelitian 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 kuat tekan
2. Pengujian massa jenis
3. Pengujian penyerapan air
4. Pengujian kadar garam
5. Pengujian uji daya tahan
6. Pengujian konduktivitas termal

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada seperti penelitian terdahulu tentang batu bata, Jenis data ini dapat berupa data yang diambil dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, laporan, dan dokumen-dokumen lainnya yang berhubungan dengan batu bata. Penelitian ini juga tidak lepas dari bimbingan dan konsultasi dengan dosen pembimbing fakultas teknik program studi teknik sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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 Yang digunakan dalam Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan bata ini sebagai berikut:

1. Tanah Merah

Tanah merupakan bahan utama pembuatan bata tanpa bakar ini, tanah liat yang digunakan adalah tanah liat merah (lempung) 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 merah.

2. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PDAM Tirtanadi yang berada di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.3: Air.

3. Kapur Tohor

Kapur yang digunakan adalah kapur yang berjenis Calcium Oxide atau biasa disebut dengan kapur tohor. Spesifikasi CaO yang digunakan yaitu CaO konvensional yang didapatkan di toko kimia dengan komposisi unsur sebagai berikut.

Tabel 3.1: Komposisi unsur kimia kapur tohor(CaO) konvensional.

Chemical Composition Of The Catalyst(wt%)		
No	Item	Percentage
1	CaO	99.230
2	Fe ₂ O ₃	0.110
3	SrO	0.120
4	ZrO ₂	0.010
5	BaO	0.240
6	La ₂ O ₃	0.130
7	CeO ₂	0.040
8	Pr ₂ O ₃	0.040
9	Yb ₂ O ₃	0.050



Gambar 3.4: Kapur tohor.

4. Semen Portland

Pada Penelitian ini semen yang digunakan jenis semen portland tipe I yang bermerk semen padang dan sudah berstandar SNI. Komposisi kandungan kimia yang terdapat dalam semen adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2: Komposisi kandungan kimia semen portland tipe I (Semen Padang).

Chemical Properties(%)		
No	Item	Quality Range
1	SiO ₂	17-25
2	Al ₂ O ₃	3-8
3	CaO	60-67
4	Fe ₂ O ₃	0.5-6
5	MgO	0.1-4
6	SO ₃	1-3
7	Na ₂ O,K ₂ O	0.1-1
8	C ₃ S	45-60
9	C ₂ S	15-30
10	C ₃ A	5-10
11	C ₄ AF	5-15



Gambar 3.5: Semen Portland.

5. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pasir sungai dan tidak mengandung lumpur. Sebelum digunakan untuk pembuatan bata pasir telah dibersihkan dari bahan-bahan organik dan telah disaring menggunakan saringan no.8.



Gambar 3.6: Pasir.

3.5 Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Cetakan Bata

Cetakan bata yang digunakan terbuat dari besi dengan ukuran cetakan panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 5 cm. Cetakan bata yang digunakan

terdiri dari beberapa bagian antara lain, sebuah plat besi dengan ukuran lebih lebar dan panjang dari pada ukuran cetakan bata yang berguna sebagai alas untuk cetakan bata, dan sebuah plat besi dengan pegangan besi di atasnya sebagai tumpuan tekan dari mesin hidrolik.



Gambar 3.7: Cetakan bata.

2. Mesin Hidrolik Press

Mesin tekan hidrolik yang digunakan untuk mencetak bata dan memadatkan adonan bata hingga kepadatan yang diinginkan sesuai dengan tekanan yang diberikan.



Gambar 3.8: Mesin hidrolik press.

3. Timbangan Digital

Pada penelitian ini, digunakan timbangan digital untuk memastikan pengukuran massa bahan yang digunakan lebih presisi.



Gambar 3.9: Timbangan digital.

4. Saringan

Saringan digunakan untuk menyaring agregat dan bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan bata sehingga mencapai ukuran yang diinginkan. Pada penelitian ini ukuran saringan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari bahan yang akan digunakan.



Gambar 3.10: Saringan.

5. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air dengan tepat dalam proses pencampuran adonan bata hingga menjadi adonan siap cetak.



Gambar 3.11: Gelas ukur.

6. Ember

Ember digunakan sebagai tempat pencampuran bahan setelah melalui proses penimbangan massa bahan dalam jumlah yang banyak sebelum dicampurkan dengan air agar lebih mudah mencampurkan semua bahan dengan rata.



Gambar 3.12: Ember.

7. Cangkul kecil

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



Gambar 3.13: Cangkul kecil.

8. Pan

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



Gambar 3.14: Pan.

9. Sekrap

Sekrap digunakan sebagai alat bantu pencampuran bahan yang ada didalam pan dengan air hingga menjadi adonan yang siap cetak.



Gambar 3.15: Sekrap.

10. Penggaris

Penggaris digunakan sebagai alat pengukur bata yang telah dicetak sehingga mengetahui ukuran bata yang telah direncanakan.



Gambar 3.16: Penggaris.

3.6 Prosedur Pembuatan Sampel Bata

3.6.1 Tahap Persiapan

1. Persiapan alat dan bahan

Pada tahap persiapan ini diawali dengan mempersiapkan alat pencetak bata dan alat-alat lainnya seperti alat tekan hidrolik, dan lain-lain. Kemudian mempersiapkan bahan baku pembuat bata, seperti tanah liat, pasir, kapur tohor, dan semen. Tanah yang digunakan harus bersih dari kotoran, akar, atau material organik lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas bata. Selanjutnya tanah dikeringkan terlebih dahulu dibawah sinar matahari, kemudian diayak dengan saringan no.8 untuk mendapatkan butiran yang lebih halus dan homogen. Begitu juga dengan pasir yang diayak menggunakan saringan no.8, dan kapur tohor diayak menggunakan saringan no.16 agar gumpalan-gumpalan kapur terpisah.

2. Penimbangan bahan

Bahan-bahan yang telah disiapkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai dengan komposisi yang direncanakan. Dalam penelitian ini, bahan yang ditimbang mencakup tanah merah (liat), Pasir, Semen, dan Kapur tohor. Sementara itu, volume air diukur menggunakan gelas ukur sebagai acuan untuk menentukan kelembaban adonan yang dibutuhkan.

3.6.2 Tahap 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.

3.7 Variasi Komposisi Dan Populasi Sampel

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

Tabel 3.3: Mix design dan populasi sampel.

Berdasarkan Persentase (%)						
No	Tanah Merah	Binder		pasir	Jumlah Sampel	Keterangan
		Semen	CaO			
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

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 konduktivitas termal : 3 sampel
6. Pengujian daya tahan : 3 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. Sebagai alternatif, kalsium oksida (CaO) ditambahkan sebagai bahan stabilisasi kimia yang mampu berperan aktif dalam memperkuat struktur material melalui proses karbonasi dan pembentukan senyawa pengikat seperti kalsium karbonat dan C-S-H (Calcium Silicate Hydrate). Rasio campuran tersebut dipilih untuk memperoleh perbandingan yang seimbang antara semen dan CaO sebagai bahan pengikat, dengan mempertahankan komposisi tanah merah sebesar 75% dan pasir 10%, sedangkan variasi binder berupa kombinasi semen dan CaO dibuat dalam empat kondisi, yaitu kontrol (15% semen tanpa CaO), variasi 1 (10% semen dan 5% CaO), variasi 2 (5% semen dan 10% CaO), serta variasi 3 (15% CaO tanpa semen). Guna mengoptimalkan sifat mekanis dan fisik bata, sedangkan batas maksimum air 25% 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 (Riza, 2011).

3.8 Pengujian Sampel Bata

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:

3.8.1 Pengujian Massa Jenis

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)

3.8.2 Pengujian Penyerapan Air

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. 3.2:

$$\text{Penyerapan} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

A = Berat setelah direndam(gr)

B = Berat kering(gr)

3.8.3 Pengujian Kadar Garam

Pengujian kadar garam ini bertujuan untuk mengetahui kadar garam yang terdapat pada bata. Menurut SNI 15-2094-2000 kadar garam minimum adalah dibawah 50%. Bata yang melebihi dari batas kadar garam minimum akan merusak ikatan bata dengan mortar pada pasangan bata. Pada pengujian ini Standar yang digunakan untuk menguji kadar garam menggunakan langkah pengujian dari (ASTM C67, 2001). Untuk menghitung nilai kadar garam pada bata digunakan pers. 3.3:

$$\text{Kadar garam} = \frac{Ag}{A} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

Ag = Luasan bata yang mengandung garam

A = Luas bata

3.8.4 Pengujian Kuat Tekan

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)

3.8.5 Pengujian Konduktivitas Termal

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kemampuan bata dalam perpindahan panas. Pengujian ini berdasarkan pada standar metode uji (ASTM C177-13, 2013). Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukan sampel batu bata ke dalam alat konduktivitas termal dan dihidupkan selama 40 menit pemanasan untuk diambil data temperatur melalui sampel dalam setiap 5 menit. Untuk menentukan nilai konduktivitas termal pada sampel bata tanpa bakar, dilakukan pengukuran terhadap sejumlah parameter yang tercantum dalam tabel.

Berikut adalah contoh perhitungan untuk memperoleh nilai konduktivitas termal dari sampel bata tanpa bakar:

Diketahui :

Tegangan keluar : 0,92 V

Arus : $1\mu\text{A} = 0,0000001 \text{ A}$

T : 5 menit

Δx : 0,05 m

T1 : $29,8^\circ\text{C}$

T2 : $30,1^\circ\text{C}$

ΔT : $T_2 - T_1 = 0,3$

A : $0,2 \text{ m}^2$

1. Pertama untuk mengetahui nilai laju aliran panas dihitung dengan persamaan ($Q =$ tegangan keluar x arus). Untuk perhitungan tiap sampel dapat dicontohkan pada perhitungan dibawah ini :

$$Q = \text{tegangan keluar} \times \text{ arus} = 0,92 \times 0,0000001 = 0,000000092 \text{ W}$$

2. Kemudian untuk menghitung nilai konduktivitas termal dari masing-masing sampel dicontohkan pada perhitungan dibawah ini :

$$\lambda = \frac{Q \cdot \Delta x}{\Delta T \cdot A} \quad (3.5)$$

$$\lambda = \frac{0,000000092 \cdot 0,05}{0,3 \cdot 0,2} = 0,0000000076 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan diatas dilakukan untuk semua sampel bata.

3.8.6 Pengujian Daya Tahan

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 (durability) adalah sebagai berikut:

$$Durability(\%) = \frac{W_{akhir}}{W_{awal}} \times 100\% \quad (3.6)$$

Diketahui :

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

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

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari tahap persiapan material, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji. Pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Setelah seluruh proses pencetakan bata dilakukan dengan jumlah total 36 sampel. Kemudian setelah melalui proses masa curing selama 28 hari dalam suhu ruang akan dilakukan pengujian yang terdiri dari pengujian massa jenis, pengujian penyerapan air, pengujian kadar garam, pengujian kuat tekan, pengujian konduktivitas termal, dan pengujian daya tahan. Setelah itu akan dilakukan analisis data dari hasil pengujian bata tersebut berdasarkan dari masing-masing variasi sampel.

4.2 Pemeriksaan Tanah

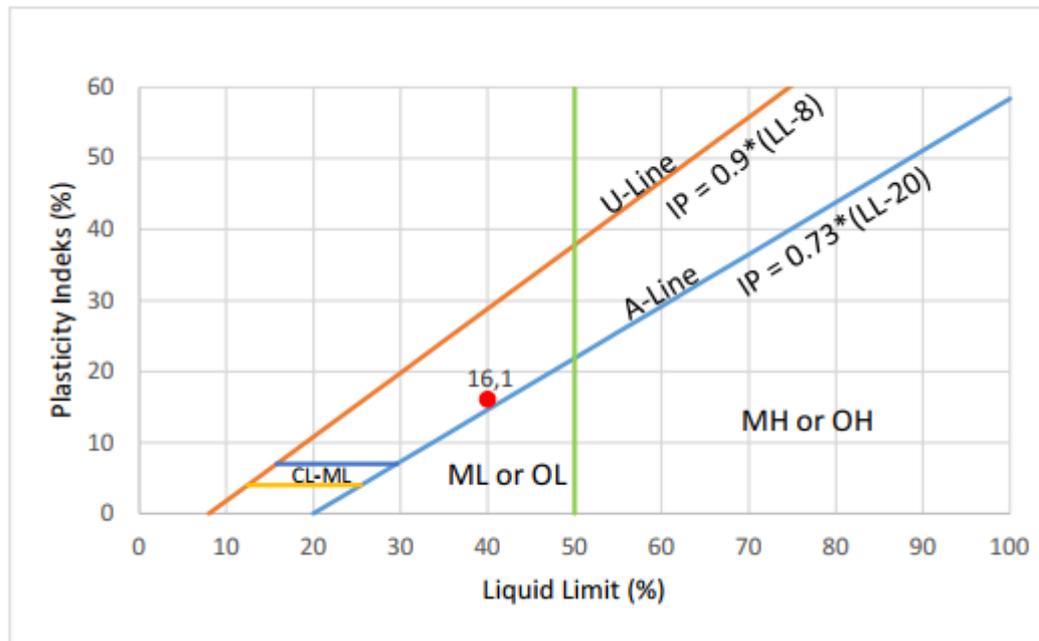
Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah merah (lempung) yang berasal dari wilayah Desa Sidourip Deli Serdang. Pemeriksaan tanah dilakukan untuk mengetahui kualitas tanah sebagai bahan baku utama pembuatan bata tanpa bakar yang digunakan.

4.2.1 Hasil Indeks Plastisitas Tanah Merah

Pengujian indeks plastisitas tanah bertujuan untuk mengetahui transisi sifat tanah dari kondisi cair ke kondisi plastis. Batas cair (Liquid Limit/LL) adalah kadar air pada saat tanah berada di ambang perubahan dari kondisi cair menjadi plastis, yang umumnya diperoleh melalui uji Casagrande. Dalam uji ini, hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan dari alat Casagrande digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada saat tercapai 25 kali pukulan. Batas plastis (Plastic Limit/PL) adalah kadar air di mana tanah mulai menunjukkan sifat semi plastis, yaitu saat tanah berbentuk silinder berdiameter 3,2 mm mulai retak ketika digulung. Indeks plastisitas (Plasticity Index/PI) merupakan selisih antara nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Nilai PI ini

menggambarkan sejauh mana tanah bersifat plastis. Tanah dengan nilai PI tinggi mengandung banyak partikel lempung, sedangkan tanah dengan PI rendah seperti lanau akan cepat mengering hanya dengan sedikit penurunan kadar air.

Hasil pengujian indeks plastisitas tanah merah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah.

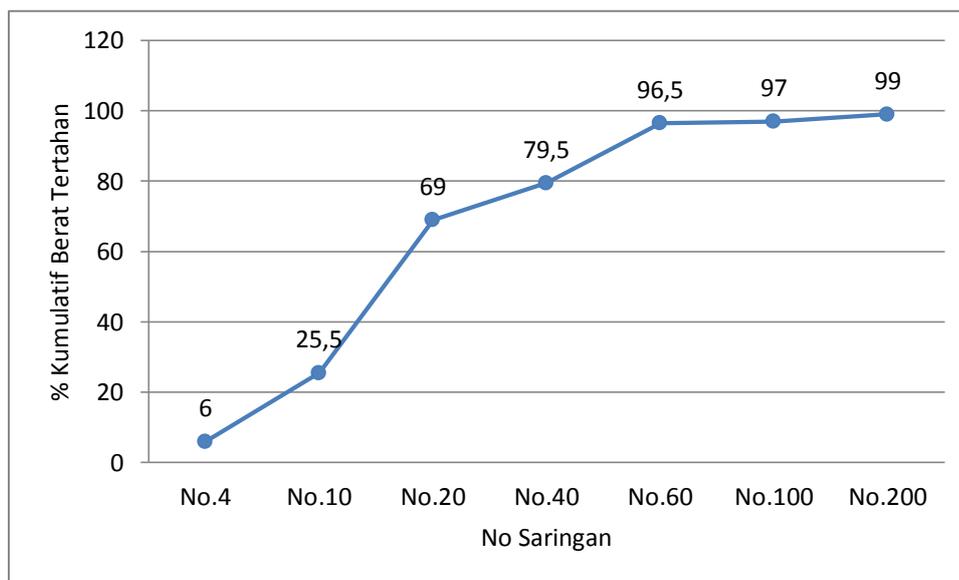


Gambar 4.1: Hasil pengujian indeks plastisitas tanah merah.

Dari hasil pengujian plastisitas tanah Merah dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel di Lampiran 1 diperoleh batas cair (*Liquid Limit*) 44% dan Batas Plastis (*Plastic Limit*) 27,5%, maka didapat Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) dari tanah merah sebesar 16,1%. Berdasarkan nilai Indeks plastisitas yang diperoleh maka tanah merah yang digunakan dalam penelitian ini termasuk tanah lempung inorganik/lempung berlanau dengan indeks plastisitas sedang.

4.2.2 Hasil Analisa Butiran Tanah Merah

Tujuan dari analisis butiran tanah adalah untuk mengelompokkan partikel tanah berdasarkan ukurannya (gradasi). Proses penentuan gradasi dilakukan pada sampel tanah merah dengan menggunakan ayakan atau saringan yang memiliki ukuran lubang tertentu. Pengujian dilakukan dengan cara mengayak dan menggoyangkan sampel tanah melalui rangkaian saringan yang disusun dari ukuran terbesar ke terkecil. Dari pengujian ini didapatkan hasil data seperti di Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2: Grafik analisa butiran tanah merah.

Dari hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 diatas, semakin kecil lubang diameter saringan maka akan semakin tinggi % kumulatif berat tanah yang tertahan. Menurut (SNI 6371-2015), tanah pada pengujian ini tergolong tanah kasar karena tertahan $\geq 50\%$ pada saringan no.200.

4.2.3 Hasil Kadar Air Tanah Merah

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui dan menentukan jumlah air yang terkandung dalam sampel tanah. Kadar air (w) merupakan rasio antara berat air dalam tanah terhadap berat tanah kering, dan biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%).

Tanah dikatakan memiliki kadar air normal jika nilai tersebut berada dalam rentang 20% hingga 100%. Apabila kadar air melebihi 100%, maka tanah

dianggap dalam kondisi jenuh air, sedangkan jika di bawah 20%, tanah tergolong kering. Berdasarkan hasil pengujian, kadar air rata-rata tanah merah adalah 32,8%, yang masih termasuk dalam kategori normal karena nilainya di bawah 100%.

4.3 Pemeriksaan Material Agregat Halus

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pasir sungai daerah Binjai. Secara umum penggunaan pasir dari daerah ini sudah banyak teruji dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan bangunan.

Pasir merupakan suatu partikel yang halus yang berukuran jauh lebih kecil dari kerikil yang dimana ukurannya antara 5 – 0.074 mm, bersifat tidak plastis dan tidak kohesif. Dalam pembuatan batu bata bakar dan batu bata jemur, biasanya digunakan tanah lempung yang mengandung pasir yang disebut juga tanah lempung berpasir. Keberadaan pasir sangat dibutuhkan sebagai material tambahan untuk mengurangi keplastisan tanah lempung dan penyusutan batu bata. namun biasanya kadar pasir halus dapat menyebabkan batu bata yang di bakar akan retak atau pecah (Elianora, 2010).

4.3.1 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus yang telah dilakukan maka didapat nilai kumulatif yang menjelaskan apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus.

Dari pengujian yang dilakukan maka didapat nilai modulus kehausan (*fineness modulus*) atau FM sebesar 2,67%. Nilai ini masih termasuk dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 – 3,8% (Menurut SK SNI S- 04-1989-F). Agregat tersebut berada pada Zona 2 (pasir sedang).

4.3.2 Hasil Kadar Lumpur Agregat Halus

Tujuan dari pengujian kadar lumpur agregat halus adalah untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) untuk mengetahui kualitasnya sebagai bahan campuran pada pembuatan bata tanpa bakar. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ketentuan dari (SK SNI S- 04-1989-F) dimana Kadar lumpur pada agregat halus (pasir) maksimal 5%.

Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur yang sudah dilakukan didapat nilai presentase kadar lumpur rata-rata sebesar 3,21 %, dari hasil yang didapat menandakan bahwa nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu dengan nilai maksimal 5 % (Menurut SK SNI S-04-1989-F), sehingga agregat tidak perlu untuk dicuci lagi sebelum pengadukan.

4.3.3 Hasil Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air pada agregat halus bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara jumlah air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering. Berdasarkan data pada Lampiran 4, pengujian dilakukan pada dua sampel, dengan hasil kadar air sebesar 4,33% untuk sampel 1 dan 6,52% untuk sampel 2. Dari kedua hasil tersebut, diperoleh nilai rata-rata kadar air sebesar 5,43%. Nilai ini berada dalam kisaran standar yang diperbolehkan, yaitu antara 2,0% hingga 20%. Dengan demikian, agregat halus tersebut dinyatakan memenuhi syarat dan layak digunakan dalam campuran pembuatan bata, tanpa perlu melakukan penyesuaian terhadap jumlah air yang digunakan dalam campuran.

4.4 Hasil Dan Analisa Pengujian Bata Tanpa Bakar

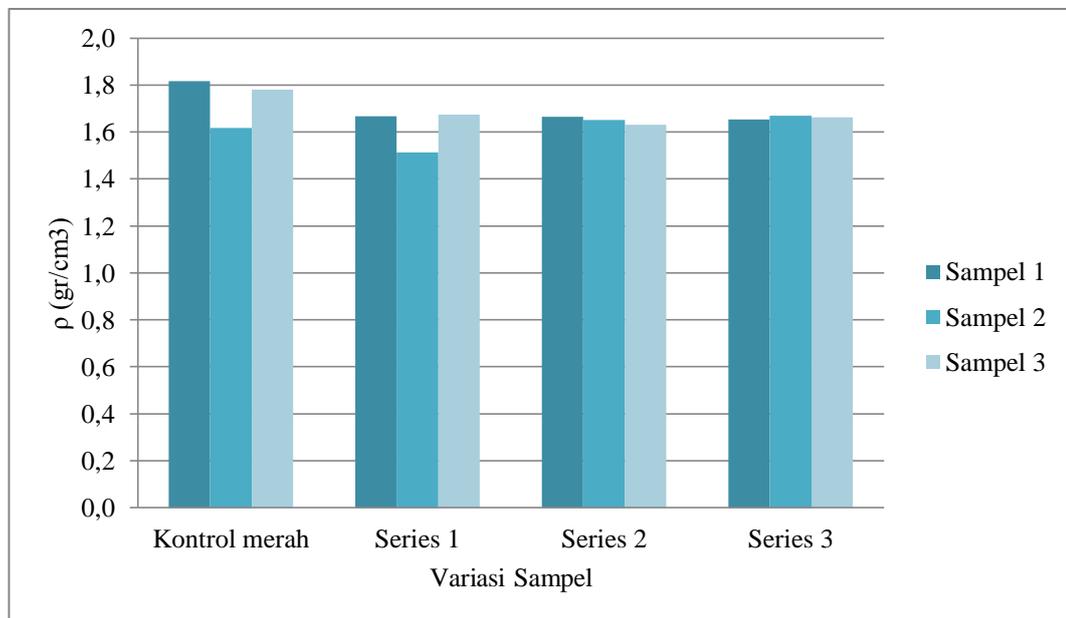
Pada sub bab ini akan di jelaskan hasil dan analisa dari pengujian bata tanpa bakar yang meliputi pengujian massa jenis, pengujian penyerapan air, kadar garam, kuat tekan, konduktivitas termal, dan daya tahan bata tanpa bakar.

4.4.1 Hasil Pengujian Massa Jenis

Massa jenis adalah perbandingan antara massa suatu benda dengan volumenya. Dalam pengujian ini dinyatakan dalam gr/cm^3 . Adapun hasil pengujian berat jenis ditampilkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.1: Hasil pengujian massa jenis bata tanpa bakar.

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	1,738
	2	1780	10	20	5,5	1100	1,618	
	3	1780	10	20	5,0	1000	1,780	
1	1	1625	10	19,9	4,9	975,1	1,666	1,617
	2	1655	10	19,9	5,5	1094,5	1,512	
	3	1665	10	19,9	5,0	995	1,673	
2	1	1690	10	19,9	5,1	1014,9	1,665	1,649
	2	1675	10	19,9	5,1	1014,9	1,650	
	3	1655	10	19,9	5,1	1014,9	1,631	
3	1	1645	10	19,9	5,0	995	1,653	1,662
	2	1660	10	19,9	5,0	995	1,668	
	3	1655	10	19,9	5,0	995	1,663	



Gambar 4.3: Grafik hasil pengujian massa jenis bata tanpa bakar.

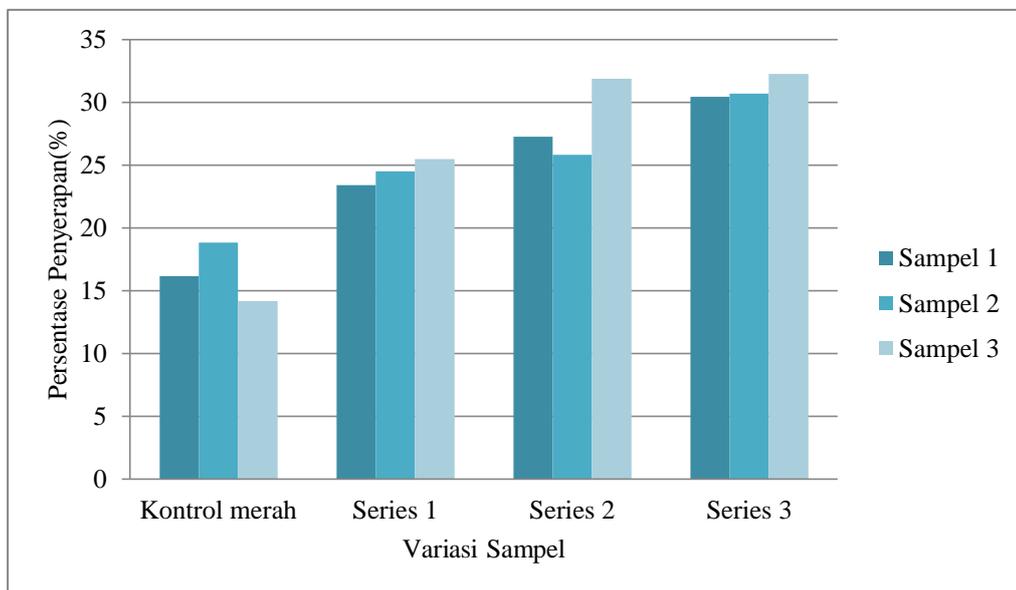
Berat jenis digunakan untuk mengukur tingkat kerapatan partikel per meter kubik. Berdasarkan hal ini, dapat diketahui bahwa sampel kontrol memiliki berat jenis tertinggi karena seluruh bahan pengikat yang digunakan adalah semen. Sementara untuk variasi sampel satu, dua, dan tiga tidak terlihat perbedaan yang sangat signifikan.

4.4.2 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air pada batu bata mengacu kepada kemampuan batu bata tersebut dalam menyerap air. Pengujian daya serap air dilakukan dengan melihat perbandingan persentase antara berat kering batu bata dengan berat basah yang sudah melalui perendaman selama 24 jam. Menurut ketentuan SNI 15-2094-2000, penyerapan air batu bata yang diperbolehkan adalah sebesar 20%. Adapun hasil pengujian penyerapan air pada bata ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.2: Hasil pengujian penyerapan air bata tanpa bakar.

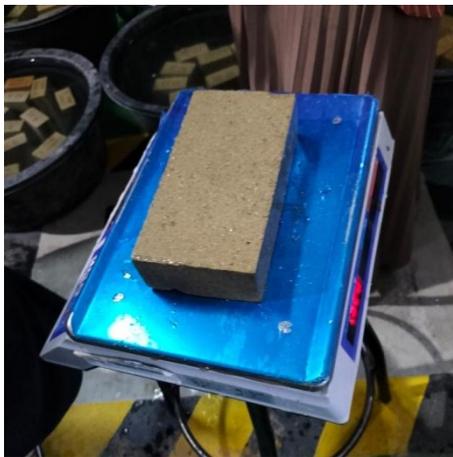
Variasi	Jumlah Sampel	Wet Weight	Dry Weight	Water Absorption	Rata-rata (%)
		Ww (gr)	Wd (gr)	Ds (%)	
Kontrol	1	2015	1735	16,138	16,375
	2	2020	1700	18,824	
	3	2015	1765	14,164	
1	1	1925	1560	23,397	24,468
	2	1930	1550	24,516	
	3	1920	1530	25,490	
2	1	1960	1540	27,273	28,316
	2	1975	1570	25,796	
	3	1965	1490	31,879	
3	1	1800	1380	30,435	31,124
	2	1895	1450	30,690	
	3	2030	1535	32,248	



Gambar 4.4: Grafik hasil pengujian penyerapan air bata tanpa bakar.



Gambar 4.5: Proses perendaman bata di dalam air.



Gambar 4.6: Sampel hasil pengujian penyerapan air.

Gambar diatas melihat proses pengujian penyerapan air pada bata tanpa bakar. Dimulai dari proses awal perendaman bata setelah melalui proses curing selama 24 jam, kemudian diangkat dan ditimbang untuk mengetahui perbandingan persentase berat antara sebelum dan sesudah direndam.

Dari hasil pengujian daya serap air yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.4. diperoleh nilai rata-rata dari variasi kontrol sebesar 16,375%, variasi 1 sebesar 24,468%, variasi 2 sebesar 28,316%, dan variasi 3 sebesar 31,124%. Dapat dilihat dari hasil tersebut variasi kontrol memiliki nilai persentase penyerapan air yang paling rendah, sedangkan untuk variasi 1,2, dan 3 nilai persentase penyerapan air yang didapat melebihi 20%, yang dimana nilai tersebut adalah batas penyerapan air pada bata yang diizinkan oleh SNI 15-2094-2000.

Dari grafik yang ditampilkan dapat dilihat bahwa daya serap bata tanpa bakar dengan penambahan CaO mengalami peningkatan secara bertahap sesuai dengan persentase komposisi CaO yang diberikan. Dalam hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak persentase CaO yang diberikan akan menyebabkan semakin tinggi nya persentase penyerapan air pada bata tersebut yang diakibatkan dari peningkatan porositas dari penambahan CaO yang bertahap.

4.4.3 Hasil Pengujian Kadar Garam

Pengujian kadar garam ini bertujuan untuk mengetahui kadar garam yang terdapat pada bata yang ditunjukkan dengan adanya bercak putih pada bata yang telah diuji. Dari hasil pengujian kadar garam, kandungan garam yang terdapat pada bata tanpa bakar dengan campuran CaO dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan sampel bata setelah pengujian kadar garam pada Gambar 4.8 seperti berikut.

Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar garam.

Variasi	Jumlah Sampel	Dimensi				Dimensi kadar garam		Luasan (cm ²)	Persentase Kadar Garam
		Lenght (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Luasan (cm ²)	Lenght (cm)	Width (cm)		
Kontrol	1	10	20	4,9	200	0	0	0	0
	2	10	20	5,5	200	0	0	0	0
	3	10	20	5,0	200	0	0	0	0
1	1	10	19,9	4,9	199	0	0	0	0
	2	10	19,9	5,5	199	0	0	0	0
	3	10	19,9	5,0	199	0	0	0	0
2	1	10	19,9	5,1	199	0	0	0	0
	2	10	19,9	5,1	199	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
	2	10	19,9	5,0	199	0	0	0	0
	3	10	19,9	5,0	199	0	0	0	0

Dari hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel di atas, diperoleh nilai kadar garam dari 4 variasi bata tanpa bakar adalah 0% atau terbilang tidak ada,

sehingga dapat disimpulkan bahwa hal tersebut tidak membahayakan, karena nilai hasil pengujian masih aman dan sesuai dengan SNI 15-2094-2000, Dimana dinyatakan jika kandungan garam lebih dari 50% menutupi permukaan bata, maka bata tersebut dapat membahayakan jika digunakan.

Secara praktis, kapur Tohor (CaO) bukan merupakan sumber utama garam larut penyebab efloresensi. Garam larut lebih banyak berasal dari kandungan alkali pada semen atau faktor eksternal seperti air tanah dan lingkungan yang mengandung sulfat maupun klorida. Penambahan CaO justru dapat mengurangi potensi efloresensi karena lime bereaksi dengan silika atau alumina dalam material untuk membentuk senyawa hidrat yang mengikat ion bebas, sekaligus memperbaiki struktur pori sehingga pergerakan air kapiler yang membawa garam ke permukaan menjadi terbatas. Oleh karena itu, bata atau mortar dengan campuran CaO umumnya memiliki tingkat efloresensi yang rendah hingga tidak ada (Brick Industry Association, 2019).



Gambar 4.7: Proses perendaman bata.



Gambar 4.8: Hasil pengujian kadar garam bata.

4.4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bata dilakukan pada saat bata berusia 28 hari setelah pencetakan bata (setelah melalui proses curing). Pengujian kuat tekan bata mengacu pada SNI 15-2094-2000. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara meletakkan bata pada mesin tekan hidrolik, kemudian diberi tekanan hingga terjadi kegagalan (failure) bata bata tersebut.

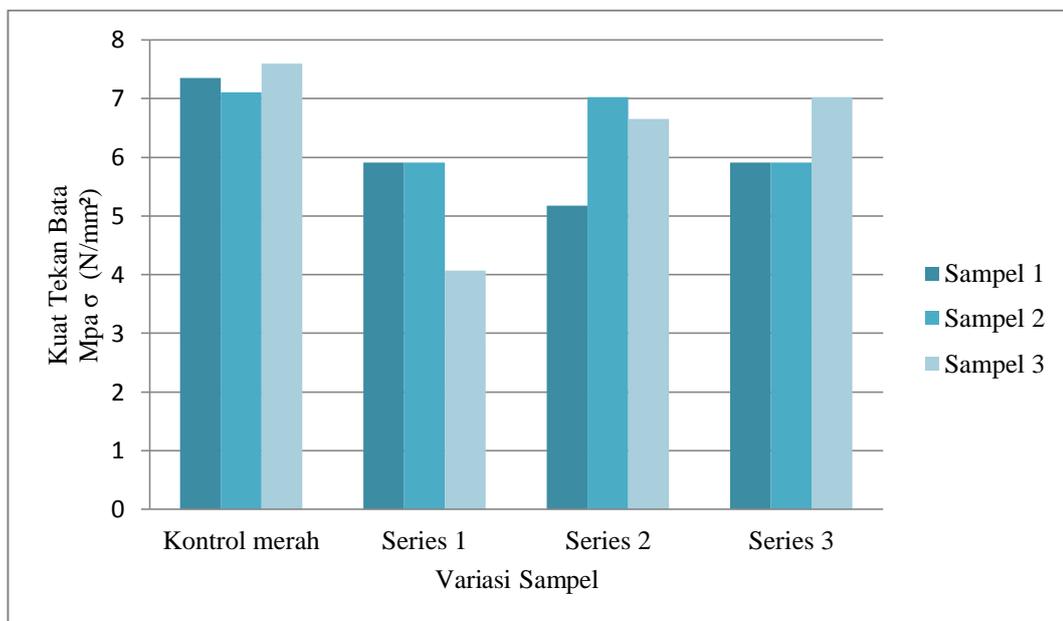
Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan bata tanpa bakar dengan penambahan CaO sebagai stabilitor yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.4: Hasil pengujian kuat tekan bata tanpa bakar.

Variasi	Sampel	Maximum Load		Dimension		Sectional Area	Compressive Strength	Rata-rata
		P (Kg)	P (N)	length (mm)	width (mm)			
Kontrol	1	15000	147101	100	200	20000	7,36	7,36
	2	14500	142197	100	200	20000	7,11	
	3	15500	152004	100	200	20000	7,60	
1	1	12000	117680	100	199	19900	5,91	4,68
	2	8250	80905,3	100	199	19900	4,07	
	3	8250	80905,3	100	199	19900	4,07	

Tabel 4.4: Hasil pengujian kuat tekan bata tanpa bakar.

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)
2	1	10500	102970	100	199	19900	5,17	6,28
	2	14250	139745	100	199	19900	7,02	
	3	13500	132390	100	199	19900	6,65	
3	1	12000	117680	100	199	19900	5,91	6,28
	2	12000	117680	100	199	19900	5,91	
	3	14250	139745	100	199	19900	7,02	



Gambar 4.9: Grafik kuat tekan bata tanpa bakar.

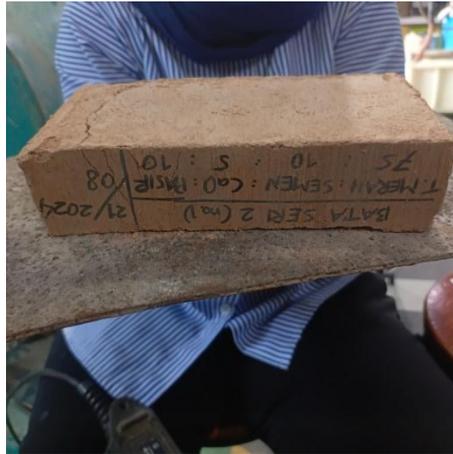
Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat diatas, diperoleh hasil rata-rata uji kuat tekan bata tanpa bakar pada bata kontrol yaitu 7,36 Mpa, namun kuat tekan bata dengan campuran CaO series 1,2 dan 3 mengalami penurunan $\pm 20\%$ dari bata kontrol. Nilai kuat tekan rata-rata series 1 sebesar 4,68 Mpa, series 2 sebesar 6,28 Mpa, dan series 3 sebesar 6,28 Mpa.

Menurut standar SNI 15-2094-2000 nilai kuat tekan minimum yang diizinkan untuk klasifikasi kelas mutu II yaitu sebesar 5 Mpa. Dapat dilihat dari hasil pengujian kuat tekan bata tanpa bakar untuk series kontrol, series 2, dan series 3 memenuhi standar minimum kuat tekan yang di tetapkan. Namun untuk series 1 nilai kuat tekannya dibawah standar minimum. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan CaO dengan persentase terlalu sedikit dapat mengurangi nilai kuat tekan yang cukup signifikan pada bata tersebut.

Penambahan CaO dalam jumlah terlalu sedikit cenderung menurunkan kuat tekan material. Hal ini disebabkan oleh dosis yang tidak cukup untuk membentuk ikatan kimia yang optimal, bahkan dapat menimbulkan ekspansi internal yang merusak struktur mikro yang dapat menimbulkan retak halus (microcracks). Namun demikian, terdapat zona dosis optimal, yaitu sekitar 5-9% yang terbukti mampu meningkatkan kekuatan tekan material. Namun apabila dosis yang diberikan terlalu berlebihan, kuat tekan justru mengalami penurunan akibat terbentuknya struktur yang lebih berpori dan kurang stabil secara mikro (Statkauskas dkk., 2022).



Gambar 4.10: Proses pengujian kuat tekan bata tanpa bakar.

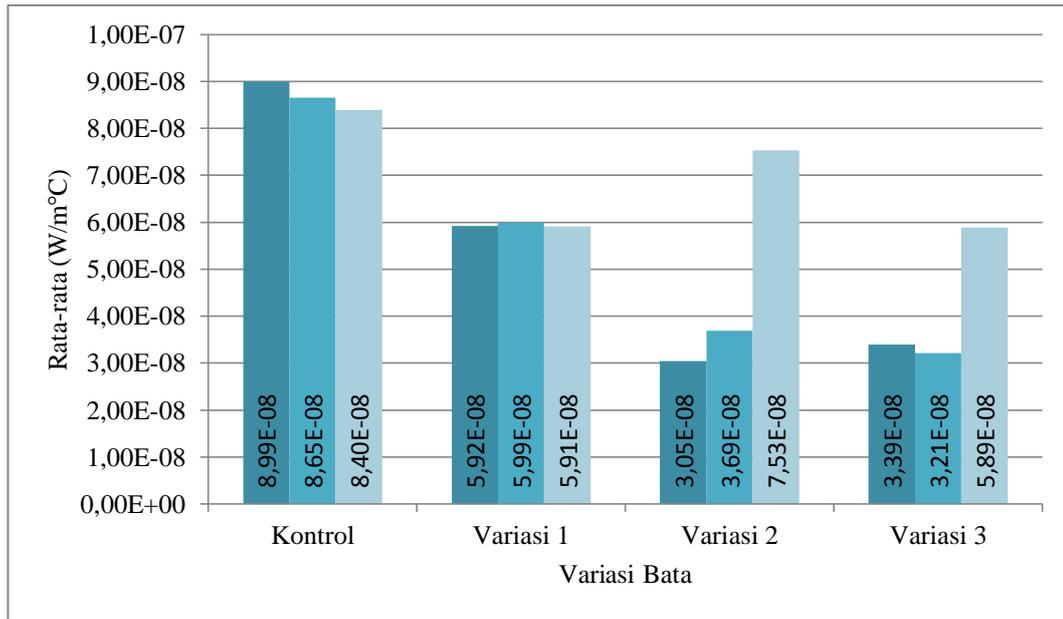


Gambar 4.11: Sampel bata tanpa bakar setelah di uji kuat tekan.

4.4.5 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Pengujian konduktivitas termal dilakukan untuk mengetahui seberapa baik suatu material dapat menghantarkan panas. Material dengan nilai konduktivitas termal yang rendah berfungsi sebagai isolator yang baik, sedangkan material dengan konduktivitas tinggi cenderung menjadi penghantar panas yang efisien.

Pengujian konduktivitas termal mengacu pada (ASTM C177-13) dengan metode Guarded Hot Plate. Dalam penelitian ini, setiap variasi menggunakan 3 sampel, dan berikut merupakan grafik hasil pengujian untuk masing-masing variasi tersebut yang dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Gambar 4.12 dibawah ini:



Gambar 4.12: Grafik uji konduktivitas termal bata variasi kontrol.

Pada Gambar 4.12 menjelaskan bahwa pada variasi bata kontrol dengan pengikat semen sebagai bahan tambahan. Pada sampel 1 mengalami kenaikan nilai penghantar panas yang paling tinggi di antara tiga sampel uji yaitu sebesar (0,00000008992 W/m°C), dan sampel 3 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas yaitu (0,00000008396 W/m°C).

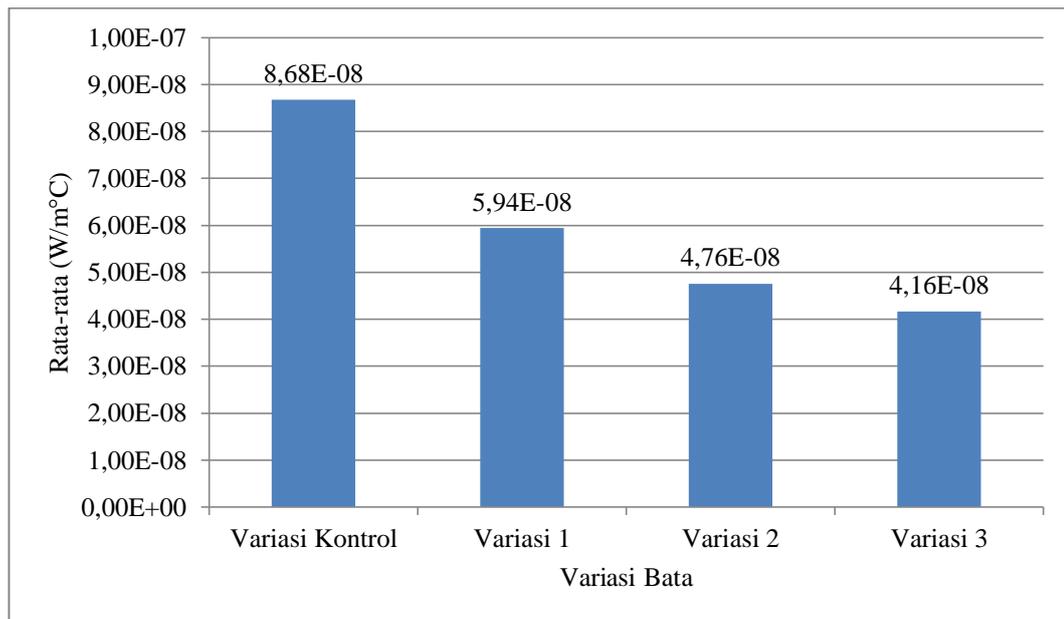
Dari hasil variasi 1 dengan penambahan CaO sebanyak 5%. Pada sampel 2 mengalami kenaikan nilai penghantar panas yang paling tinggi di antara tiga sampel uji yaitu sebesar (0,00000005990 W/m°C), dan sampel 3 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas yaitu (0,00000005906 W/m°C).

Dari hasil variasi 2 dengan penambahan CaO sebanyak 10%. Pada sampel 3 mengalami kenaikan nilai penghantar panas yang paling tinggi di antara tiga sampel uji yaitu sebesar (0,00000007531 W/m°C), dan sampel 1 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas yaitu (0,00000003049 W/m°C).

Pada variasi 3 dengan pengikat CaO sebanyak 15% sebagai bahan tambahan. Pada sampel 3 mengalami kenaikan nilai penghantar panas yang paling tinggi di antara tiga sampel uji yaitu sebesar (0,00000005891 W/m°C), dan bata

sampel 2 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas yaitu (0,00000003214 W/m°C).

Dan adapun diperoleh hasil data perbandingan rata-rata nilai konduktivitas termal dari empat variasi dengan jumlah sampel 3 buah bata pada masing-masing variasi yang dapat dilihat di grafik pada Gambar 4.13 dibawah ini.



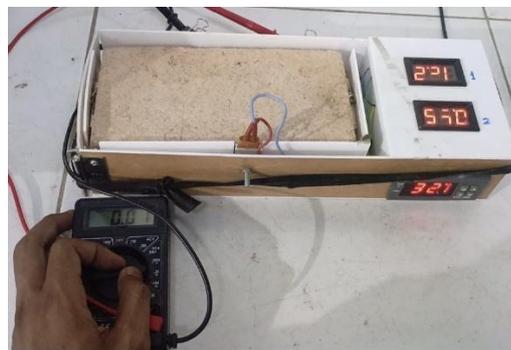
Gambar 4.13: Grafik rata-rata perbandingan nilai konduktivitas termal pada 4 variasi.

Analisis perbandingan nilai konduktivitas panas telah dilakukan terhadap 12 sampel yang terdiri dari empat variasi komposisi, sebagaimana divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.13. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa nilai konduktivitas panas pada variasi 1, variasi 2, dan variasi 3 mengalami penurunan bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga variasi tersebut memiliki kemampuan rendah dalam menghantarkan panas, sehingga cenderung bersifat sebagai isolator termal. Sebaliknya, pada variasi kontrol terjadi peningkatan nilai konduktivitas panas yang menandakan adanya sifat penghantar panas yang lebih baik.

Berdasarkan data pada Gambar 4.13, nilai konduktivitas panas terendah tercatat sebesar 0,0000004165 W/m°C, yang diperoleh pada variasi 3 dengan

penambahan 15% CaO. Nilai ini menunjukkan bahwa komposisi tersebut memiliki potensi tinggi sebagai bahan bangunan dengan sifat isolasi termal yang baik.

Penggunaan kalsium oksida (CaO) sebagai bahan aditif memiliki kontribusi signifikan dalam menurunkan nilai konduktivitas panas. CaO merupakan senyawa non-logam yang bersifat isolatif dan memiliki struktur kristal padat yang tidak mendukung aliran elektron bebas. Oleh karena itu, mekanisme perpindahan panas yang terjadi dalam material yang mengandung CaO berlangsung melalui getaran atom (fonon), bukan melalui konduksi elektron, yang secara umum menghasilkan nilai konduktivitas termal yang lebih rendah (Nakayama dkk., 2025).



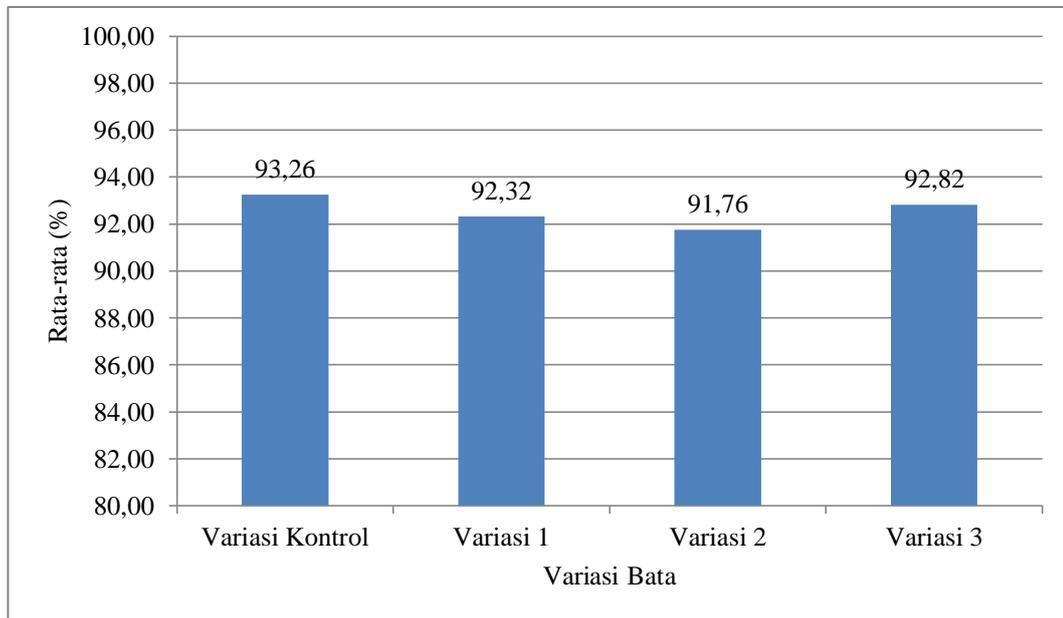
Gambar 4.14: Proses pengujian konduktivitas termal bata.

4.4.6 Hasil Pengujian Daya Tahan Bata

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.

Pengujian daya tahan (durability) mengacu pada (ASTM C67). Dalam penelitian ini, setiap variasi menggunakan 3 sampel, dan berikut merupakan hasil

tabel dan grafik hasil pengujian untuk masing-masing variasi tersebut yang dapat dilihat pada Lampiran 5 dan Gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.15: Grafik rata-rata hasil pengujian daya tahan bata.

Berdasarkan perbandingan dari hasil pengujian daya tahan bata tanpa bakar antara bata kontrol dengan bata variasi 1 hingga bata variasi 3 yang dapat dilihat pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa bata variasi kontrol dengan campuran pengikat 15% semen memiliki nilai daya tahan rata-rata keseluruhan 12 siklus sebesar 93,25%. Yang dimana variasi ini memiliki nilai daya tahan tertinggi dari variasi lain. Dan sampel variasi 2 adalah yang terendah dengan nilai daya tahan rata-rata nya sebesar 92,82%. Meskipun terdapat perbedaan, secara keseluruhan semua variasi menunjukkan nilai daya tahan di atas 90%, yang berarti bata masih memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap degradasi akibat siklus perendaman dan pengeringan. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan bahan alternatif seperti CaO pada variasi bata tidak secara signifikan menaikkan daya tahan terhadap bata.



Gambar 4.16: Pengujian daya tahan bata tanpa bakar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan CaO pada bata tanpa bakar memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik. Pada sifat fisik, massa jenis bata cenderung menurun dibandingkan kontrol, sedangkan penyerapan air meningkat yang mengindikasikan bertambahnya porositas, namun seluruh sampel tetap bebas dari kadar garam dan memiliki daya tahan dengan siklus basah-kering di atas 91%. Pada sifat mekanik, kuat tekan tertinggi diperoleh pada sampel kontrol sebesar 7,36 MPa, sementara variasi 3 dengan penambahan CaO mampu mencapai hingga 6,28 MPa sehingga mendekati nilai kontrol. Selain itu, hasil pengujian konduktivitas termal menunjukkan bahwa penambahan CaO menurunkan nilai konduktivitas, dengan nilai terendah pada variasi 15% CaO sebesar $4,16 \times 10^{-8}$ W/m°C, yang menandakan peningkatan kinerja isolasi termal. Secara keseluruhan, penambahan CaO tidak menurunkan kualitas bata secara signifikan, bahkan berpotensi meningkatkan kemampuan dalam sifat fisik dan mekaniknya.
2. Berdasarkan variasi yang diuji, komposisi dengan penambahan CaO sebesar 15% (variasi 3) dapat dianggap sebagai yang paling optimal dalam kelompok bata dengan bahan tambahan CaO. Hal ini ditunjukkan oleh kuat tekan yang relatif tinggi dibanding variasi lain dan daya tahan yang lebih baik, meskipun masih berada di bawah sampel kontrol. Namun demikian, variasi 3 memiliki kelemahan berupa penyerapan air yang tinggi sehingga perlu adanya perbaikan, misalnya dengan teknik pemadatan atau penggunaan aditif tambahan untuk mengurangi porositas. Dengan demikian, meskipun kontrol (semen penuh) tetap memberikan sifat mekanis terbaik, penambahan CaO hingga 15% dapat menjadi alternatif yang menjanjikan apabila dioptimalkan lebih lanjut.

5.2 Saran

1. Penulis menganjurkan jika ingin menggunakan CaO sebagai bahan pengikat alternatif pada pembuatan bata tanpa bakar agar memperhatikan persentase bahan tambahan campuran karena mempengaruhi hasil dari pengujian penyerapan air, kuat tekan, dan daya tahan bata.
2. Perlu dilakukan kalibrasi ulang terhadap alat pengujian agar mendapatkan hasil yang lebih akurat, konsisten, dan meminimalkan kemungkinan kesalahan pengukuran yang dapat mempengaruhi data hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. (2014). Inovasi Material pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar untuk Kemakmuran Industri Kerakyatan. *Jurnal Kelitbangan*, 02(03), 13–31.
- 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, i, 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.
- Brick Industry Association. (2019). Efflorescence – Causes and Prevention. The Brick Industry Association - Technical Notes on Brick Construction, June, 1–11. <https://www.gobrick.com/media/file/23a-tn23a.pdf>
- Elianora. (2010). Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan Pasir Sebagai Bahan Campuran Batu Bata. *Jurnal Teknobiologi*, 2(2), 34–46.
- Fachru, H., Iqbal, M., Fauziyah, S., & Setiabudi, B. (2024). Jurnal Sipil dan Arsitektur berat jenis , daya serap air , dan kuat tekan. 2(2), 50–56.
- Fiala, J., Mikolas, M., Fiala Junior, J., & Krejsova, K. (2019). History and evolution of full bricks of other european countries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 603(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/3/032097>
- 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>
- Haryanti, N. H., & Wardhana, H. (2019). Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara. *Jurnal Fisika Indonesia*, 21(3), 11. <https://doi.org/10.22146/jfi.42443>
- Jusi, U.-, Maizir, H., Ilham, M., & Saily, R. (2021). Pengaruh Penambahan Kapur Tohor Terhadap Sifat Mekanis Bata Ringan. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 4(1), 21–26. <https://doi.org/10.25105/cesd.v4i1.9826>
- Maranantha, O., Widodo, S., & Azwansyah, H. (2021). Pemanfaatan Kapur Tohor, Kapur Padam dan Kapur Karbonat Sebagai Filler pada Perkerasan AC-WC Ditinjau Dari Karakteristik Marshall. *Jurnal Teknik Sipil Universitas TanjungPURA PO*, 8(1), 1–10.
- Nakayama, A., Aoki, H., Yanaba, Y., & Morita, K. (2025). Relationship between

Thermal Conductivity and Structure of CaO–BO_{1.5}–AlO_{1.5}–SiO₂ Systems. *ISIJ International*, 65(5), 581–588. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2023-481>

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*, January, 999–1004. <https://doi.org/10.1109/CSSR.2010.5773936>

SNI 15-2094-2000. (2000). SNI-15-2094-2000 Bata merah pejal untuk pasangan dinding. In *Badan Standar Nasional Indonesia* (pp. 11–22). <http://sispk.bsn.go.id/>

SNI 6371-2015. (2015). Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah.

Statkauskas, M., Grinys, A., & Vaičiukynienė, D. (2022). Investigation of Concrete Shrinkage Reducing Additives. *Materials*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/ma15093407>

Widodo, B., & Artiningsih, N. K. A. (2021). Optimasi Semen Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 32–40. <https://doi.org/10.23917/dts.v14i1.15277>

LAMPIRAN

Lampiran 1: Tabel data hasil pengujian batas cair dan batas plastis tanah merah

Batas Cair (Liquid Limit Test) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Merah								
No	Nomor Contoh	Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1	Banyak pukulan		40	31	21	19		
2	Nomor Cawan		I	II	III	IV	I	II
3	Berat cawan + tanah basah (W2)	gr	27	22	28	21	20	21
4	Berat cawan + tanah kering (W3)	gr	22	18	23	17	18	18
5	Berat air ($W_w = W_2 - W_3$)	gr	5	4	5	4	2	3
6	Berat Cawan (W1)	gr	10	10	8	10	10	8
7	Berat tanah kering ($W_5 = W_3 - W_1$)	gr	12	8	13	9	8	10
8	Kadar air ($W = (W_w / W_5) \times 100\%$)	%	41,7	50	38,5	44,4	25	30
9	Kadar air rata-rata (w)	%	44				27,5	

LL	LP	PI
44	27.5	16.1

Lampiran 2: Tabel data hasil pengujian analisa saringan agregat halus

No. Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif Tertahan (%)	Persentase Kumulatif Lolos (%)
3/8"	0	0	0	100.00
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	100.00	276.10	

Lampiran 3: Tabel data hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

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

Lampiran 4: Tabel data hasil pengujian kadar air agregat halus

Uraian	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
Rata-rata	%	5,43	

Lampiran 5: Tabel data hasil pengujian daya tahan bata

Variasi	Sampel	Test Object Weight												Durability (%)	Average Durability (%)	
		Initial Brick Weight (W ₀) (gr)	Weight Of Each Test Brick										Final Brick Weight (W ₁₂) (gr)			
		W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀	W ₁₁				
Kontrol	1	1780	1925	1700	1710	1645	1655	1655	1640	1645	1650	1655	1645	1650	92,70	93,26
	2	1780	1710	1690	1695	1665	1675	1785	1705	1715	1705	1735	1720	1705	95,79	
	3	1780	1910	1690	1700	1645	1720	1650	1770	1730	1665	1670	1665	1625	91,29	
1	1	1625	1560	1535	1500	1485	1515	1565	1571	1560	1530	1505	1480	1460	89,85	92,32
	2	1625	1550	1750	1735	1465	1570	1510	1549	1545	1530	1505	1480	1455	89,54	
	3	1640	1530	1705	1690	1490	1535	1540	1578	1564	1630	1615	1610	1600	97,56	
2	1	1670	1540	1545	1550	1520	1725	1545	1589	1610	1555	1550	1515	1505	90,12	91,76
	2	1675	1570	1690	1700	1595	1570	1640	1593	1572	1566	1570	1565	1561	93,19	
	3	1655	1490	1685	1705	1505	1545	1570	1571	1558	1530	1530	1528	1522	91,96	
3	1	1580	1380	1430	1450	1365	1480	1405	1449	1445	1525	1450	1455	1448	91,65	92,82
	2	1655	1450	1745	1760	1460	1640	1575	1541	1586	1665	1642	1595	1580	95,47	
	3	1765	1535	1865	1890	1520	1720	1665	1617	1619	1650	1665	1620	1612	91,33	

Lampiran 6: Tabel data hasil pengujian konduktivitas termal

Variasi	Sampel	Waktu	Tegangan		Arus (A)	Tebal Material (d) (m)	Suhu Sebelum Uji T1	Suhu Setelah Uji T2	Perubahan Suhu (ΔT)	Luas Pemanpan (A) (m ²)	Laju Perpindahan Kalor (q)	Thermal Conductivity Kcal/mh°C	AVG	AVG
			Masuk (V)	Keluar (V)										
Kontrol	1	5 menit	12,2	0,92	1E-07	0,05	29,8	30,1	0,3	0,2	0,00000092	8,8E-08	8,9922E-08	0,000000879687
		10 menit	12,2	0,88	1E-07	0,05	30,1	30,4	0,3	0,2	0,00000088	7,5E-08		
		15 menit	12,2	0,78	1E-07	0,05	30,4	30,6	0,2	0,2	0,00000078	1,1E-07		
		20 menit	12,2	0,88	1E-07	0,05	30,6	30,8	0,2	0,2	0,00000088	1,1E-07		
		25 menit	12,2	0,68	1E-07	0,05	30,8	31,2	0,4	0,2	0,00000068	4,1E-08		
		30 menit	12,2	0,85	1E-07	0,05	31,2	31,3	0,1	0,2	0,00000085	2,1E-07		
		35 menit	12,2	0,75	1E-07	0,05	31,3	31,6	0,3	0,2	0,00000075	6,5E-08		
		40 menit	12,2	0,71	1E-07	0,05	31,6	32	0,4	0,2	0,00000071	4,1E-08		
		5 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	31	31,3	0,3	0,2	0,00000062	5,1E-08		
		10 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	31,3	31,4	0,1	0,2	0,00000055	1,1E-07		
		15 menit	12,2	0,81	1E-07	0,05	31,4	31,6	0,2	0,2	0,00000081	1,1E-07		
		20 menit	12,2	0,71	1E-07	0,05	31,6	31,8	0,2	0,2	0,00000071	9,1E-08		
	25 menit	12,2	0,78	1E-07	0,05	31,8	32	0,2	0,2	0,00000078	1,1E-07			
	30 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	32	32,2	0,2	0,2	0,00000062	8,1E-08			
	35 menit	12,2	0,68	1E-07	0,05	32,2	32,5	0,3	0,2	0,00000068	6,1E-08			
	40 menit	12,2	0,65	1E-07	0,05	32,5	32,8	0,3	0,2	0,00000065	8,1E-08			
	5 menit	12,2	0,65	1E-07	0,05	31,6	31,8	0,2	0,2	0,00000065	8,125E-08			
	10 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	31,8	32	0,2	0,2	0,00000058	7,25E-08			
	15 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	32	32,1	0,1	0,2	0,00000052	1,1E-07			
	20 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	32,1	32,3	0,2	0,2	0,00000058	7,25E-08			
	25 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	32,3	32,5	0,2	0,2	0,00000052	6,5E-08			
	30 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	32,5	32,7	0,2	0,2	0,00000055	6,875E-08			
	35 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	32,7	33	0,3	0,2	0,00000062	5,16667E-08			
	40 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	33	33,1	0,1	0,2	0,00000052	1,1E-07			
	5 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	33	33,1	0,1	0,2	0,00000039	9,75E-08			
	10 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	33,1	33,3	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	15 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	33,3	33,5	0,2	0,2	0,00000035	4,375E-08			
	20 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	33,5	33,7	0,2	0,2	0,00000035	4,375E-08			
	25 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	33,7	33,9	0,2	0,2	0,00000045	5,625E-08			
	30 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	33,9	34,1	0,2	0,2	0,00000035	4,375E-08			
	35 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	34,1	34,3	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	40 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	34,3	34,4	0,1	0,2	0,00000035	8,75E-08			
	5 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	33,2	33,3	0,1	0,2	0,00000039	9,75E-08			
	10 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	33,3	33,5	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	15 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	33,5	33,7	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	20 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	33,7	33,9	0,2	0,2	0,00000035	4,375E-08			
	25 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	33,9	34	0,1	0,2	0,00000042	1,05E-07			
	30 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	34	34,3	0,3	0,2	0,00000045	3,75E-08			
	35 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	34,3	34,5	0,2	0,2	0,00000049	6,125E-08			
	40 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	34,5	34,8	0,3	0,2	0,00000035	2,91667E-08			
	5 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,3	33,4	0,1	0,2	0,00000032	8E-08			
	10 menit	12,2	0,19	1E-07	0,05	33,4	33,5	0,1	0,2	0,00000019	4,75E-08			
	15 menit	12,2	0,22	1E-07	0,05	33,5	33,6	0,1	0,2	0,00000022	5,5E-08			
	20 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	33,6	33,7	0,1	0,2	0,00000026	6,5E-08			
	25 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,7	33,8	0,1	0,2	0,00000032	8E-08			
	30 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	33,8	34	0,2	0,2	0,00000026	3,25E-08			
	35 menit	12,2	0,19	1E-07	0,05	34	34,1	0,1	0,2	0,00000019	4,75E-08			
	40 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	34,1	34,2	0,1	0,2	0,00000026	6,5E-08			
	5 menit	12,2	0,22	1E-07	0,05	28,5	28,5	0,0	0,2	0,00000022	1,83333E-08			
	10 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	28,5	28,7	0,2	0,2	0,00000032	4E-08			
	15 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	28,7	28,9	0,2	0,2	0,00000035	4,375E-08			
	20 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	28,9	29,2	0,3	0,2	0,00000026	2,16667E-08			
	25 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	29,2	29,4	0,2	0,2	0,00000032	4E-08			
	30 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	29,4	29,6	0,2	0,2	0,00000035	4,375E-08			
	35 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	29,6	30	0,4	0,2	0,00000029	1,8125E-08			
	40 menit	12,2	0,22	1E-07	0,05	30	30,3	0,3	0,2	0,00000022	1,83333E-08			
	5 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	28,7	29	0,3	0,2	0,00000032	2,66667E-08			
	10 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	29	29,1	0,1	0,2	0,00000029	7,25E-08			
	15 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	29,1	29,3	0,2	0,2	0,00000032	4E-08			
	20 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	29,3	29,5	0,2	0,2	0,00000029	3,625E-08			
	25 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	29,5	29,7	0,2	0,2	0,00000026	3,25E-08			
	30 menit	12,2	0,25	1E-07	0,05	29,7	30	0,3	0,2	0,00000025	2,41667E-08			
	35 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	30	30,3	0,3	0,2	0,00000032	2,66667E-08			
	40 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	30,3	30,5	0,2	0,2	0,00000029	3,625E-08			
	5 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	29,5	29,6	0,1	0,2	0,00000039	9,75E-08			
	10 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	29,6	29,7	0,1	0,2	0,00000045	1,125E-07			
	15 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	29,7	29,9	0,2	0,2	0,00000049	6,125E-08			
	20 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	29,9	30	0,1	0,2	0,00000045	1,125E-07			
	25 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	30	30,2	0,2	0,2	0,00000055	6,875E-08			
	30 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	30,2	30,4	0,2	0,2	0,00000039	4,875E-08			
	35 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	30,4	30,6	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	40 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	30,6	30,8	0,2	0,2	0,00000039	4,875E-08			
	5 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	29,4	30	0,6	0,2	0,00000058	2,41667E-08			
	10 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	30	30,4	0,4	0,2	0,00000055	3,4375E-08			
	15 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	30,4	30,7	0,3	0,2	0,00000052	4,33333E-08			
	20 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	30,7	31,2	0,5	0,2	0,00000042	6,00000021			
	25 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	31,2	31,5	0,3	0,2	0,00000045	3,75E-08			
	30 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	31,5	31,8	0,3	0,2	0,00000049	4,08333E-08			
	35 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	31,8	32,2	0,4	0,2	0,00000052	3,25E-08			
	40 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	32,2	32,5	0,3	0,2	0,00000045	3,75E-08			
	5 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	31,4	31,7	0,3	0,2	0,00000035	2,91667E-08			
	10 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	31,7	32	0,3	0,2	0,00000032	2,66667E-08			
	15 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	32	32,2	0,2	0,2	0,00000032	4E-08			
	20 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,2	32,2	0	0,2	0,00000029	0			
	25 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	32,2	32,4	0,2	0,2	0,00000026	3,25E-08			
	30 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,4	32,6	0,2	0,2	0,00000029	3,625E-08			
	35 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	32,6	33	0,4	0,2	0,00000032	2E-08			
	40 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	33	33,1	0,1	0,2	0,00000029	7,25E-08			
	5 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	32,1	32,3	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	10 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	32,3	32,5	0,2	0,2	0,00000045	5,625E-08			
	15 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	32,5	32,6	0,1	0,2	0,00000045	1,125E-07			
	20 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	32,6	32,8	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	25 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	32,8	33	0,2	0,2	0,00000045	5,625E-08			
	30 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33	33,2	0,2	0,2	0,00000032	4E-08			
	35 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	33,2	33,4	0,2	0,2	0,00000042	5,25E-08			
	40 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	33,4	33,6	0,2	0,2	0,00000039	4,875E-08			

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PRIBADI

Nama : Muhammad Dicky Pradana
Tempat, Tanggal Lahir : SAMBIREJO TIMUR, 10 Desember 2003
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat : JL. SEDERHANA DSN VIII-CEMPAKA
No HP : 08318540179
Email : dicky.pradana375@gmail.com

NAMA ORANG TUA

Ayah : Sunarto
Ibu : Ade Meilinda

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa: 2107210067
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Mughtar Basri, No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama Sekolah	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Nurul Hasanah	2015
2	SMP	SMP Negeri 2 Percut Sei Tuan	2018
3	SMA	SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan	2021
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2021 Sampai Selesai		

