

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN $\text{Ca}(\text{OH})_2$ PADA PRODUKSI BATA TANAH TEKAN TANPA BAKAR (BT3B) BERBAHAN TANAH MERAH

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

BAGUS ARDIANSYAH NASUTION
2107210165



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bagus Ardiansyah Nst
Npm : 2107210165
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada Produksi Bata Tanah
Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Berbahan Tanah Merah
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 24 Juli 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bagus Ardiansyah Nst
Npm : 2107210165
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Ca(OH)_2 pada Produksi Bata Tanah
Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Berbahan Tanah Merah
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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, 28 Agustus 2025

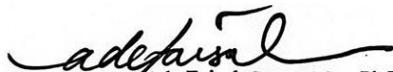
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Penguji I



Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

Dosen Penguji II



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

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bagus Ardiansyah Nst
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Juni 2003
Npm : 2107210165
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Ca(OH)_2 pada Produksi Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Berbahan Tanah Merah (Studi Penelitian)”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya 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 keserjanaan saya.

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

Medan, 28 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,

A 2000 Rupiah Indonesian postage stamp with a Garuda emblem and a signature over it. The stamp features the text '2000', 'METERAI TEMBEL', and the serial number '9C0047ANX051646907'.

Bagus Ardiansyah Nst

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN $\text{Ca}(\text{OH})_2$ PADA PRODUKSI BATA TANAH TEKAN TANPA BAKAR (BT3B) BERBAHAN TANAH MERAH

Bagus Ardiansyah Nst
2107210165

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

Batu bata merupakan material bangunan yang banyak digunakan dalam konstruksi sebagai elemen struktural maupun non-struktural, termasuk pada dinding, pondasi, dan komponen lainnya. Umumnya, batu bata tradisional dibuat dari tanah liat yang dibakar pada suhu tinggi untuk menghasilkan kekuatan, ketahanan terhadap api, serta daya tahan yang baik. Namun, proses pembakaran ini membutuhkan waktu lama dan menghasilkan polusi udara yang berdampak negatif pada kesehatan. Sebagai alternatif ramah lingkungan, dikembangkan Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) yang mampu mengurangi emisi polutan sekaligus menghemat penggunaan bahan bakar. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap sifat fisik dan mekanik BT3B, serta menentukan komposisi optimalnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tidak memberikan pengaruh signifikan pada sifat fisik BT3B. Dari sisi mekanik, penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ peningkatan pada beberapa parameter, yaitu konduktivitas panas terendah $4,34\text{E}-08$ pada seri II, densitas tertinggi $1,76 \text{ g/cm}^3$ pada seri II, dan kehilangan massa terendah $4,80\%$ pada seri III. Namun, pada parameter kuat tekan dan daya serap, BT3B tanpa penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menunjukkan kinerja lebih baik, dengan kuat tekan $7,36 \text{ MPa}$ dan daya serap $16,38\%$, dibandingkan BT3B dengan $15\% \text{ Ca}(\text{OH})_2$ (seri III) yang masing-masing bernilai $6,33 \text{ MPa}$ dan $11,52\%$.

Kata kunci: BT3B, Kalsium Hidroksida, Kuat tekan, Densitas, Konduktivitas panas, Daya Serap, Kehilangan massa.

ABSTRACT
**THE EFFECT OF $\text{Ca}(\text{OH})_2$ USE ON THE PRODUCTION OF UNFIRED
RED CLAY BRICKS (BT3B)**

Bagus Ardiansyah Nst
2107210165
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Bricks are a widely used building material in construction, serving both structural and non-structural purposes, including walls, foundations, and other components. Traditionally, bricks are made from clay that is fired at high temperatures to achieve strength, fire resistance, and durability. However, this firing process is time-consuming and produces air pollution that has negative health impacts. As an environmentally friendly alternative, Unfired Pressed Clay Bricks (BT3B) have been developed to reduce pollutant emissions while conserving fuel usage. This study was conducted to analyze the effect of adding calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) on the physical and mechanical properties of BT3B, as well as to determine its optimal composition. The results of the study indicate that the addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ does not significantly affect the physical properties of BT3B. From a mechanical perspective, the addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ improves several parameters, including the lowest thermal conductivity of $4.34\text{E}-08$ in Series II, the highest density of 1.76 g/cm^3 in Series II, and the lowest mass loss of 4.80% in Series III. However, in terms of compressive strength and water absorption, BT3B without $\text{Ca}(\text{OH})_2$ addition demonstrated better performance, with a compressive strength of 7.36 MPa and water absorption of 16.38% , compared to BT3B with $15\% \text{ Ca}(\text{OH})_2$ (Series III), which had values of 6.33 MPa and 11.52% .

Keywords: BT3B, Calcium Hydroxide, Compressive Strength, Density, Thermal Conductivity, Absorption Capacity, Mass Loss.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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 Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Tanah Silt" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Ibu Fetra Venny Riza,, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi masukan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi masukan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmunya kepada penulis.

8. Bapak/ Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada orang tua dan keluarga penulis yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan serta doa kepada penulis.
10. Semua teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu penulis baik dalam penulisan Proposal Tugas Akhir, maupun saat proses belajar-mengajar di kelas.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Hormat saya,



Bagus Ardiansyah Nasution

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B)	5
2.2 Tanah Lempung	7
2.3 Kalsium Hidroksida (Ca(OH) ₂)	9
2.4 Klasifikasi Syarat Mutu Bata	11
2.4.1 Sifat Tampak	11
2.4.2 Ukuran dan Toleransi	11
2.4.3 Kuat Tekan	12
2.4.4 Kadar Garam	15
2.4.5 Kerapatan Semu (<i>Apparent Density</i>)	17
2.4.6 Penyerapan Air	18
2.4.7 Daya Tahan	21
2.4.8 Konduktivitas Nilai Thermal	22
2.5 Klasifikasi Syarat Mutu Bata	22
2.5.1 Semen	23
2.5.2 Pasir	24

2.5.3 Air	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Metode Penelitian	27
3.2.1 Data Primer	27
3.2.2 Data Sekunder	27
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian	28
3.4.1 Bahan	28
3.4.2 Peralatan	33
3.5 Tahap Proporsi Campuran Bata	40
3.6 Prosedur Penelitian	41
3.7 Prosedur Pengujian BT3B	41
3.7.1 Pengujian <i>Water Absorption</i>	41
3.7.2 Pengujian <i>Efflorescence</i>	42
3.7.3 Pengujian Density	42
3.7.4 Kuat Tekan	42
3.7.5 Pengujian <i>Thermal Conductivity</i> (Konduktivitas Panas)	43
3.7.6 Indeks Plastisitas Tanah	44
BAB 4 HASIL PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Penelitian	45
4.2 Analisa Pemeriksaan Bahan	45
4.2.1 Pemeriksaan Agregat Halus	45
4.2.1 Pemeriksaan Tanah	48
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian BT3B	51
4.3.1 Sifat Tampak BT3B	51
4.3.2 Pengujian <i>Water Absorption</i>	51
4.3.3 <i>Density</i> BT3B	53
4.3.4 Durability BT3B	54
4.3.5 Kuat Tekan BT3B	55
4.3.6 <i>Efflorescence</i> BT3B	57
4.3.7 Thermal Conductivity BT3B	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60

5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil penelitian terdahulu yang relevan mengenai BT3B	6
Tabel 2.2	Ukuran dan toleransi bata merah pejal	11
Tabel 2.3	Standar ukuran batu bata	12
Tabel 2.4	Kuat tekan dan koefisien variasi untuk Bata Merah Konvensional (BMK) untuk pasangan dinding	13
Tabel 2.5	Hasil penelitian terdahulu mengenai nilai kuat tekan pada bata	14
Tabel 2.6	Hasil penelitian terdahulu mengenai nilai kadar garam pada bata	15
Tabel 2.7	Hasil penelitian terdahulu tentang pengujian densitas pada bata	17
Tabel 2.8	Hasil penelitian terdahulu tentang daya serap pada bata	19
Tabel 3.1	Komposisi kimia dan fisika semen PCC	30
Tabel 3.2	Spesifikasi kandungan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2)	31
Tabel 3.3	Spesifikasi timbangan	34
Tabel 3.4	Spesifikasi <i>sieve shaker</i>	34
Tabel 3.5	Spesifikasi oven	35
Tabel 3.6	Spesifikasi alat hidrolik press	37
Tabel 3.7	<i>Mix design</i>	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penentuan kadar kapur untuk stabilisasi	10
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	27
Gambar 3.2	Tanah merah	28
Gambar 3.3	Pasir	29
Gambar 3.4	Semen portland tipe 1	30
Gambar 3.5	Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	32
Gambar 3.6	Air	33
Gambar 3.7	Cetakan batu bata	33
Gambar 3.8	Timbangan digital	34
Gambar 3.9	<i>Sieve shaker</i>	35
Gambar 3.10	Oven	36
Gambar 3.11	Sendok Pengaduk	36
Gambar 3.12	Gelas Ukur	37
Gambar 3.13	Wadah	37
Gambar 3.14	Mesin hidrolik press	38
Gambar 3.15	Mesin kuat tekan	38
Gambar 3.16	Saringan	39
Gambar 3.17	Bak perendam	39
Gambar 3.18	Alat <i>thermal conductivity</i>	39
Gambar 3.19	Mesin uji kuat tekan	43
Gambar 3.20	Alat pengujian konduktivitas panas	43
Gambar 4.1	Grafik kadar lumpur agregat halus	46
Gambar 4.2	Grafik Analisa gradasi agregat halus	47
Gambar 4.3	Grafik kadar air agregat halus	47
Gambar 4.4	Grafik kadar air tanah merah	48
Gambar 4.5	Grafik kumulatif tanah merah	49
Gambar 4.6	Grafik plastisitas tanah merah	50
Gambar 4.7	Benda uji sifat tampak	51
Gambar 4.8	Benda uji water absorption	52

Gambar 4.9	Grafik water absorption	52
Gambar 4.10	Grafik densitas BT3B	53
Gambar 4.11	Benda uji durability bata	54
Gambar 4.12	Grafik durability BT3B	55
Gambar 4.13	Proses pengujian kuat tekan bata	56
Gambar 4.14	Hasil pengujian kuat tekan	56
Gambar 4.15	Grafik kuat tekan bata	57
Gambar 4.16	Proses pengujian kadar garam	58
Gambar 4.17	Proses pengujian thermal conductivity	58
Gambar 4.18	Grafik thermal conductivity	59

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan bahan bangunan yang efisien, ramah lingkungan dan ekonomis meningkat secara bertahap seiring dengan jumlah dan laju pertumbuhan penduduk selama periode konstruksi. Salah satu bahan bangunan yang cukup meningkat kebutuhannya adalah batu bata. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu ditunjang dari berbagai faktor diantaranya adalah penyediaan bahan bangunan yang memenuhi persyaratan teknis, mudah didapat dan dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat banyak terutama bagi golongan berpenghasilan menengah dan rendah.

Bata untuk pasangan dinding merupakan bahan bangunan berbentuk prisma segi empat panjang, pejal dengan ukuran yang biasa dipergunakan adalah panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat ditambah air, dengan atau tanpa dicampur bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu (SNI 15-2094- 2000).

Pada proses pembuatannya, Bata Merah Konvensional (BMK) memerlukan bahan bakar sehingga harganya menjadi mahal, disamping sumber bahan baku yang semakin berkurang akibat berubahnya fungsi lahan. Di samping itu, proses pembakaran pada BMK memakan waktu yang cukup lama sehingga tidak efisien. Selain waktu pembakaran, faktor lingkungan terkait polusi asap hasil pembakaran dan penggunaan material kayu sebagai media bakar bersifat tidak ramah lingkungan (Riyanto dkk., 2021).

Disamping itu BMK yang ada di pasaran mudah retak dan hancur, akibat rendahnya mutu BMK yang dihasilkan. Oleh karena itu pada pemanfaatan BMK dalam konstruksi perlu adanya usaha peningkatan mutu, yang dihasilkan secara efektif, ramah lingkungan dan hemat biaya (Andre & Nugraha, 2010). Dengan pertimbangan tersebut, perlu kiranya dicari bahan alternatif sebagai pengganti BMK yang bahannya mudah didapat dalam hal ini tanah, dan dalam prosesnya tidak

menggunakan bahan bakar tetapi dengan mencampur bahan semen (Widodo & Artiningsih, 2021).

Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) pada prinsipnya dapat dikeringkan tanpa melalui proses pembakaran. BT3B yang diproses tanpa di bakar hanya membutuhkan tambahan bahan campuran untuk mempercepat proses pengeringan dan meningkatkan kekuatannya. BT3B dibuat dengan cetakan khusus kemudian di press menggunakan mesin hidrolis press dengan tekanan tertentu hingga mendapatkan kekuatan yang optimal dan dikeringkan di suhu ruang selama 28 hari.

Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) merupakan salah satu senyawa kimia yang banyak ditemukan dalam basa adalah kalsium hidroksida. Senyawa ini sering ditemukan dalam bentuk serbuk putih dan memiliki berat molekul sekitar 74,09 g/mol. Kalsium hidroksida (*hydrated lime*) biasanya dibuat dengan cara menambahkan air pada kalsium oksida (*quick lime*), tetapi dapat pula dihasilkan sebagai suatu hasil produk manufaktur asetilin (*acetylene*) dan karbit (*carbide*) (Kalalimbong, 2014).

Pada penelitian ini, BT3B dibuat dengan campuran kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai bahan stabilisasinya. BT3B tersebut kemudian menjalani beberapa pengujian antara lain : *thermal conductivity*, *water absorption*, *effluorescence*, *density*, kuat tekan, dan IP tanah.

Berdasarkan perihal di atas, maka peneliti melakukan penelitian tentang “EFEKTIVITAS PENGGUNAAN $\text{Ca}(\text{OH})_2$ SEBAGAI STABILIZER PADA PRODUKSI BATA TANAH TEKAN TANPA BAKAR (BT3B) BERBAHAN TANAH MERAH” yang bertujuan untuk mengetahui apakah kalsium hidroksida sebagai bahan campuran bermanfaat untuk pembuatan BT3B serta menganalisis pengaruh penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap keawetan BT3B.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh penggunaan campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap sifat fisik dan mekanik pada BT3B berbahan tanah merah?

2. Bagaimana komposisi yang baik untuk mendapatkan BT3B berbahan tanah merah dan campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan sifat fisik dan mekanik yang optimal?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan judul diatas, pembatasan dilakukan agar terhindar dari pembahasan permasalahan yang lebih luas dan mencapai hasil yang diharapkan. Berikut batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. BT3B dibuat menggunakan campuran kalsium hidroksida sebagai bahan stabilisasinya.
2. BT3B di cetak dengan cetakan 20 x 10 x 5 cm dan di press menggunakan mesin *hydraulic press* dengan tekanan 5 MPa.
3. Pengujian bata dilakukan dengan menggunakan standar SNI 15-2094-2000.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil rumusan masalah di atas terdapat beberapa tujuan pada penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap sifat fisik dan mekanik pada BT3B berbahan tanah merah.
2. Untuk mengetahui komposisi yang baik untuk mendapatkan BT3B dengan sifat fisik dan mekanik yang optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai bahan konstruksi yang ramah lingkungan melalui pembuatan BT3B.
2. Memberikan informasi mengenai efektivitas penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai bahan stabilisasi pada pembuatan BT3B.

1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk memudahkan pembahasan, penelitian ini mengkategorikan makalah penelitian menjadi lima bab. Sistem penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini diawali dengan menjelaskan latar belakang permasalahan yang akan dibahas, termasuk rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, dan keuntungan dari penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan landasan teori sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang berhubungan dengan judul tugas akhir

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap tahapan yang diperlukan untuk melakukan penelitian, Prosedur yang digunakan untuk pengumpulan data, peralatan yang digunakan, jenis data yang diperlukan, jenis data yang dikumpulkan dan analisis data.

BAB 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang dibahas secara singkat, serta hasil penelitian tersebut digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik Kesimpulan

BAB 5. PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang Kesimpulan dan saran yang di dapat dari pembahasan Analisa data.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B)

Menurut SNI 15-2094-2000, definisi batu bata adalah salah satu bahan bangunan yang digunakan dalam konstruksi yang dibuat dari tanah liat di udara dengan atau tanpa menggunakan bahan bangunan lain melalui beberapa tahap pekerjaan, seperti pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan dan membakar menggunakan suhu hingga tinggi hingga matang dan berubah warna, serta memastikan bahwa batu tersebut tidak dapat dihancurkan lagi ketika direndam di dalam air. Bata merupakan komponen arsitektur yang digunakan untuk membuat bangunan. Bahan pembuatan batu bata adalah tanah liat, dengan atau tanpa campuran bahan lain, yang kemudian dibakar dengan suhu tinggi (Frapanti dkk., 2024).

Pada umumnya, proses pembuatan Bata Merah Konvensional (BMK) adalah *hand-pressed* melalui tahap pembakaran, yang akan berhubungan langsung dengan isu lingkungan, perubahan iklim dan pemanasan global sebagai akibat dari peningkatan produksi gas karbon dioksida yang saat ini sedang meningkat. Oleh karena itu, perlu ada alternatif pembuatan bata yang tanpa melalui proses pembakaran.

Unfired bricks atau yang biasa dikenal sebagai Bata Tanah Tanpa Bakar (BT3B), terbuat dari bahan tanah dengan bahan tambahan tertentu. Proses pengeringan BT3B ini tidak melibatkan pembakaran, melainkan melibatkan udara/angin dan pengikatan material menggunakan mortar atau sejenisnya, serta memungkinkan proses pengecatan. Bahan campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah bubuk kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Penambahan campuran ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas tanah yang digunakan serta mengikat material yang digunakan dalam pembuatan bata yang tidak melalui proses pembakaran. Tujuan lainnya selain menghasilkan BT3B dengan sifat mekanik sesuai standar, baik untuk struktur maupun non-struktur, adalah mengurangi emisi CO_2 dari proses pembakaran bersuhu tinggi (Witjaksana dkk., 2016).

Tabel 2.1 : Hasil penelitian terdahulu yang relevan mengenai BT3B

No	Judul	Hasil
1.	Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Banawa (Darwis dkk., 2015).	Hasil penelitian antara lain sebagai berikut : Kuat tekan rata-rata terbesar batu bata adalah 21,20 kg/cm ² . Sedangkan untuk kadar air rata rata pada campuran abu sekam padi dan kapur banawa adalah sebesar 36,19 %.
2.	Penggunaan Abu Tongkol Jagung Sebagai Bahan Ganti Separa Simen Dalam Penghasilan Bata Tanpa Bakar (Rahayu dkk., 2019).	Berdasarkan kajian penelitian dengan bahan gantian 10% dan 50% abu tongkol didapat kekuatan melebihi bata tanpa tongkol jagung yaitu 5,78 N/mm ² dan 5,95 N/mm ² .
3.	Pemanfaatan Sedimen Sungai Untuk Bahan Baku <i>Unfired Bricks</i> (Bata Tanpa Bakar) (Riyanto dkk., 2021).	Dari hasil penelitian menggunakan sedimen Sungai dengan komposisi semen, pasir, dan sedimen menghasilkan kuat rata – rata 44,176 kg/cm ² pada usia 14 hari.
4	Pembuatan Batu Bata Merah Tanpa Bakar Dengan Campuran <i>Sludge</i> (Limbah Padat) (Harnadi & Hartanty, 2022).	Nilai kuat tekan rata rata yang didapat pada penelitian ini sebesar 10,60 MPa.
5.	Analisa Pembuatan Bata Tanah Bakar Dari Limbah Pertanian Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Polusi Udara (Frapanti dkk., 2024).	Hasil kuat tekan tertinggi pada penelitian ini sebesar 5,873 MPa dan dengan tambahan abu ampas teby 3,949 MPa dan ini tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000.

2.2 Tanah Lempung

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil yang memperlihatkan sifat plastisitas dan kohesi. Tanah yang cocok untuk digunakan sebagai bahan bangunan adalah tanah laterit, yaitu tanah yang tidak banyak mengandung bahan organik, seperti akar, rumput, dan humus, serta tidak mengandung garam yang dapat melemahkan kestabilan tanah. Selain itu, tanah harus memiliki gradasi yang sesuai dengan ukuran butir yang berkisar antara 0 hingga 20 mm. Tidak menutup kemungkinan bahwa tanah harus mengandung kerikil dan pasir, karena komponen ini berfungsi sebagai pengisi yang dapat memperkuat baterai karena lebih stabil (Widodo & Artiningsih, 2021).

Mahida (1984), mendefinisikan tanah lempung sebagai campuran partikel-partikel pasir dan debu dengan bagian-bagian tanah liat yang mempunyai sifat-sifat karakteristik yang berlainan dalam ukuran yang kira-kira sama. Salah satu ciri partikel-partikel tanah lempung yaitu mempunyai muatan ion positif yang dapat dipertukarkan. Material tanah lempung mempunyai daya serap yang baik terhadap perubahan kadar kelembapan karena tanah liat mempunyai luas permukaan yang sangat besar (Rangan dkk., 2021).

Berdasarkan hasil uji batas cair dan plastis tanah merah, batas cair tanah adalah 60,07%, sedangkan batas plastis adalah 19,64%. Hal ini berarti indeks plastisitas tanah adalah 40,43%. Berdasarkan hasil pengujian batas cair dan plastis tanah galong, batas cair tanah adalah 50,11%, sedangkan batas plastis adalah 21,49%. Hal ini berarti indeks plastisitas (indeks plastisitas) tanah tersebut sekitar 28,62% (Elianora, 2010)

tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar. Partikel-partikel lempung juga

mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering (batu lempung). (Rangan dkk., 2021)

Menurut Hardiyanto (1999), sifat-sifat yang dimiliki tanah liat atau lempung adalah sebagai berikut :

- a. Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm
- b. Permeabilitas rendah
- c. Bersifat sangat kohesif
- d. Kadar kembang susut yang tinggi
- e. Proses konsolidasi lambat

Berdasarkan ukuran dan kandungan mineralnya, tanah liat dapat dibedakan dari tanah-tanah lainnya. Celah, yang merupakan jenis tanah yang tidak mengandung mineral lempung, memiliki ukuran partikel yang agak lebih besar dari pada partikel lempung. Namun, ada beberapa tumpang tindih tertentu dalam ukuran partikel dan karakteristik fisik lainnya, serta banyak endapan alami yang mengandung partikel lempung. Ahli sedimentologi sering menggunakan μm 4-5, kimia koloid menggunakan 1 μm , dan ahli geologi dan ilmuwan tanah biasanya menggunakan pemisahan yang terjadi pada ukuran partikel 2 μm (tanah liat halus yang berasal dari lumpur). Berdasarkan sifat plastisitas tanah, yang disebut sebagai "Batas Atterberg," Insinyur Geoteknik menggabungkan lanau dan lempung. Sebaliknya, ISO 14688 menggunakan partikel tanah liat sebagai nilai yang kurang dari 2 μm . (Rangan dkk., 2021)

Menurut Rangan (2021), sifat-sifat umum dari mineral lempung adalah sebagai berikut :

- a. Hidrasi
- b. Aktivitas
- c. Pengaruh air
- d. Sifat kembang susut

Bila tanah lempung dicampur dengan semen portland dengan adanya air, maka akan terjadi reaksi hidrasi. Senyawa C 3S dan C2S yang terdapat dalam semen Portland bereaksi dengan air membentuk gel kompleks Kalsium Silikat Hidrat (CSH). Gel CSH memiliki efek menguntungkan pada material lempung dengan

mengurangi efek pengangkatan yang merugikan seperti pertumbuhan ettringite akibat penghilangan alumina yang cepat. Pembentukan ettringite berkontribusi pada peningkatan porositas dan sekaligus menurunkan kadar air bebas. Gel CSH yang terbentuk mengisi ruang kosong dan mengikat partikel tanah sehingga memberikan kekuatan pada campuran tanah (Riza dkk., 2010).

2.3 Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

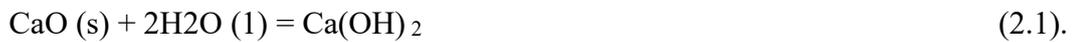
Kapur adalah benda berwarna putih dan halus yang berasal dari sedimen dan mengandung campuran mineral, termasuk kalsium. Pada umumnya, kapur relatif ditemukan di lautan dalam keadaan bebatuan yang mengandung lempengan lempengan kalsium (*coccolith*), yang diproduksi oleh mikroorganisme yang disebut *coccolithophores*. Secara umum, lazim juga ditemukan pada batu api dan rijang yang terdapat pada kapur. Pemberian kapur pada saat pengolahan tanah merupakan metode yang sangat efektif untuk mengatur pH air, bahkan jika itu hanya pH udara. Selain memperbaiki kondisi fisik air, hal ini juga dapat mengaktifkan mikroorganisme yang ada di dalam air (Rangan dkk., 2021).

Sifat-sifat kapur hidrolis yang terbentuk di dalam air berasal dari silika dan lempung yang terdapat dalam batu kapur. Ketika batu kapur dibakar pada suhu antara 400°C hingga 600°C, lempung akan terurai. Lempung yang terurai akan bergabung dengan silika pada suhu antara 950°C hingga 1250°C. Selama proses sintesis yang berlangsung pada suhu 1300°C hingga 1400°C mengakibatkan terbentuknya silikat dan aluminat terutama kalsium trikalsium silikat (C3S) dan dikalsium aluminat (C2Sebuah) (Riza dkk., 2011).

Kapur hidrolis berbeda dari kapur terhidrasi dari cara kerjanya. Kapur terhidrasi ketika ditambahkan dengan air akan memiliki karakteristik konsistensi yang sangat kental. Namun, kapur hidrolis akan mulai mengeras setelah terkena air. Dan setelah itu, ia akan menyerap karbon dioksida dari udara untuk mengalami fase pengerasan atau pengawetan kedua. Kapur hidrolis menawarkan sejumlah manfaat dibandingkan campuran mortar kapur tradisional. Yang paling penting adalah kemampuannya untuk diawetkan dan mengeras saat basah, ini berarti dapat digunakan dalam banyak aplikasi di mana produk mortar lainnya akan gagal. Ia juga memiliki elastisitas rendah, sehingga lebih sedikit retak karena ekspansi dan

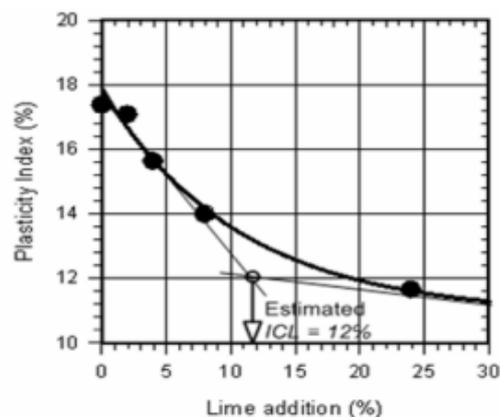
kontraksi. Kapur hidrolis juga sangat berpori, memungkinkan kelembaban berlebih keluar daripada terkumpul di dalam struktur dinding. Ini membuatnya sangat populer untuk aplikasi pelestarian bersejarah, di mana kapur terhidrasi tradisional akan retak atau hancur seiring waktu karena kelembaban yang terperangkap (Riza dkk., 2011).

Kalsium hidroksida adalah kristal warna yang diproduksi dengan mereaksikan kalsium oksida (CaO) dengan air dan juga dapat diproduksi dengan menggabungkan kalsium klorida (CaCl₂) dengan natrium hidroksida (NaOH). Menurut Kenan (1993), kalsium hidroksida, termasuk basa kuat karena sifat kimianya yang murni, memiliki kinetika yang lebih rendah daripada NaOH (Dwi Apriastuti dkk., 2017).



Secara teoritis, proses ini membutuhkan air sebanyak 32% dari berat kapur, namun karena faktor-faktor seperti pembakaran dan jenis kapur, jumlah air yang dibutuhkan bisa mencapai 2 hingga 3 kali volume kapur. Proses ini disebut “slaking” adapun sebagian hasilnya yaitu kalsium hidroksida disebut “slaked lime atau hydrated lime” (Andri, 2012).

Muntohar, (2009), menentukan kadar kapur untuk stabilisasi tanah lempung. Pada metode ini, penentuan kadar kapur untuk stabilisasi tanah berdasarkan kurva hubungna nilai indeks plastisitas dengan kandungan kapur seperti dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penentuan kadar kapur untuk stabilisasi Muntohar, (2009).

2.4 Klasifikasi Syarat Mutu Bata

Tanah lempung adalah material utama untuk membuat batu bata yang memiliki karakteristik plastis dan mengalami pengeringan. Bahan bangunan yang berbentuk prisma segiempat panjang, pejal atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15% dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aditif.

Bata Merah Konvensional (BMK) untuk dinding harus memenuhi syarat mutu sebagai berikut :

2.4.1 Sifat Tampak

BT3B harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul (Frapanti dkk., 2023). Berdasarkan hal tersebut, maka pengujian sifat tampak pada BT3B dilakukan hanya dengan mengecek kondisi fisik BT3B dan melakukan pengecekan permukaan saja.

2.4.2 Ukuran dan Toleransi

Adapun standar ukuran dan toleransi BMK yang diizinkan menurut SNI 15-2094-2000 adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2: Ukuran dan toleransi bata merah pejal (SNI 15-2094-2000).

Modul	Tinggi	Lebar	Panjang
M – 5a	65 ± 2	92 ± 2	190 ± 4
M – 6b	65 ± 2	100 ± 2	190 ± 4
M – 6a	52 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M – 6b	56 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M – 6c	70 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M – 6d	80 ± 3	110 ± 2	230 ± 5

Tabel 2.3: Standar ukuran batu bata (SNI 15-2094-2000).

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M – 5a	65	90	190
M – 5b	65	140	220
M – 6	55	110	220

2.4.3 Kuat Tekan

Kuat tekan bata menurut SNI 15-2094-2000 adalah kemampuan batu bata untuk menahan beban tekan yang signifikan per satuan luas tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan, yang dimana ukuran menjadi parameter penting untuk menilai kualitas dan daya tahan material dalam konstruksi.

Kuat tekan merupakan nilai yang paling diterima secara universal untuk menentukan kualitas batu bata. Meskipun demikian, kuat tekan sangat terkait dengan jenis tanah dan kandungan stabilisator. Biasanya, penentuan kuat tekan dalam kondisi basah akan memberikan nilai kekuatan yang paling lemah. Penurunan kuat tekan dalam kondisi jenuh dapat dikaitkan dengan perkembangan tekanan air pori dan pencairan mineral lempung yang tidak stabil di matriks bata (Riza dkk., 2010).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan BT3B adalah :

- Semen
- Jenis Tanah
- Tekanan pemadatan
- Dan jenis pemadatan

Kadar semen yang optimal untuk stabilisasi adalah kisaran 5% hingga 10 %, sedangkan penambahan di atas 10% akan memberikan pengaruh negative terhadap kekuatan bata. Indeks plastisitas tanah lempung biasanya dalam kisaran 15 hingga 25 (Riza dkk., 2010).

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisiensi variasi yang diizinkan untuk Bata Merah Konvensional (BMK) pejal untuk pasangan dinding sesuai dengan kelas dan nilai kuat tekannya sebagai berikut :

Tabel 2.4: Kuat tekan dan koefisien variasi untuk Bata Merah Konvensional (BMK) untuk pasangan dinding (SNI 15-2094-2000).

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

Penggunaan bata berdasarkan kelas kuat tekan, antara lain :

- Bata Kelas 50
Diperuntukan untuk penggunaan konstruksi ringan, seperti dinding non-struktural atau sekat ruangan.
- Bata Kelas 100
Bisa digunakan untuk rumah tinggal atau gedung yang tidak memerlukan kekuatan struktural tinggi.
- Bata Kelas 150
Digunakan untuk dinding struktural yang menanggung beban, seperti dinding luar atau dinding penahan beban pada bangunan bertingkat tinggi. Ideal untuk bangunan dengan konstruksi lebih berat atau yang membutuhkan daya tahan yang lebih lama.

Tekanan didefinisikan sebagai gaya tekan yang bekerja pada satu luasan permukaan yang mengalami gaya tekan.

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.2).$$

Keterangan :

P = Kuat tekan (kg/cm²)

F = Beban maksimum (kg)

A = Luas permukaan tekan (cm²)

Tabel 2.5: Hasil penelitian terdahulu mengenai nilai kuat tekan pada bata.

No	Judul	Hasil
1.	Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar dengan Campuran Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃) (Witjaksana dkk., 2016).	Berdasarkan penelitian dengan bahan campuran sodium hidroksida dan sodium silikat diperoleh nilai kuat tekan 1,048 Mpa untuk batu bata biasa dan 1,28 MPa untuk batu bata tanpa bakar.
2.	Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Banawa (Darwis dkk., 2016).	Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan tertinggi adalah sebesar 21,20 kg/cm ² .
3.	Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam (Irwansyah dkk., 2018).	Berdasarkan hasil kajian penelitian didapat nilai kuat tekan tertinggi pada variasi IV sebesar 6,14 MPa.
4.	Studi Perilaku Tekan Batu Bata Tanpa Bakar Menggunakan Abu Sekam Sebagai Bahan Substitusi (Masdiana dkk., 2019).	Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dapat disimpulkan bahwa komposisi I dengan nilai kuat tekan 27,27%, komposisi II sebesar 27,17% dan Komposisi III sebesar 47,50%.

Tabel 2.5: Lanjutan.

5.	Optimasi Semen Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar (Widodo & Artiningsih, 2021).	Bata lempung dengan tambahan 17% semen, setelah dikeringkan 7 hari dan dipanaskan di oven 40°C, mencapai kuat tekan maksimum 52 kg/cm ² .
----	---	--

2.4.4 Kadar Garam

Garam yang mudah larut dan membahayakan : Magnesium sulfat (MgSO₄), Natrium Sulfat (Na₂SO₄), Kalium Sulfat (K₂SO₄), Dan kadar garam maksimum 1,0%, tidak boleh menyebabkan lebih dari 50% permukaan batu bata tertutup dengan tebal akibat pengkristalan garam (Hakas et al., 2018). Tetapi dalam permukaan BMK tidak menjadi bubuk atau terlepas, ada kemungkinan membahayakan serta bila lebih dari 50% permukaan batu bata merah tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam garam yang dapat larut dan bagian- bagian dari permukaan batu bata merah menjadi bubuk atau terlepas, hal ini membahayakan (Frapanti dkk., 2024). Untuk menghitung kadar garam dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$G = \frac{Ag}{A} \times 100 \quad (2.3).$$

Keterangan :

G = Kadar garam (%)

Ag = Luas kandungan garam (cm²)

A = Massa bata kering (cm²)

Tabel 2.6 : Hasil penelitian terdahulu mengenai nilai kadar garam pada bata.

No	Judul	Hasil
1	Batu Bata Non Bakar Solusi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan (Maryunani & Arandha, 2013).	Hasil Uji kadar garam pada bata tidak menemukan bercak putih, artinya tidak ada garam berlebih.

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

No	Judul	Hasil
2.	Kualitas Batu Bata Merah dengan Penambahan Serbuk Gergaji (Handayani, 2010)	Hasil pengujian kandungan kadar garam batu bata merah dengan penambahan serbuk gergaji memenuhi persyaratan karena seluruh kode A (0%) sampai kode E (40%) permukaan yang tertutup lapisan putih masih di bawah 50%.
3.	Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Bata Merah di Yogyakarta (Hakas dkk., 2018).	Hasil pengamatan batu bata rata-rata tidak mengandung garam yang membahayakan. Tetapi terdapat serbuk-serbuk putih dengan presentase 5% dan 20%. Hal tersebut masih aman pada SNI 15-2094-1991.
4.	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Semen Portland Ada Batu Bata Tanpa Pembakaran Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik (Fitriani, 2022).	Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ditemukan kandungan garam berbahaya di semua variasi benda uji.
5.	Aplikasi Response Surface Method (RSM) Untuk Mengoptimalkan Kualitas Batu Bata Non Bakar Dengan Penambahan Abu Sekam Padi (Saputra dkk., 2018).	Hasil pengujian yang muncul pada permukaan bata non bakar dengan rata rata kadar garam sebesar 0 %, sedangkan bata bakar sebesar 10,855%.

2.4.5 Kerapatan Semu (*Apparent Density*)

Densitas sering disebut juga massa jenis atau kerapatan bahan yang disyaratkan. Kerapatan semu minimum BMK yang disyaratkan sebesar 1,2 gram/cm³. Kepadatan kering yang paling signifikan adalah hasil dari karakteristik material, air selama pengepresan, dan tingkat beban pemadatan yang diterapkan, dan mungkin di India, tekan dikendalikan oleh kering. Jenis pemadatan yang digunakan, seperti getaran, statis, dan dinamis, juga akan mempengaruhi keadaan tersebut. Kepadatan batu bata dapat ditentukan melalui prosedur standar seperti ASTM C 140 dan BS 1924-2 (1990) dan lainnya (Riza dkk., 2010).

Untuk menghitung bobot pada batu bata dapat digunakan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.4).$$

Keterangan :

ρ = Densitas suatu bahan (gr/cm³)

m = Massa kering (gr)

V = Volume (cm³)

Tabel 2.7: Hasil penelitian terdahulu tentang pengujian densitas pada bata.

No	Judul	Hasil
1.	Inovasi Material Pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar Untuk Kemakmuran Industri Kerakyatan (Amin, 2014).	Hasil pengujian berat jenis pada bata biasa mendapat nilai 2,24 gr/cm ³ sedangkan dengan komposisi I = 2,45 gr/cm ³ , komposisi II = 2,50 gr/cm ³ , komposisi III = 2,50 gr/cm ³ , komposisi IV = 2,60 gr/cm ³ dan komposisi V = 2,32 gr/cm ³ .
2.	Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam (Irwansyah dkk., 2018).	Dari hasil pengujian didapatkan sampell bata tanpa bakar yang paling baik dengan nilai berat jenis sebesar 1,60 gr/cm ³ ,

Tabel 2.7: *Lanjutan.*

3.	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Terhadap Kekuatan Batu Bata (Deslina Zebua & K. Sinulingga, 2018).	Dari data pengujian massa jenis batu bata dengan menambahkan abu sekam padi pada tanah liat menunjukkan bahwa semakin banyaknya campuran abu sekam padi maka semakin menurunnya massa jenis batu bata.
4.	Kajian Mekanik Batu Bata Dengan Metode Pembakaran Dan Tanpa Dibakar Menggunakan Limbah Lumpur PDAM (Dini dkk., 2021).	Hasil rata-rata densitas batu bata tidak memenuhi syarat densitas $>1,2$ gr/cm ³ sedangkan nilai yang di hasilkan sebesar 1,13 grn/cm ³ , 1,12 gr/cm ³ , 1,03 gr/cm ³ , 0,88 gr/cm ³ dan 0,58 gr/cm ³ .
5.	Pengaruh Komposisi Pasir Kuarsa Terhadap Sifat Bata Tahan Api (<i>Firebrick</i>) Berbahan Kaolin Dan <i>Fly Ash</i> (Handoko & Pujarianto, 2024).	Dari hasil penelitian didapatkan nilai densitas tertinggi didapat dari spesimen kelima dengan nilai 2,045 g/cm ³ yang dimiliki oleh persentase komposisi kaolin dan <i>fly ash</i> yang sama dengan pasir kuarsa 30% dimana pada komposisi tersebut merupakan komposisi yang memiliki kepadatan tertinggi dari pada komposisi lainnya.

2.4.6 Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan fungsi dari kandungan lempung dan semen dan biasanya berhubungan dengan kekuatan dan ketahanan bata tanah, oleh karena itu penting untuk menentukan tingkat penyerapan air bata tanah. Menurut Oti (2009) , bahwa penyerapan air Tingkat penyerapan menurun seiring bertambahnya usia bata tanah. Tingkat penyerapan air yang tinggi pada spesimen dapat menyebabkan

pembengkakan fraksi lempung yang distabilkan dan mengakibatkan hilangnya kekuatan seiring berjalannya waktu (Riza dkk., 2010).

Kandungan pasir dalam campuran ternyata dapat mengurangi penyerapan air dan kehilangan berat meskipun tidak mempengaruhi kekuatan tekan secara signifikan. Kadar air mempengaruhi kekuatan dan ketahanan material serta memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja jangka panjang material tanah yang distabilkan, terutama berpengaruh pada ikatan dengan mortar pada saat konstruksi. Ketika batu bata kering, air dengan cepat tersedot keluar dari mortar sehingga mencegah adhesi yang baik dan hidrasi semen yang tepat dan ketika batu bata sangat basah, mortar cenderung mengapung di permukaan tanpa memperoleh adhesi yang tepat (Riza dkk., 2010).

Bata berkualitas rendah akan menyerap air dengan kelembapan lebih banyak dari pada bata berkualitas tinggi. Pada umumnya penyerapan air maksimum BMK pasangan dinding adalah 20%.

$$PA = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2.5).$$

Keterangan :

PA = Penyerapan air

A = Massa setelah direndam selama 24 jam (Kg)

B = Massa kering tetap (kg)

Tabel 2.8: Penelitian terdahulu tentang daya serap pada bata.

No	Judul	Hasil
1.	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Semen Portland Ada Batu Bata Tanpa Pembakaran Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik (Fitriani, 2022).	Dari pengujian didapatkan hasil daya serap air untuk variasi A, B, C, dan D berturut-turut sebesar 18,080%: 26,737%; 17,354%; dan 24,473%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi B dan D tidak memenuhi persyaratan daya serap.

Tabel 2.8: *Lanjutan*

2.	Uji Kuat Tekan Daya Serap Air Dan Massa Jenis Batu Bata Merah Berbahan Tambahan Abu Kulit dan Janggal Jagung di Wukuhan Jember (Hasanah dkk., 2021).	Hasil daya resap air dengan penambahan abu kulit jagung mengalami penurunan sebesar 2,5% dan kenaikan sebesar 7,5% lalu mengalami penurunan pada presentase 10%.
3.	Analisis Variasi Komposisi Abu Sekam Padi Terhadap Penyerapan Air Bata Merah Pejal (Khatimah dkk., 2023).	Rata-rata daya serap air bata merah pejal pada variasi A adalah 13,6%, sedangkan variasi D sebesar 23%. Mengacu pada SNI 15-2094-2000 dengan batas maksimum 20%, variasi A, B, dan C masih memenuhi standar, sementara variasi D tidak memenuhi karena nilai penyerapannya melebihi batas yang ditentukan.
4.	Analisis Nilai Fisis Dan Mekanis Batu Bata Tanpa Proses Pembakaran Dengan Campuran Ambu Ampas Tebu Dan <i>Fly Ash</i> Sebagai Pengganti Sebagian Tanah Liat (Hidayatulloh dkk., 2024).	Hasil pengujian daya serap air pada variasi A0 hingga A2 mengalami penurunan sebesar 23,17 dan 20,02. Lalu variasi A3 sampai variasi A7 mengalami kenaikan nilai daya serap sebesar 22,72 sampai 28,38.
5.	Analisa Pembuatan Bata Tanpa Bakar Dari Limbah Pertanian Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Polusi Udara (Frapanti dkk., 2024).	Pada penelitian bata tekan tanpa bakar diperoleh nilai rata-rata daya serap bata adalah 0,233% yang berarti tidak membahayakan karena masih di bawah 20 %.

2.4.7 Daya Tahan

Prinsip dasar stabilisasi adalah mengurangi tahanan udara, dan hal ini dapat dicapai jika bahan yang tahan lama dapat dipengaruhi oleh penurunan kekuatan mekanis dalam keadaan basah. Menurut beberapa percobaan, ketahanan berhubungan dengan keberadaan lempung, pemadatan, dan penstabil bahan. Menurut diagram tersebut, konstruksi dari bahan yang kokoh dan tahan lama dapat diselesaikan dengan cara yang tidak merusak. Masalah muncul ketika bahan tersebut mengalami berbagai kondisi iklim dan panjang. Selain itu, dinyatakan bahwa sejumlah besar bahan yang tidak stabil akan meningkatkan risiko ketahanan secara signifikan (Riza dkk., 2010).

Menurut Heathcote mengamati bahwa tetesan air hujan dapat melepaskan energi kinetik yang berdampak pada batu bata dan menyebabkan material jatuh dari permukaan panel dinding. Ia menyatakan bahwa rasio basah/kering oven sebesar 33% mungkin merupakan kriteria yang sesuai untuk mengevaluasi daya tahan spesimen tanah yang distabilkan semen.

Kombinasi bata yang terbuat dari tanah liat, semen, kapur dan Ground Granulated Blast Furnace (GGBS) yang mengalami hingga 100 siklus pembekuan dan pencairan selama 24 jam menunjukkan hasil yang memuaskan dimana hanya mengalami penurunan berat maksimum 1,9% pada akhir 100 siklus. Pemeriksaan setelah pengujian menunjukkan tidak terjadi kerusakan jenis apa pun (Oti dkk., 2009).

Pengukuran durabilitas menurut standar-standar seperti ASTM normalization (ASTM 1993), ASTM D 599-57 (ketahanan terhadap erosi air), ASTM 560 dan DDCENT/TS 772-22 (freeze-thaw test), wire brush test, Australian Standards 2002 dan Doat dkk (water spray test), Weisz dkk (water drip test), sudah sangat parah dibandingkan dengan kondisi alamiahnya, namun demikian secara umum material lempung masih mempunyai potensi untuk rusak akibat naiknya kelembapan, siklus beku/cair dan erosi permukaan yang disebabkan oleh hujan yang terbawa angin karena mineral lempung cenderung mengganggu kerja semen (Riza dkk., 2010).

2.4.8 Konduktivitas Nilai Thermal

Dalam meningkatnya kepedulian terhadap kesadaran energi dan ekologi, kenyamanan termal dalam bahan bangunan merupakan aspek penting yang menarik perhatian besar saat ini karena peraturan bangunan saat ini lebih menekankan pada kinerja termal bangunan dibandingkan dengan masa lalu. Sebagai bahan bangunan, batu bata memiliki konduktivitas termal yang sangat baik. Konduktivitas termal merupakan fungsi dari kepadatan material dan kadar air. Dengan demikian nilai desain untuk konduktivitas termal dapat ditentukan. melalui metode eksperimen dan teoritis. Batu bata tanah liat yang distabilkan dengan kompresi menunjukkan nilai konduktivitas termal yang lebih baik dibandingkan dengan batu bata tanah liat yang dibakar (Oti dkk., 2010).

Menurut (Riza dkk., 2010) mencatat bahwa penambahan kadar semen dan pasir dapat sedikit menurunkan konduktivitas batu bata. Keuntungan dari konduktivitas termal yang rendah dapat menghasilkan efisiensi energi, pengurangan biaya pemanas di musim dingin dan pendingin udara di musim panas, dan ramah lingkungan bagi suatu bangunan. Batu bata tanah liat yang dibakar memiliki nilai konduktivitas yang lebih tinggi karena proses pembakaran batu bata tanah liat membuat tanah liat sebagian bergabung untuk membentuk produk seperti kaca sehingga memberikan kekuatan dan daya tahan pada produk tersebut. Hal ini juga merupakan hasil dari pemecahan mineral tanah liat asli dan pembentukan material kristal dan fase kaca baru.

Untuk menentukan nilai termal dari bata tanah stabil terkompresi dapat memanfaatkan standar berikut :

1. BS EN 1745 (konduktivitas termal dan resistansi termal),
2. ASTM C 518-91
3. ASTM C 1132-89 (nilai termal)

2.5 Material Pembentukan Batu Bata

Bahan-bahan yang digunakan pada bata campuran tanpa bakar yang digunakan sebagai penyusun utama adalah air, semen, pasir, tanah lempung, dan karbon hidroksida Ca(OH)_2 . Dalam campuran ini Semen dan karbon hidroksida digunakan

sebagai pengganti bahan perekat. Berikut penjelasan material- material yang digunakan antara lain :

2.5.1 Semen

Semen dapat didefinisikan sebagai bahan pengikat atau sebagai pendahulu dari bahan - bahan padat, yang dapat menjadi salah satu bentuk yang paling erat, kuat, dan mengikat. Bahan utama semen Portland adalah batu kapur, alumina silika, besi oksida, dan belerang terak (Widodo & Artiningsih, 2021).

Semen mengandung silika hidrolis, yang memiliki kemampuan untuk larut tanpa menempel atau bereaksi dengan karbon dioksida di udara. Akibatnya, semen berbeda dengan perekat anorganik seperti plester. Dua reaksi yang terjadi selama pengerasan semen adalah hidrolisis dan hidrasi. Jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe I, atau produk standar yang digunakan dalam konstruksi biasa. Dalam hal ini, semen berfungsi sebagai perekat (Frapanti dkk., 2024).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (Clinker) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (mineral in component) (Muhammad & Kusdian, 2021).

Menurut (Muhammad & Kusdian, 2021) Semen Portland memiliki beberapa keunggulan, diantaranya yaitu:

1. Lebih mudah dikerjakan;
2. Suhu beton lebih rendah, sehingga tidak mudah retak;
3. Permukaan acian dan beton lebih halus;
4. Lebih kedap air;
5. Lebih tahan terhadap serangan sulfat
6. Tidak cepat mengeras

2.5.2 Pasir

Pasir adalah jenis partikel yang lebih kecil dari kerikil dan lebih besar dari lempung butiran. Pasir memiliki kisaran ukuran 5 hingga 0,074 mm dan tidak plastis atau kohesif. Pasir (agregat halus), sebagai bahan khusus atau mortar, merupakan bahan alami yang berasal dari gunung berapi, sungai, tanah, dan pantai letusan. Pasir ini harus memenuhi standar kerasan, ketajaman, gradasi, dan kebersihan yang berkaitan dengan lumpur serta kebersihan yang berkaitan dengan bahan kimia yang harus memenuhi standar nasional Indonesia. Pasir yang digunakan dalam pembuatan bata harus bersih dan bebas dari kotoran atau bahan organik lainnya. Perbandingan campuran pasir dan bahan lain seperti tanah liat, semen, dan air harus diatur secara proporsional agar dapat menghasilkan bata yang kuat dan tahan lama (Frapanti dkk., 2024).

(Muhammad & Kusdian, 2021) menyatakan Kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan semen.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

2.5.3 Air

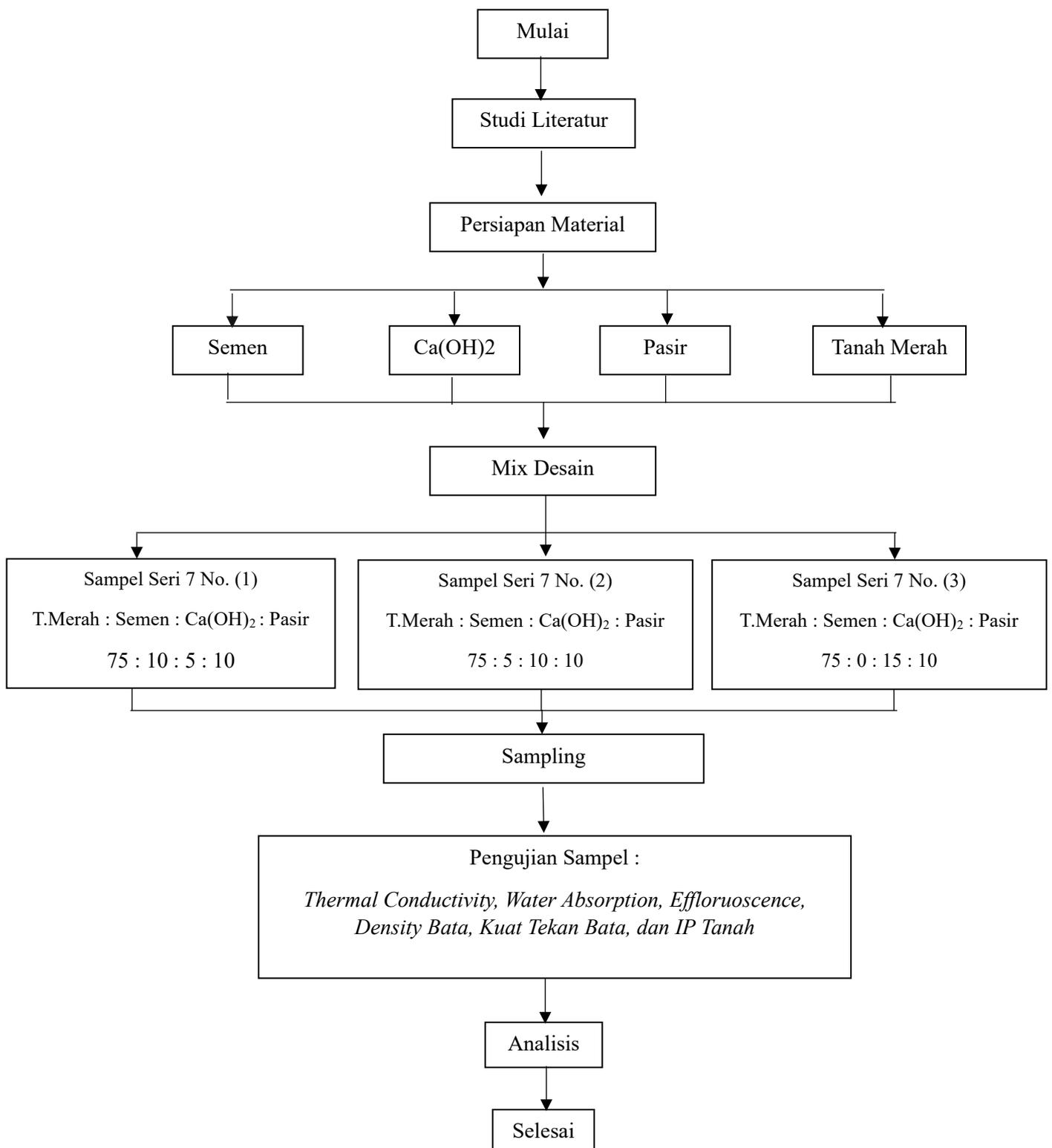
Salah satu bahan yang paling penting dalam proses bereaksi dengan bahan-bahan yang digunakan untuk membuat batu bata adalah air. Agar batu bata lebih mudah ditangani, maka harus ada kadar air di dalam tanah sesuai dengan jenis batu bata yang diproduksi. Meskipun demikian, harus ada pemeriksaan lebih lanjut secara visual terhadap air yang digunakan, seperti air tawar yang memenuhi syarat,, tidak mengandung asam, garam dan organik lainnya (Frapanti dkk., 2024).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai alur atau tahapan yang akan dilakukan selama proses penelitian. Diagram alir dibuat agar penelitian dapat dilakukan secara tertib dan terarah mulai dari awal hingga akhir penelitian sesuai dengan yang telah direncanakan.. Proses penelitian akan di bagi kedalam beberapa tahap yaitu tahap Pendahuluan, Persiapan Material, Penentuan Proporsi *Mix Design*, Pembuatan Sampel, Pengujian, Pengolahan Data, dan Kesimpulan.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan penggunaan metode eksperimental laboratorium, Dalam penelitian ini, peneliti membuat Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) dengan beberapa komposisi yang terdiri dari Tanah merah, semen, pasir, dan penambahan bahan campuran berupa kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. sebagai panduan dalam menganalisis hasil temuan dan tidak hanya mengandalkan data yang tersedia. Data pendukung yang diperoleh adalah sebagai berikut:

3.2.1 Data Primer

Data yang diperoleh secara diam-diam dari eksperimen yang dilakukan di laboratorium dikenal sebagai data primer. Penelitian ini meneliti berbagai aspek, termasuk:

- a. Sifat Tampak
- b. *Thermal Conductivity*,
- c. *Water Absorption*,
- d. *Efflorescence*,
- e. *Density* Bata,
- f. Kuat Tekan Bata, dan
- g. IP Tanah.

3.2.2 Data Sekunder

Jenis data yang kedua adalah informasi yang berasal dari buku-buku dan jurnal yang berkaitan tentang batu bata, dengan mengacu pada pembuatan batu bata berdasarkan SNI 15-2094-2000. Data sekunder sering digunakan untuk mendukung analisis sekunder atau sebagai referensi untuk membandingkan hasil data primer. Data sekunder sangat membantu dalam mempercepat proses penelitian, tetapi evaluasi kritis diperlukan untuk memastikan bahwa data tersebut relevan, dapat diandalkan, dan sesuai dengan kebutuhan penelitian yang sedang berlangsung.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri, Medan. Sesuai dengan prosedur standar laboratorium, penelitian ini dilakukan pada periode yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu mulai bulan Juli 2024.

3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

Dalam studi BT3B, bahan dan peralatan yang digunakan akan dipengaruhi oleh proses pembuatan dan bahan yang digunakan untuk pembuatan. Di bawah ini adalah daftar bahan dan sumber daya untuk penelitian tersebut.

3.4.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) biasanya adalah bahan alami dan bahan kimia untuk membuat pengikat. Berikut ini adalah contoh bahannya:

1. Tanah Merah

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian pembuatan BT3B adalah tanah, yang berasal dari satu titik lokasi pengembangan tanah yang terletak di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Cara penanganan tanah hingga lolos saringan ke-100.



Gambar 3.2: Tanah merah.

2. Pasir

Pasir yang digunakan pada penelitian kali ini berasal dari daerah Binjai, dengan lolos saringan 100. Pasir dicuci jika mengandung lumpur, proses pencucian biasanya dilakukan dengan cara direndam atau dialirkan air hingga kotoran terpisah. Kandungan lumpur yg berada dalam pasir dapat mengurangi daya rekat dan kekuatan bata. Pasir yang basah dikeringkan menggunakan oven sebelum di campur.



Gambar 3.3: Pasir.

3. Semen Portland Komposit (PCC)

Berdasarkan SNI 7064:2014 tentang spesifikasi Semen Portland, Semen Komposit Portland (PCC) didefinisikan sebagai bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Total bahan organik di semen antara 6 sampai 35% dari massa semen Portland komposit.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland tipe 1 (Merk semen Padang) dikarenakan memenuhi syarat mutu sesuai SNI 7064:2014.

Tabel 3.1 Komposisi kimia dan fisika dari semen PCC.

No.	Kandungan	Jenis Semen
		PCC
1.	Al ₂ O ₃ (%)	7,40
2.	CaO (%)	57,38
3.	SiO ₂ (%)	23,04
4.	Fe ₂ O ₃ (%)	3,36
5.	Kehalusan (%)	2,00
6.	Berat isi (Kg/L)	1,15
7.	SO ₂ (%)	4,0
8.	Kandungan Udara%	12
9.	Kuat Tekan <ul style="list-style-type: none"> • Umur 3 hari • Umur 7 hari • Umur 28 hari 	Min 130 Min 200 Min 280

Sumber : Salain 2009



Gambar 3.4: Semen portland *type* 1.

4. Kalsium Hidroksida Ca(OH)₂

Kapur adalah jenis zat yang dapat digunakan sebagai pengikat dasar sebelum semen diproduksi. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalsium Hidroksida Ca(OH)₂ dengan Spesifikasi dibawah ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi kandungan kalsium hidroksida Ca(OH)₂.

Spesifikasi Kapur		
1.	<i>Product</i>	<i>Calcium Hydroxide/Hydrated Lime</i>
2.	<i>Lot No</i>	080121-1
3.	<i>MFG Date</i>	Agustus-16-2021
4.	<i>Quality Maintenance Term</i>	September-30-2024
ASSAY (compexometric, calculated on dried substance)		Nilai
1.	<i>Substance insoluble in acetic acid</i>	<0.3%
2.	<i>Substance insoluble in hydrochloric acid</i>	<0.3%
3.	<i>Chloride (Cl)</i>	<0.02%
4.	<i>Fluoride (F)</i>	<0.005%
5.	<i>Sulphate (SO₄)</i>	<0.05%
6.	<i>Heavy Metals (as pb)</i>	<0.002%
7.	<i>As (Arsenic)</i>	<0.003%
8.	<i>Ba (Barium)</i>	<i>Passes test</i>
9.	<i>Fe (iron)</i>	<0.002%
10.	<i>Hg (Mercury)</i>	<0.00005%
11.	<i>Pb (Lead)</i>	<0.0003%
12.	<i>Magnesium and alkali metals</i>	<0.2%
13.	<i>Appearance</i>	<i>White Powder</i>
Kehalusan		Nilai
1.	<i>Residue on a 45 um sieve (ISO 787/7)</i>	<0.5%

Tabel 3.2 : Lanjutan.

Spesifikasi		
2.	<i>Top cut (d97)</i>	10 μm
3.	<i>Particles < 5 μm</i>	40%
Whiteness		Nilai
1.	<i>Brightness (Ry,C/22, DIN 53163)</i>	93%
2.	Moisture, ex works (ISO 787/2)	0.5%
3.	<i>Bulk Density</i>	0.5 gm/cc
4.	Ca (OH) ₂	93.66%
5.	CaO	70%
6.	Ph	13



Gambar 3.5: Kalsium hidroksida Ca(OH)₂.

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi yang ada di Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Air diperlukan dalam pembuatan bata agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen, yang berakibat pada pengikatan dan pengerasan.



Gambar 3.6: Air.

3.4.2 Peralatan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian “Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) berbahan tanah merah dengan campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ” adalah sebagai berikut.

1. Cetakan

Cetakan dalam penelitian bata adalah untuk menentukan ukuran, bentuk, dan kepadatan bata sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Cetakan bata mempunyai ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 5 cm.



Gambar 3.7: Cetakan batu bata.

2. Timbangan Digital

Timbangan digital dalam penelitian batu bata berfungsi untuk meningkatkan ukuran atau kuantitas sampel dengan akurasi yang tinggi. Tidak hanya untuk

menimbang tapi bisa menghitung juga, fitur unggulan timbangan digital ini juga dilengkapi dengan dua layer LED berwarna merah.

Tabel 3.3 Spesifikasi timbangan.

Merk	SHINTEC
Tipe	SHP-800 N
Kapasitas	35 kg x 5g
Ukuran Platform	22 cm x 32 cm



Gambar 3.8: Timbangan digital.

3. Sieve Shaker

Sieve shaker dalam penelitian bata adalah untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan ukuran partikel bahan baku, seperti tanah liat yang digunakan dalam pembuatan bata.

Tabel 3.4 Spesifikasi *Sieve Shaker*.

<i>Shaking</i>	160 time/minute
<i>Running Shaker</i>	Vertical 50mm
<i>Capacity test sieve</i>	8 pcs with pan
<i>Cover Dimensi</i>	520 x 350 x 1040 mm
<i>Timer</i>	0,05 detik – 100 jam

<i>Voltase</i>	220 VAC / 50HZ
<i>Daya</i>	450 Watt
<i>Berat Isi</i>	40 kg
<i>Berat Kotor</i>	50 kg



Gambar 3.9: *Sieve shaker.*

4. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan sampel dan menghilangkan kadar air dalam bahan atau bata yang teklah di cetak.

Tabel 3.5 Spesifikasi oven.

<i>Merk</i>	Mammert
<i>Hertz</i>	50 Hz/ 60 Hz
<i>Model</i>	UNB200
<i>Serial</i>	C205.1273
<i>Weight</i>	24.0 Kg
<i>Voltage</i>	230 V
<i>Includes</i>	<i>Power cord included</i>
<i>Warranty</i>	<i>30-Day Warranty, 100% parts and labor</i>
<i>Dimensions</i>	24.0 cm x 24.0 cm x 16.0 cm
<i>Shipping Type</i>	<i>FedEx Ground</i>
<i>Item Condition</i>	<i>Excellent</i>
<i>Manufacturing Date</i>	<i>Does Not Apply</i>



Gambar 3.10: Oven.

5. Sendok Pengaduk

Dalam penelitian bata, sendok pengaduk difungsikan untuk mencampur bahan baku seperti semen, pasir, tanah merah, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan air agar menghasilkan campuran yang merata.



Gambar 3.11: Sendok pengaduk.

6. Gelas Ukur

Gelas ukur adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur volume cairan di bawah tekanan. Dalam penelitian batu bata, gelas ukur memiliki beberapa kegunaan penting, terutama dalam proses mendapatkan bahan dan menentukan karakteristik fisik batu bata.



Gambar 3.12: Gelas ukur.

7. Wadah

Wadah digunakan sebagai tempat pencampuran bahan baku seperti semen, pasir, tanah liat, Ca(OH)_2 dan air sebelum dijadikan bata.



Gambar 3.13: Wadah.

8. Mesin Hidrolik Press Bata

Digunakan untuk mengepress adonan bata yang berada di cetakan agar bata yang dihasilkan padat.

Tabel 3.6 Spesifikasi alat Hidrolik Press.

Merek	Taiwan
Type	SX 0406B
Mesin fres kapasitas	20 ton
Stroke	135 mm

<i>Min Operating Distance</i>	230 mm
<i>Max Operating Distance</i>	965 mm
<i>Packing Sise</i>	1340 x 260 x 190 mm



Gambar 3.14: Mesin hidrolik press.

9. Mesin Uji Kuat Tekan (*Compression Test*)

Untuk mengukur kemampuan bata menahan beban sebelum mengalami kerusakan atau hancur.



Gambar 3.15: Mesin kuat tekan.

10. Saringan

Dalam pembuatan batu bata, bahan dasar seperti tanah dan pasir sering kali diayak dengan ayakan untuk mendapatkan ukuran butiran yang sesuai, ukuran butiran yang tepat akan berdampak pada kepadatan dan kekuatan batu bata.



Gambar 3.16: Saringan.

11. Wadah Perendaman

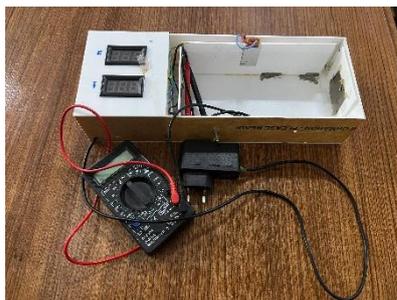
Wadah digunakan sebagai tempat perendaman bata selama 24 jam , wadah biasanya berupa bak besar dari plastic yang mampu menampung beberapa sampel bata sekaligus.



Gambar 3.17: Bak perendam.

12. Alat Pengujian *Thermal Conductivity*

Dalam penelitian bata, alat *thermal conductivity* digunakan untuk menentukan seberapa baik bata menghantarkan panas.



Gambar 3.18: Alat *thermal conductivity*.

3.5 Tahap Proporsi Campuran Bata

Pada tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi terbaik sehingga bata memiliki kekuatan yang tinggi, ketahanan yang baik, dan efisiensi termal. Pemilihan bahan, perhitungan rasio campuran, pencampuran, pencetakan, pengeringan, dan pengujian kualitas adalah beberapa contoh utamanya. Langkah mix design dalam penelitian ini meliputi setiap campuran dengan komposisi material berupa semen : tanah merah : pasir : Ca(OH)_2 . Komposisi campuran adalah sebagai berikut.

Tabel 3.7 *Mix design*.

No.	Tanah	Binder			Jumlah Sampel	Ket	Kode Sampel
	Merah	Semen	Ca(OH)_2	Pasir			
1.	75	15	-	10	12	Kontrol	CCM
2.	75	10	5	10	12	Merah Ca(OH)_2	CML
3.	75	5	10	10	12	Merah Ca(OH)_2	CML
4.	75	0	15	10	12	Merah Ca(OH)_2	CML
5.	Total sampel				48		

Keterangan :

L = *Lime* (Kapur)

CCM = *Control Cement Merah*

CML = *Cement Merah Lime*

3.6 Prosedur Penelitian

Proses pembuatan BT3B dengan tanah merah dan bahan campuran Ca(OH)_2 adalah sebagai berikut:

1. Pertama tanah merah dan kapur dihancurkan menggunakan palu karet.
2. Kemudian bahan diayak dengan menggunakan saringan hingga diperoleh serbuk halus
3. Persiapkan wadah sebagai tempat pecampuran bahan.
4. Letakan bahan baku yang telah disaring kedalam wadah.
5. Siapkan alat pengaduk , kemudian lakukan pencampuran semua bahan baku hingga merata. Tambahkan air sedikit demi sedikit sambik terus di aduk. Pastikan campuran tidak terlalu cair atau terlalu kering.
6. Selanjutnya lakukan percetakan dengan alat cetakan berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 5 cm.
7. Kemudian bata di pres dengan menggunakan mesin hidrolik press.
8. Setelah BT3B ditekan, BT3B dipisahkan dari alat cetak dan ditempatkan di lokasi yang telah disediakan untuk pengeringan dengan menggunakan sinar matahari.
9. Lakukan penataan susunan BT3B yang sudah kering.
10. Proses pengeringan dilakukan selama kurang lebih 28 hari.

3.7 Prosedur Pengujian BT3B

Proses pengujian BT3B dalam penelitian ini didasarkan pada Standar Nasional Indonesia, atau SNI 15-2094-2000. Berikut adalah beberapa contoh prosedur pengujian BT3B:

3.7.1 Pengujian *Water Absorption*

Proses pengujiannya yaitu :

1. BT3B yang akan digunakan harus di rendam hingga mencapai ujungnya lalu timbang beratnya.
2. Selanjutnya, proses pengeringan suhu $100-110^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam dilakukan, dan didinginkan sampai suhu ruangan akhirnya seimbang lalu timbang kembali beratnya.

3. Hitung daya serap air (%) = $(W_2 - W_1) / W_1 \times (100)$.
4. Standar maksimum daya serap air BMK adalah $\leq 20\%$.

3.7.2 Pengujian *Efflorescence*

Proses pengujian *efflorescence* dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan garam larut dalam BT3B yang dapat menyebabkan bercak putih pada permukaan BT3B setelah terkena air. Berikut prosedur pengujian *efflorescence* sebagai berikut:

1. Siapkan sampel BT3B kering.
2. Tempatkan BT3B dalam wadah berisi air dengan ukuran sekitar 2,5 cm jangan sampe terendam sepenuhnya.
3. Biarkan air meresap ke dalam BT3B selama 24 jam
4. Lakukan pengamatan pada permukaan BT3B,, jika muncul endapan putih (garam) ini menandakan adanya *efflorescence*.
5. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan apakah BT3B layak digunakan dalam konstruksi yang sering terpapar air.

3.7.3 Pengujian *Density*

Dalam pengujian ini bertujuan untuk menentukan kerapatan BT3B, yang berpengaruh terhadap berat, dan daya tahan bata. Berikut langkah-langkah prosedur pengujian BT3B, antara lain:

1. Ukur dimensi BT3B dengan menggunakan jangka sorong untuk mendapatkan volume.
2. Selanjutnya timbang berat bata dalam kondisi kering.
3. Hitung kerapan BT3B dengan rumus $\rho = m/v$.
4. Bandingkan hasil dengan standar BT3B yang digunakan sesuai SNI.

3.7.4 Kuat Tekan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan BT3B dalam menahan beban tekan, yang berpengaruh terhadap keamanan struktur bangunan.

Adapun tahanan pengujian:

1. Pastikan sampel BT3B dalam keadaan kering.
2. Letakan BT3B secara horizontal diantara pelat tekan mesin uji.

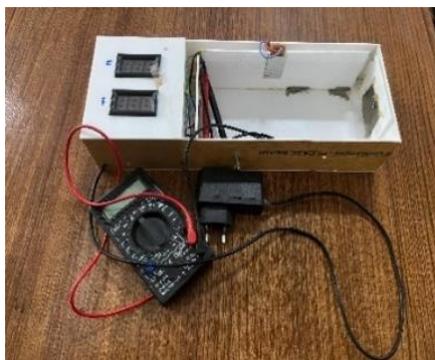
3. Terapkan gaya tekan dengan kecepatan konstan hingga BT3B mengalami retak atau pecah.
4. Jumlah beban maksimum yang dapat diterima BT3B.
5. Hitung kuat tekan dengan rumus $P = F/A$
6. Bandingkan hasil yang didapat dengan standar SNI.



Gambar 3.19: Mesin uji kuat tekan.

3.7.5 Pengujian *Thermal Conductivity* (Konduktivitas Panas)

Pengujian *thermal conductivity* dilakukan dengan menempatkan sampel BT3B di antar dua pelat logam. Ukur suhu pada sisi BT3B dan hitung konduktivitas berdasarkan aliran panas yang terjadi.



Gambar 3.20: Alat pengujian konduktivitas panas.

3.7.6 Indeks Plastisitas Tanah

Indeks plastisitas (IP) adalah selisih antara batas cair (*Liquid Limit, LL*) dan batas plastis (*Plastic Limit, PL*) suatu tanah. Pengujian IP digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan tingkat plastisitasnya. Adapun tahap prosedur mengenai batas cair dan batas plastis sebagai berikut:

3.7.6.1 Pengujian Batas Cair

1. Lakukan pemyaringan pada sampel tanah yang kering
2. Tambahkan air secara bertahap hingga tanah menggumpal
3. Letakan tanah pada cagrande, lalu ratakan di permukaan alat
4. Gunakan grooving tool untuk membela tanah
5. Selanjutnya hitung jumlah pukulan hingga celah menutup
6. Ulangi dengan kadar air berbeda untuk mendapatkan grafik hubungan kadar air dan jumlah tumbukan

3.7.6.2 Pengujian Batas Plastis

1. Ambil sampel tanah yang kering , lalu tambahkan sedikit air secara bertahap dan biarkan mongering sedikit.
2. Ambil Sebagian kecil tanah, lalu gulung tanah menggunakan tangan hingga mencapai diameter 3mm.
3. Jika gulungan pecah pada diameter 3mm, timbang sampel dan keringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam.
4. Setelah kering selama 24 jam, timbang kembali untuk menentukan kadar air,
5. Nilai kadar air yang pada saat tanah pecah merupakan batas plastis.

BAB 4

HASIL PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu: tahap pertama berupa persiapan material, tahap kedua adalah proses pembuatan benda uji, dan tahap ketiga merupakan pengujian sampel di laboratorium. Seluruh proses mulai dari persiapan material, pembuatan benda uji, hingga pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Sampel bata tanpa proses pembakaran dibuat dalam bentuk balok persegi panjang dengan dimensi panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 5 cm. Setiap variasi terdiri atas 12 sampel. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari yang meliputi pengujian sifat tampak, uji daya tahan, *thermal conductivity*, *water absorption*, *efflorescence*, *density bata*, kuat tekan bata dan IP tanah.

4.2 Analisa Pemeriksaan Bahan

Pengujian terhadap material, baik agregat halus maupun tanah, dilakukan di laboratorium dengan mengacu pada standar pemeriksaan agregat yang tercantum dalam SNI. Seluruh data yang diperoleh selama proses penelitian akan dianalisis secara kuantitatif menggunakan pendekatan statistik.

4.2.1 Pemeriksaan Agregat Halus

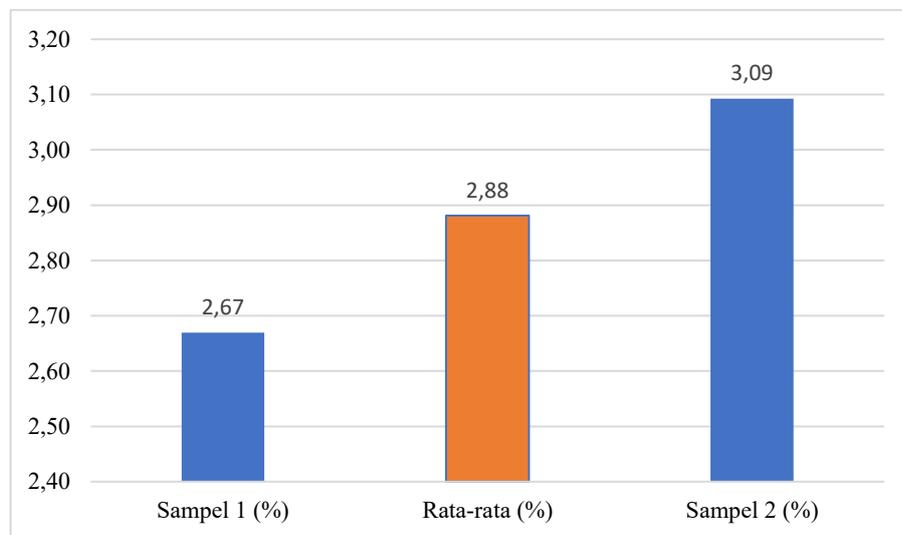
Pasir adalah jenis partikel yang lebih kecil dari kerikil dan lebih besar dari lempung butiran, dengan diameter 5-0,074 mm dan sifat yang tidak plastis maupun kohesif. Pasir digunakan untuk campuran pembuatan bata.

4.2.1.1 Kadar Lumpur Agregat Halus

Untuk mengetahui mutu pasir, dilakukan berbagai jenis pengujian. Salah satu metode yang digunakan adalah uji kadar lumpur melalui metode pengendapan. Pengujian ini harus mengacu pada standar SK SNI S-04-1989-F, yang menetapkan bahwa kandungan lumpur maksimum pada agregat halus (pasir) adalah 5%,

sedangkan untuk agregat kasar (kerikil/split) batasnya adalah 1% (batubara et al 2022.)

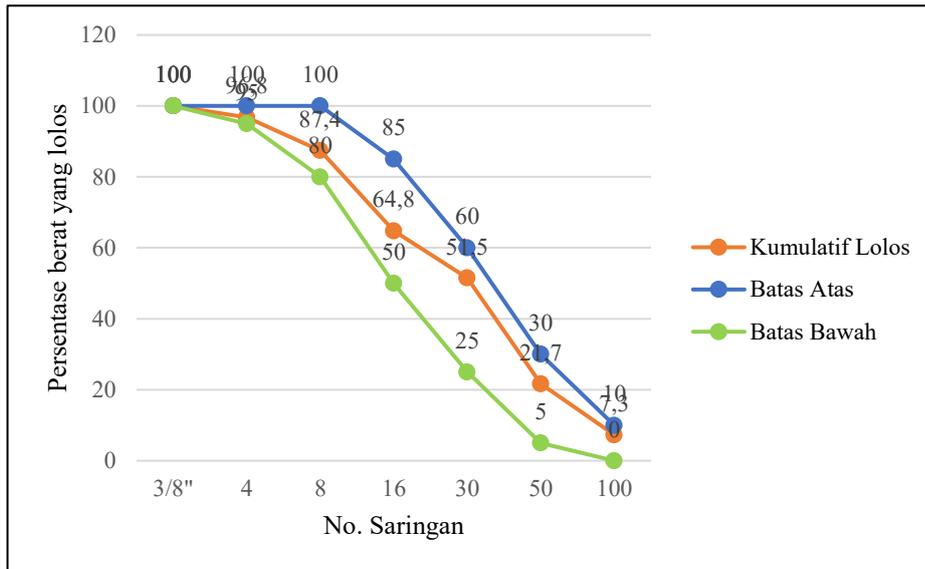
Hasil uji kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1. Berdasarkan studi yang disebutkan di atas, kadar lumpur rata-rata sekitar 2,88%. Karena nilai ini berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan, yaitu 5% sesuai dengan SK SNI S-04-1989-F, agregat dapat digunakan tanpa perlu melakukan prosedur pencucian sebelum pencampuran.



Gambar 4.1: Grafik kadar lumpur agregat halus.

4.2.1.2 Analisa Saringan Agregat Halus

Menurut SK SNI S-04-1989-F (1989), analisis saringan dilakukan pada metode analisis saringan agregat halus. Hasil analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Gambar 4.2.

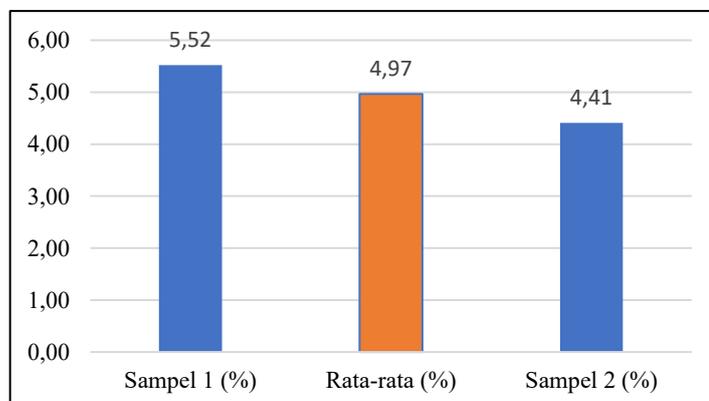


Gambar 4.2: Grafik analisa gradasi agregat halus.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai sebesar 2,70%. Nilai ini masih berada dalam rentang yang diperkenankan untuk agregat halus, yakni antara 1,5% hingga 3,8% sesuai ketentuan standar. Dengan nilai tersebut, agregat diklasifikasikan ke dalam Zona 2, yang termasuk kategori pasir sedang berdasarkan gradasinya.

4.2.1.3 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air pada agregat halus bertujuan untuk menentukan rasio antara kandungan air yang terdapat dalam agregat terhadap beratnya dalam kondisi oven-dry (kering mutlak).



Gambar 4.3: Grafik kadar air agregat halus

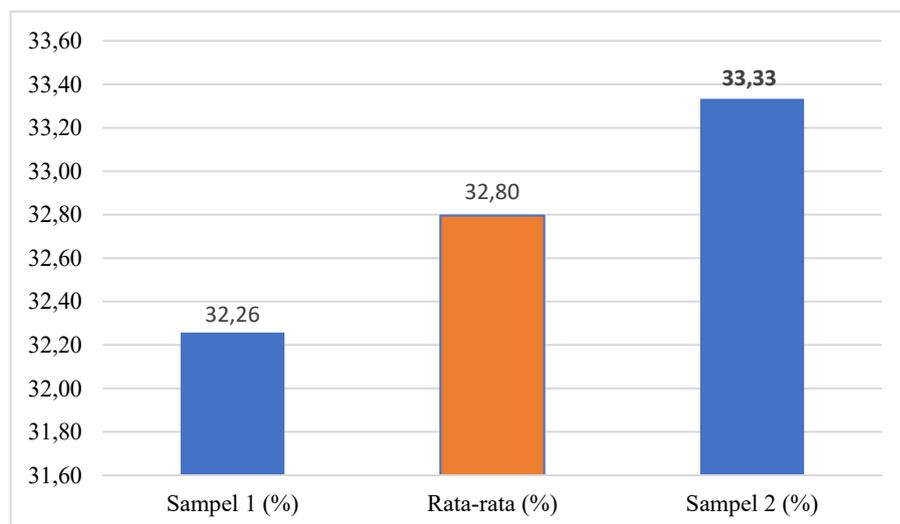
Hasil lengkap dari pengujian tersebut disajikan dalam Lampiran 3. Dari dua kali percobaan, diperoleh kadar air sebesar 5,52% pada percobaan pertama dan 4,41% pada percobaan kedua, dengan rata-rata sebesar 4,97%. Seluruh hasil pengujian berada dalam kisaran standar yang ditetapkan, yaitu antara 2,0% hingga 20%.

4.2.2 Pemeriksaan Tanah

Pemeriksaan terhadap tanah memiliki peranan krusial dalam menilai kelayakan material sebagai bahan baku, terutama dalam menentukan kadar air yang terkandung di dalamnya guna memastikan kesesuaiannya dengan standar mutu yang telah ditetapkan.

4.2.2.1 Kadar Air Tanah Merah

Pengujian kadar air tanah dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1995-1990, yang bertujuan untuk mengetahui dan mengukur jumlah air yang terkandung dalam sampel tanah. Kadar air adalah rasio antara berat air dalam tanah dan berat tanah dalam kondisi kering, dilambangkan dengan notasi w dan dinyatakan dalam bentuk persentase (%).

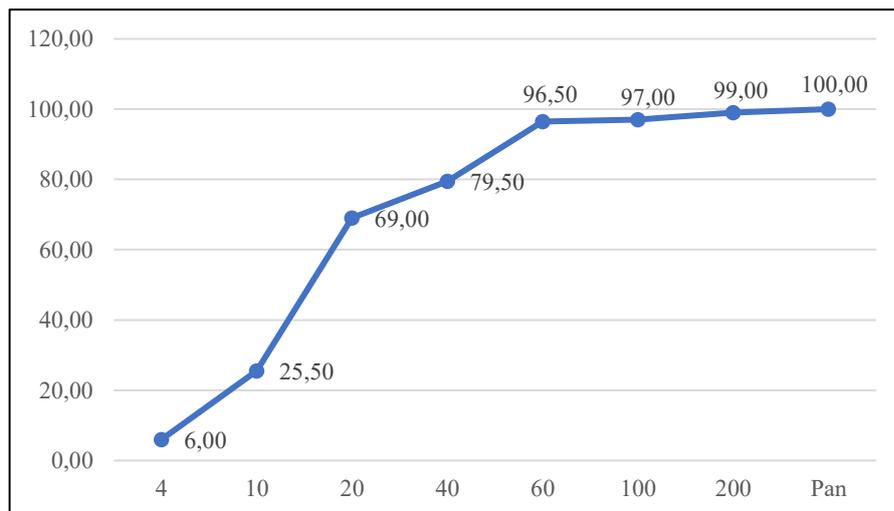


Gambar 4.4: Grafik kadar air tanah merah.

Berdasarkan hasil pengujian pada tanah merah sebagaimana tercantum dalam Lampiran 5, diperoleh nilai rata-rata kadar air sebesar 32,8%, yang masih berada dalam kisaran standar yang diperbolehkan, yaitu antara 20% hingga 100%.

4.2.2.2 Analisa Saringan Tanah Merah

Pengujian analisis butiran dilakukan melalui metode pengayakan dengan menggunakan alat bergetar dan satu set ayakan yang tersusun berdasarkan urutan diameter bukaan dari terbesar hingga terkecil. Proses ini difokuskan pada fraksi tanah yang tertahan pada ayakan No. 200. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5, hasil pengujian tanah merah menunjukkan bahwa tanah tersebut termasuk dalam kategori tanah berbutir kasar, karena jumlah partikel yang lolos dari saringan No. 200 kurang dari 50%, yaitu hanya sebesar 2%.



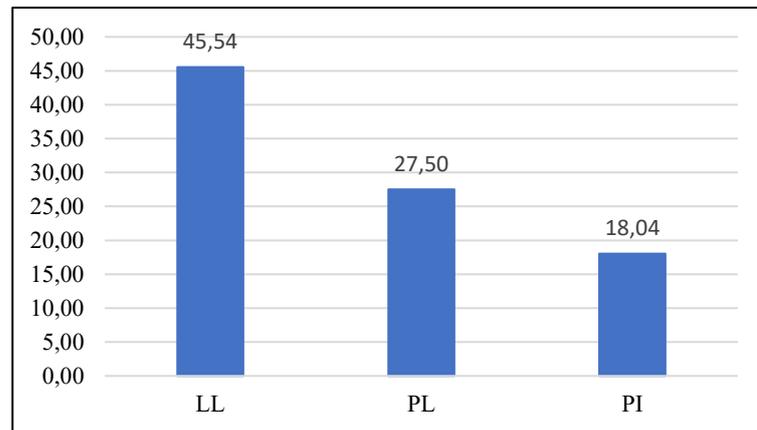
Gambar 4.5: Grafik kumulatif tanah merah.

4.2.2.3 Indeks Plastisitas Tanah Merah

Pengujian indeks plastisitas tanah dilakukan berdasarkan prosedur dalam SNI 15-2094-2000, yang bertujuan untuk menentukan karakteristik transisi tanah dari kondisi cair ke plastis. Batas cair (Liquid Limit/LL) merupakan kadar air pada batas peralihan antara fase plastis dan cair, yang diperoleh melalui metode Casagrande. Hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk

menyebabkan penutupan alur sepanjang 12,7 mm diplot pada grafik semi-logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 pukulan.

Batas plastis (Plastic Limit/PL) adalah kadar air di mana tanah mulai kehilangan sifat plastis dan menunjukkan retakan saat digulung menjadi silinder berdiameter 3,2 mm. Selanjutnya, Indeks plastisitas (Plasticity Index/PI) dihitung sebagai selisih antara LL dan PL ($PI = LL - PL$), yang mencerminkan tingkat plastisitas tanah. Nilai PI yang tinggi menunjukkan dominasi fraksi lempung halus dalam tanah, yang berpotensi menyebabkan perubahan volume signifikan akibat variasi kadar air. Sebaliknya, tanah dengan nilai PI rendah, seperti lanau, cenderung cepat mengering dan memiliki plastisitas yang rendah.



Gambar 4.6: Grafik plastisitas tanah merah.

Hasil pengujian batas Atterberg pada sampel tanah menunjukkan nilai batas cair (Liquid Limit, LL) sebesar 45,54% dan batas plastis (Plastic Limit, PL) sebesar 27,50%. Berdasarkan perhitungan indeks plastisitas (Plasticity Index, PI) menggunakan rumus $PI = LL - PL$, diperoleh nilai PI sebesar 18,04%. Nilai ini merepresentasikan rentang kadar air di mana tanah berada pada kondisi plastis, serta menjadi parameter penting dalam menentukan klasifikasi tanah menurut sistem USCS atau AASHTO. Dengan besaran PI tersebut, tanah dapat dikategorikan memiliki plastisitas menengah, yang mengindikasikan sifat kembang-susut sedang serta potensi perubahan volume yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan konstruksi.

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian BT3B

Bagian ini menguraikan hasil uji dan evaluasi yang diperoleh dari proses pengujian sifat tampak, *water absorption*, *density bata*, Durability, kuat tekan bata, efflorescence, Thermal conductivity.

4.3.1 Sifat Tampak BT3B

Pengujian awal terhadap material bata dilakukan melalui inspeksi visual untuk mengevaluasi sifat tampak (*visual appearance*) yang meliputi warna, bentuk geometris, keseragaman dimensi, kekompakan permukaan, keberadaan cacat fisik (retakan, rongga, atau pori), serta keseragaman antar unit. Pengamatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa bata memenuhi standar mutu visual sesuai dengan referensi teknis yang berlaku seperti SNI 15-2094-2000. Bentuk bata tergolong cukup baik, dengan tingkat presisi dimensi yang relatif stabil. Dari pengukuran acak terhadap 10 sampel bata, rata-rata panjang berkisar antara 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 5 – 5,5 cm.



Gambar 4.7: Benda uji sifat tampak.

4.3.2 Pengujian Water Absorption

Pengujian daya serap air pada bata tanpa pembakaran dilakukan dengan metode perbandingan massa, yaitu menghitung selisih antara massa basah dan massa kering dari sampel setelah proses perendaman selama 24 jam. Nilai daya serap dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap massa kering. Mengacu pada

ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI), batas maksimum daya serap air yang diperkenankan untuk batu bata merah adalah 20%, guna memastikan kualitas dan ketahanan material terhadap pengaruh kelembaban. Hasil dari pengujian daya air bata tanpa bakar untuk tanah merah dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.

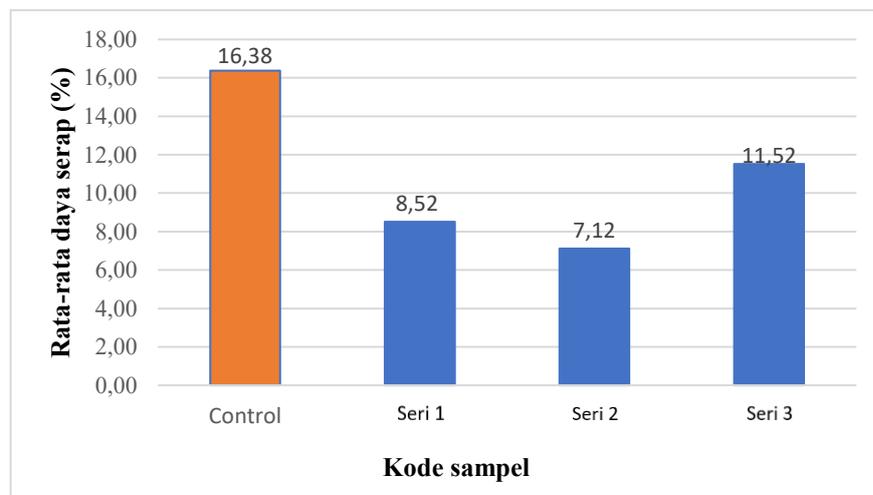


a.) Benda uji daya serap air



b.) Pengeringan Benda uji

Gambar 4.8: Benda uji water absorption.



Gambar 4.9: Grafik *water absorption*.

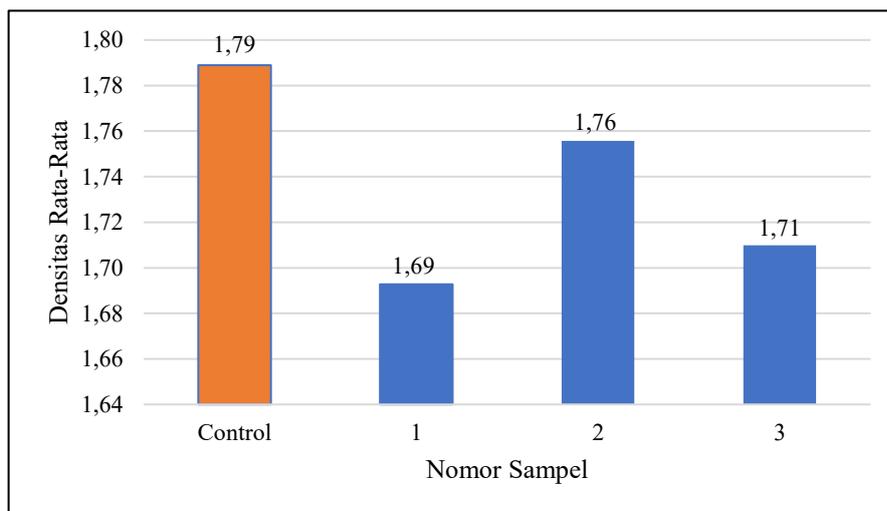
Hasil pengujian penyerapan air menunjukkan bahwa seluruh sampel bata memiliki nilai daya serap yang berada di bawah ambang batas maksimum 20% sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2094-2000). Nilai penyerapan air pada bata kontrol tanpa campuran kapur tercatat sebesar 16,38%. Sementara itu, penambahan kapur pada campuran bata menunjukkan penurunan signifikan terhadap daya serap air, dengan rincian sebagai berikut: bata dengan

campuran kapur seri 1 sebesar 8,52%, seri 2 sebesar 7,12%, dan seri 3 sebesar 11,52%.

Penurunan daya serap air ini mengindikasikan bahwa penambahan kapur berkontribusi terhadap peningkatan kepadatan mikrostruktur bata, sehingga mengurangi porositas dan meningkatkan ketahanan terhadap penetrasi air. Terutama pada campuran kapur seri 2, nilai daya serap air yang paling rendah menunjukkan efisiensi maksimum dari modifikasi komposisi material terhadap karakteristik fisik bata. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa modifikasi campuran dengan bahan kapur dapat secara efektif meningkatkan kualitas fisis bata, menjadikannya lebih layak untuk digunakan dalam elemen konstruksi yang membutuhkan ketahanan terhadap kelembaban dan pelapukan.

4.3.3 Density BT3B

Berat jenis (density) merupakan besaran yang menyatakan massa material per satuan volume. Untuk memperoleh nilai densitas suatu sampel secara akurat, diperlukan pengukuran massa dalam kondisi kering oven (oven dry mass) serta perhitungan volume berdasarkan dimensi fisik benda uji, yaitu panjang, lebar, dan tinggi. Hasil dari pengujian density BT3B untuk tanah merah dapat dilihat pada Gambar 4.10.

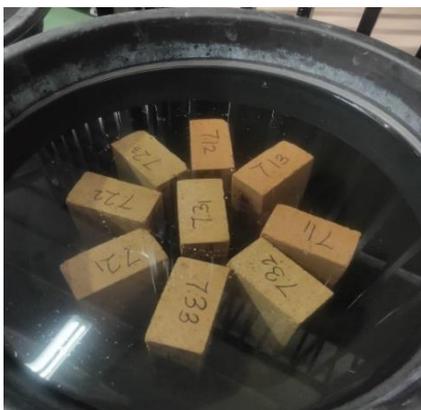


Gambar 4.10 Grafik densitas BT3B.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bata kontrol tanpa campuran kapur memiliki nilai densitas sebesar $1,79 \text{ g/cm}^3$. Pada bata dengan campuran kapur, terjadi penurunan densitas secara bertahap, yaitu sebesar $1,69 \text{ g/cm}^3$ untuk seri 1, $1,76 \text{ g/cm}^3$ untuk seri 2, dan $1,71 \text{ g/cm}^3$ pada seri 3. Penurunan densitas ini mengindikasikan bahwa penambahan kapur dalam komposisi adukan menyebabkan berkurangnya massa jenis bata, yang kemungkinan disebabkan oleh rendahnya berat jenis kapur dan peningkatan porositas material.

4.3.4 Durability BT3B

Pengujian ketahanan menggunakan metode *drying and wetting* pada bata tanpa proses pembakaran bertujuan untuk menilai durabilitas material terhadap perubahan kondisi lingkungan yang bersifat siklik. Prosedur pengujian dilakukan dengan merendam sampel bata selama 5 jam, kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 19 jam. Siklus ini diulang sebanyak 12 kali. Evaluasi daya tahan dilakukan dengan menghitung persentase perubahan massa antara kondisi basah dan kering pada setiap siklus, yang mencerminkan tingkat degradasi material akibat pelunakan oleh air dan pengeringan berulang. Nilai perubahan massa yang relatif rendah mengindikasikan stabilitas dimensi dan ketahanan material terhadap siklus pelapukan fisik. Berikut hasil pengujian dan proses uji daya tahan dengan metode *drying and wetting* pada bata tanpa bakar dapat dilihat pada Gambar 4.11.

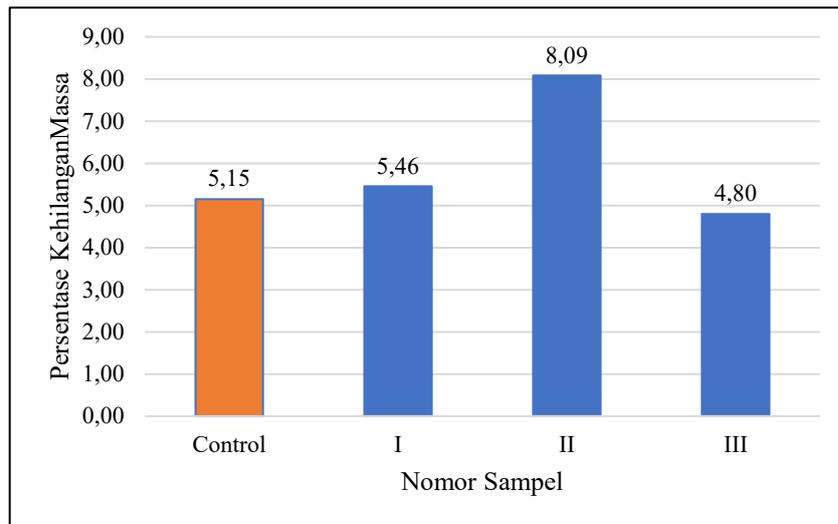


a.) Proses perendaman bata



b.) Proses Pengeringan bata

Gambar 4.11: Benda uji durability bata.



Gambar 4.12: Grafik durability BT3B.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai penurunan massa pada bata kontrol sebesar 5,15%, sedangkan pada bata campuran menunjukkan variasi hasil, yaitu 5,46% untuk seri 1, 8,09% untuk seri 2, dan 4,80% untuk seri 3. Nilai tersebut menunjukkan bahwa bata campuran seri 2 mengalami tingkat degradasi tertinggi selama siklus pengujian, yang mengindikasikan resistensi terendah terhadap pelapukan fisik. Sebaliknya, bata campuran seri 3 menunjukkan penurunan massa paling rendah, menandakan stabilitas material yang relatif lebih baik terhadap pengaruh perendaman dan pengeringan. Secara teknis, perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh variasi komposisi material yang mempengaruhi porositas, ikatan antarpartikel, dan kemampuan mempertahankan massa selama siklus lingkungan.

4.3.5 Kuat Tekan BT3B

Untuk menentukan kekuatan tekan sampel, diperlukan dua parameter penting: luas bata (A) dan beban tekan (gaya tekan F). Pers. 3.8.4 menunjukkan penentuan kekuatan tekan bata.



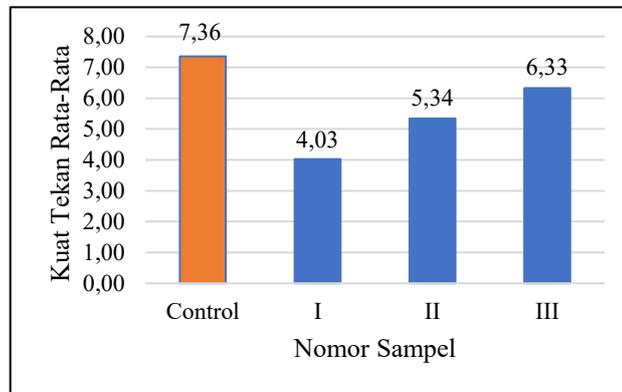
Gambar 4.13: Proses pengujian kuat tekan bata.



Gambar 4.14: Hasil pengujian kuat tekan.

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan terhadap sampel bata merah, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis komparatif terhadap hasil pengujian tersebut dengan merujuk pada ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2094-2000) tentang spesifikasi teknis bata merah untuk pasangan dinding. Evaluasi ini bertujuan untuk menentukan apakah nilai rata-rata kuat tekan yang diperoleh dari hasil pengujian memenuhi kriteria minimal yang dipersyaratkan dalam standar tersebut. Selain itu, analisis juga mencakup penilaian terhadap koefisien variasi dari data hasil pengujian guna menilai tingkat homogenitas dan konsistensi mutu antar sampel. Kedua parameter tersebut—yakni kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi—harus berada dalam rentang nilai yang diperkenankan oleh SNI agar bata merah tersebut dapat dinyatakan layak secara teknis untuk

digunakan sebagai material konstruksi struktural maupun non-struktural. Berikut ini gambar hasil pengujian kuat tekan bata.



Gambar 4.15: Grafik kuat tekan bata.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa sampel kontrol memiliki nilai kuat tekan sebesar 7,36 MPa, sedangkan sampel pada seri 1, seri 2, dan seri 3 masing-masing menunjukkan nilai sebesar 4,03 MPa, 5,34 MPa, dan 6,33 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, terjadi penurunan kuat tekan pada seluruh variasi dibandingkan dengan nilai kontrol. Nilai kuat tekan seri 1 mengalami penurunan sebesar 45,25%, seri 2 sebesar 27,45%, dan seri 3 sebesar 14,00% dari nilai kontrol. Variasi ini mencerminkan adanya pengaruh parameter perlakuan terhadap kekuatan material. Selanjutnya, seluruh nilai hasil pengujian dianalisis dan dibandingkan dengan persyaratan minimum kuat tekan yang ditetapkan dalam SNI 15-2094-2000 guna menentukan tingkat kesesuaian dan kelayakan penggunaan bata sebagai elemen konstruksi.

4.3.6 *Efflorescence* BT3B

Hasil pengujian kandungan kadar garam pada bata tanpa bakar yang menggunakan tanah meraha disajikan pada Gambar 4.11.

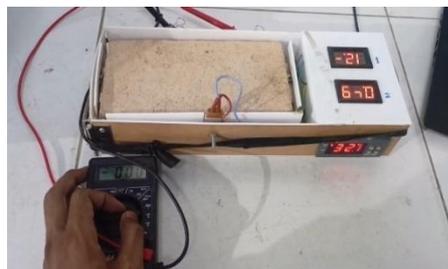


Gambar 4.16: Proses pengujian kadar garam.

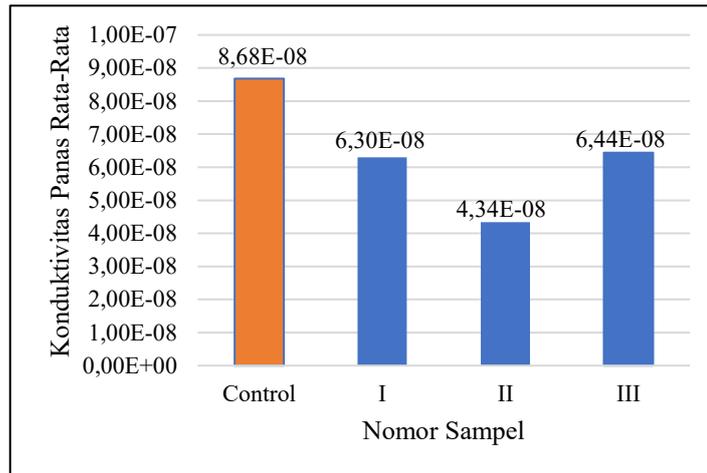
Merujuk pada hasil pengujian yang tercantum pada Gambar 4.12 serta Lampiran 11, kadar garam pada bata dengan empat variasi pengujian tercatat sebesar 0%. Nilai ini berada jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI, sehingga tidak menimbulkan potensi bahaya terhadap kualitas maupun kinerja bata. Sesuai ketentuan SNI, kadar garam pada bata dikategorikan membahayakan apabila melebihi 50% dari massa atau hingga menutupi seluruh permukaan bata.

4.3.7 *Thermal conductivity* BT3B

Material dengan koefisien konduktivitas termal rendah menunjukkan kinerja isolasi panas yang optimal, sehingga mampu menghambat perpindahan kalor. Sebaliknya, material dengan koefisien konduktivitas termal tinggi memiliki kemampuan transfer panas yang tinggi dan berperan sebagai penghantar kalor yang efisien. Pengujian *thermal conductivity* bata tanpa bakar untuk tanah merah dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.17: Proses pengujian *thermal conductivity*.



Gambar 4.18: Grafik thermal conductivity.

Berdasarkan hasil uji konduktivitas termal yang dilakukan sesuai prosedur pengujian material bangunan, diperoleh nilai konduktivitas termal (λ) pada sampel bata kontrol sebesar 8,68E-08. Nilai ini menunjukkan tingkat kemampuan hantaran panas pada bata tanpa modifikasi. Pada sampel Bata Seri 1, nilai konduktivitas termal terukur sebesar 6,30E-08, sedangkan pada Bata Seri 2 nilai konduktivitas termal mencapai 4,340E-08, yang merupakan nilai terendah di antara seluruh sampel. Adapun Bata Seri 3 memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 6,44E-08.

Perbandingan nilai konduktivitas termal menunjukkan bahwa seluruh sampel modifikasi memiliki nilai λ lebih rendah dibandingkan bata kontrol. Hal ini mengindikasikan terjadinya penurunan kemampuan hantaran panas dan peningkatan sifat isolasi termal. Penurunan terbesar terjadi pada Bata Seri 2, yang mengalami reduksi nilai λ sekitar 50,00% dari nilai kontrol. Fenomena ini secara teknis dapat disebabkan oleh perubahan struktur pori internal, komposisi material penyusun, atau densitas yang lebih rendah, sehingga menghambat perambatan panas melalui konduksi. Dengan demikian, dari perspektif teknis, Bata Seri 2 memiliki kinerja isolasi termal paling efektif di antara seluruh sampel yang diuji.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat di tarik Kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh penggunaan campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap sifat fisik dan mekanik pada BT3B berbahan tanah merah.
 - A. Secara karakteristik fisik, penambahan kalsium hidroksida pada spesimen BT3B tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap mutu tampak. Baik spesimen BT3B dengan maupun tanpa penambahan kalsium oksida menunjukkan morfologi yang terjaga, ditandai oleh ketegasan sudut siku, kerataan bidang permukaan, serta homogenitas warna dan dimensi yang konsisten dengan spesifikasi cetakan awal.
 - B. Secara mekanik, BT3B dengan kalsium hidroksida unggul pada konduktivitas panas sebesar $4,34\text{E}-08$ pada seri II, Nilai density sebesar $1,69 \text{ gr/cm}^3$ pada seri I, dan presentasi kehilangan massa pada pengujian Durability sebesar 4,80% pada seri III, sedangkan BT3B tanpa kalsium Hidroksida memiliki kuat tekan sebesar 7,36 MPa dan diikuti BT3B dengan campuran kalsium hidroksida yakni sebesar 6,33 Mpa pada seri III dan nilai water absorption control sebesar 16,38% lebih tinggi dibanding variasi seri III dengan penambahan kalsium hidroksida sebesar 11,52%.
2. Komposisi yang baik untuk mendapatkan BT3B berbahan tanah merah dan campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan sifat fisik dan mekanik yang optimal
 - A. Bata dengan campuran kalsium hidroksida yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang optimal didapat dengan komposisi BT3B sesuai pada komposisi seri III, yakni untuk seri III 75% : 0% : 15% : 10%.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan penelitian, disarankan dilakukan studi lanjutan mengenai pengaruh variabel umur pengeringan BT3B pada interval 7, 14, dan 28 hari. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif keterkaitan usia material terhadap parameter kinerja, meliputi kuat tekan, daya serap air, kadar garam, ketahanan fisik, dan konduktivitas termal, dengan mempertahankan rasio komposisi material yang konstan.
2. Diperlukan studi lanjutan untuk menentukan batas optimum proporsi penambahan serbuk kulit telur dalam campuran batu bata, sehingga diperoleh performa material yang maksimal. Selain itu, proses aplikasi mortar pada pemasangan bata perlu dioptimalkan guna memastikan keteraturan susunan serta peningkatan kekuatan ikatan antar elemen

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, C., Tebu, A., Fly, D., Sebagai, A., Sebagian, P., Liat, T., Hidayatulloh, M. A., Murtiono, E. S., & Siswanto, B. (2024). *Analisis Nilai Fisis Dan Mekanis Batu Bata Tanpa Proses Pembakaran Dengan Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan , Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan , Universitas Sebelas Maret Surakarta*. 10(1), 1–9.
- Amin, M. (2014). Inovasi Material pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar untuk Kemakmuran Industri Kerakyatan. *Jurnal Kelitbangan*, 02(03), 13–31.
- Andre, Y., & Nugraha, T. (2010). Perbaikan Sifat Mekanis Batu Bata Tanpa Dibakar dengan Campuran Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 13(1), 41–49.
- Andri. (2012). $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$.
- Ariestha, A. Y. (2018). Aplikasi Rspnse Surface Method (RSM) Untuk Mengoptimalkan Kualitas Bata Non Bakar. *Universitas Mataram*, 3.
- Darwis, D., Ulum, S., & Kurniawan, G. (2015). Pembuatan Dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Oxide (Tio₂) Menggunakan Metode Sol-Gel. *Prosiding SNF-MKS 2015*, 62–66.
- Darwis, D., Ulum, S., & Kurniawan, G. (2016). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Banawa. *Prosiding SNF-MKS 2015 Karakteristik*, 15(2), 1–19.
- Deslina Zebua, & K. Sinulingga. (2018). Jurnal einstein. *Bioilmi Edisi Agustus*, 1(1), 72–82.
http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0263034606000267%0Ahttp://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JAI/article/view/2452/2063%0Ahttps://jurnalfarmasimalahayati.sch.id/index.php/jfm/article/download/7/3/
- Dini, M., Apriani, I., & Sutrisno, H. (2021). Kajian Mekanik Batu Bata Dengan Metode Pembakaran Dan Tanpa Dibakar Menggunakan Limbah Lumpur Pdam. *JURLIS: Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura*, 2(2), 71–80.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jurlis/article/view/50096>
- Dwi Apriastuti, E., Pitulima, J., Jurusan Teknik Pertambangan, M., Bangka Belitung, U., Pengajar, S., & Teknik Pertambangan, J. (2017). *Pengaruh Penambahan NaOH dan Ca(OH)₂ Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat (Fe) di Kolong Tambang 23 Desa Kimhin Kecamatan Sungailiat (The effect of the addition NaOH and Ca(OH)₂ at reduced levels of heavy metal (Fe) in Tambang 23 Kimhin Village of Sunga*. 2(2), 1–6.
- Elianora. (2010). Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan Pasir Sebagai Bahan Campuran Batu Bata. *Jurnal Teknobiologi*, 2(2), 34–46.
- Fitriani, R. (2022). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Semen Portland

pada Batu Bata Tanpa Pembakaran terhadap Sifat Fisis dan Mekanik. *γ787*, 1(8.5.2017), 2003–2005. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>

- 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. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i1.852>
- Frapanti, S., Vanny Riza, F., Zulkarnain, F., & Rudi Nasution, A. (2024). *Analisa Pembuatan Bata Tanpa Bakar Dari Limbah Pertanian Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Polusi Udara Analysis Of Making Bricks Without Burning From Bagasse Ash Agricultural Waste To Reduce Air Pollution*. 10(01), 10–19. <http://doi.org/10.33506/rb.v10i1.2805> Website: <https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>
- Hakas, P., Aji, S. E., & Fadillawaty, S. (2018). Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Bata Merah Di Yogyakarta. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(2), 94–104.
- Handayani, S. (2010). Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(1), 41–50.
- Handoko, D., & Pujarianto, P. (2024). Pengaruh Komposisi Pasir Kuarsa Terhadap Sifat Bata Tahan Api (Firebrick) Berbahan Kaolin Dan Fly Ash. *Jurnal Mesin Nusantara*, 7(1), 113–125. <https://doi.org/10.29407/jmn.v7i1.21978>
- Harnadi, I. T., & Hartantyo, S. D. (2022). Pembuatan Batu Bata Merah Tanpa Bakar Dengan Campuran Sludge (Limbah Padat). *Jurnal Sipil Sains*, 12(2), 132–134. <https://doi.org/10.33387/sipilsains.v12i2.3359>
- Hasanah, M. S., Yushardi, Y., & Lesmono, A. D. (2021). Uji Kuat Tekan Daya Serap Air Dan Massa Jenis Batu Bata Merah Berbahan Tambahan Abu Kulit Dan Janggal Jagung Di Wuluhan Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(2), 41. <https://doi.org/10.19184/jpf.v10i2.24675>
- 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.
- Kalalimbong, A. (2014). Kerusakan Jalan Akibat Pengaruh Kalsium Oksida Pada Ruas Jalan Nasional Padalarang-Cianjur. *Jurnal TEKNOLOGI*, 11(1), 1187–1192.
- Khatimah, H., Rauf, B., T, P., & Yafendi, R. (2023). Analisis Variasi Komposisi Abu Sekam Padi Terhadap Penyerapan Air Bata Merah Pejal. *Jurnal Saintek Patompo*, 1(1), 6–10.
- Maryunani, W. P., & Arnandha, Y. (2013). BATU BATA NON BAKAR SOLUSI ALTERNATIF BAHAN KONSTRUKSI RAMAH LINGKUNGAN. *Jurnal Penelitian Inovasi*.
- Masdiana, Sulha, Nasrul, Ahmad, S. N., & Fitriah. (2019). *Studi Perilaku Tekan*

Batu Bata Tanpa Bakar. April 2020, 316–322.

- Muhammad, F. I., & Kusdian, R. D. (2021). Pengaruh Penggunaan Produk Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 1(1), 42. <https://doi.org/10.32897/simteks.v1i1.803>
- Muntohar, a. S. (2009). Influence of Plastic Waste Fibers on the Strength of Lime-Rice. *Civil Engineering Dimension*, 11(1), 32–40. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ/article/view/17028>
- Oti, J. E., Kinuthia, J. M., & Bai, J. (2009). Engineering properties of unfired clay masonry bricks. *Engineering Geology*, 107(3–4), 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.05.002>
- Oti, J. E., Kinuthia, J. M., & Bai, J. (2010). Design thermal values for unfired clay bricks. *Materials and Design*, 31(1), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.07.011>
- Rahayu, Herliana, & Azuna, M. (2019). Penggunaan abu tongkol jagung sebagai bahan ganti separa simen dalam penghasiian bata tanpa bakar. *Green Technology & Engineering Seminar*, 50–57. <http://repository.psa.edu.my/handle/123456789/2193>
- Rangan, P. R., R Dendo, E. A., Matana, H., Manga, J., Lodi Honta, Z., Kalapadang, E., Lotim, Y. B., Pasarrin, Y., & Kunci, K. (2021). Stabilisasi Tanah Dengan Menggunakan CalciumHidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. *Journal Dynamic SainT*, 6(2), 22–34. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5xx.xxxx>
- 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., 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>
- Riza, F. V., Rahman, I. A., & Zaidi, A. M. A. (2011). Possibility of Lime as a Stabilizer in Compressed Earth Brick (CEB). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 1(6), 582. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.1.6.117>
- 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>
- Witjaksana, B., Sarya, G., & Widhiarto, H. (2016). Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar Dengan Campuran Sodium Hiroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na_2SiO_3). *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag*, 01(01), 25–32.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Kadar lumpur agregat halus

KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS			
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1)	gr	510	508
Berat agregat halus sebelum dicuci (W2)	gr	500	500
Berat agregat halus setelah dicuci dan dikeringkan (W3)	gr	487	485
Berat lumpur (W4)	gr	13	15
Kadar Lumpur	%	2,67	3,09
Kadar lumpur rata-rata	%	2,88	

Lampiran 2: Analisa saringan agregat halus

ANALISA GRADASI AGREGAT HALUS				
No.	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
Saringan				
3/8"	0	0	0	100
4	32	3,2	3,2	96,8
8	94	9,4	12,6	87,4
16	226	22,6	35,2	64,8
30	133	13,3	48,5	51,5
50	298	29,8	78,3	21,7
100	144	14,4	92,7	7,3
Pan	73	7,3	100	0
Total	1000	100	270,5	

Lampiran 3: Kadar air agregat halus

KADAR AIR AGREGAT HALUS			
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	2000	2000
Berat contoh SSD	gr	1490	1492
Berat contoh kering oven dan berat wadah	gr	1923	1937
Berat wadah	gr	511	508
Berat air	gr	78	63
Berat contoh kering	gr	1412	1429
Kadar air	%	5,52	4,41
Kadar air rata-rata	%	4,97	

Lampiran 4: Kadar air tanah merah

Kadar air tanah lanau		
No. cawan	Sampel 1	Sampel 2
Berat cawan (W1)	9	9
Berat cawan + tanah basah (W2)	50	49
Berat cawan + tanah kering (W3)	40	39
Berat air	10	10
Berat tanah kering (W3-W1)	31	30
Kadar air (w)	32,26	33,33
Rata-rata (%)	32,80	

Lampiran 5: Analisa saringan tanah merah.

No.	Diameter	Berat tanah	Berat tanah	Kumulatif	Tanah
Saringan	lubang	tertahan	tertahan	dari tanah	lolos
	saringan	saringan	saringan	tertahan	saringan
	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
4	4,57	60	6,00	6,00	94,00
10	2	195	19,50	25,50	74,50
20	0,85	435	43,50	69,00	31,00
40	0,425	105	10,50	79,50	20,50
60	0,25	170	17,00	96,50	3,50
100	0,15	5	0,50	97,00	3,00
200	0,075	20	2,00	99,00	1,00
Pan		10	1,00	100,00	0,00
Jumlah		1000			

Lampiran 6: Indeks plastisitas tanah merah.

Batas Cair (Liquid Limit) 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 (W1)	gr	10	10	8	10	10	8
4	Cawan+T.Bas(W2)	gr	27	22	28	21	20	21
5	Cawan+T.Ker (W3)	gr	22	18	23	17	18	18
6	Berat Air (Ww)	gr	5	4	5	4	2	3
7	Berat T. Ker (W5)	gr	12	8	15	7	8	10
8	Kadar Air	%	41,67	50,00	33,33	57,14	25,00	30,00
9	Kadar Air Rata2	%	45,54				27,50	

Lampiran 7 : Sifat Tampak BT3B

No. Sampel	Sudut Siku		Nyaring Dipukul		Warna Seragam		Tidak Retak		Datar	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
Control	S	S	TS	TS	S	S	S	S	S	S
I	S	S	TS	TS	S	S	S	S	S	S
II	S	S	TS	TS	S	S	S	S	S	S
III	S	S	TS	TS	S	S	S	S	S	S

Lampiran 8 : Pengujian Water Absorption

Sample	Series	Wet Weight	Dry Weight	Water Absorption	Water Absorption Rata-Rata
		W _w	W _D	D _s	D _s
		(gr)	(gr)	(%)	(%)
Merah	1	2015	1735	0,16	16,38
	2	2020	1700	0,19	
	3	2015	1765	0,14	
1	1	2045	1985	0,03	8,52
	2	2035	1925	0,06	
	3	2015	1725	0,17	
2	1	2020	1800	0,12	7,12
	2	1995	1895	0,05	
	3	2015	1940	0,04	
3	1	2045	1815	0,13	11,52
	2	2055	1825	0,13	
	3	2060	1885	0,09	

Lampiran 9 : Density Bata

Series	Sampel	Massa	Dimension			Volume	Density	Density
		m	length	width	height	v	ρ	ρ
		(gr)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)
Control	1	1780	10	19,9	5	995	1,789	1,789
	2	1780	10	19,9	5	995	1,789	
	3	1780	10	19,9	5	995	1,789	
1	1	1735	10	19,9	5,2	1034,8	1,677	1,693
	2	1745	10	19,9	5,2	1034,8	1,686	
	3	1775	10	19,9	5,2	1034,8	1,715	
2	1	1850	10	19,9	5,3	1054,7	1,754	1,756
	2	1835	10	19,9	5,2	1034,8	1,773	
	3	1835	10	19,9	5,3	1054,7	1,740	
3	1	1805	10	19,9	5,3	1054,7	1,711	1,710
	2	1830	10	19,9	5,4	1074,6	1,703	
	3	1775	10	19,9	5,2	1034,8	1,715	

Lampiran 10 : Durability BT3B

Sample	Series	Test Object Weight														Durability (%)	Durability (%)
		Initial Brick Weight (W ₀)	Weight Of Each Test Brick												Final Brick Weight (W ₁₂)		
			W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀	W ₁₁				
(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)			
Merah	1	1780	1925	1700	1710	1645	1655	1655	1650	1640	1655	1645	1650	1660	6,74	5,15	
	2	1780	1710	1690	1695	1665	1675	1785	1710	1705	1705	1735	1720	1710	3,93		
	3	1780	1910	1690	1700	1645	1720	1650	1705	1770	1665	1670	1690	1695	4,78		
1	1	1750	1985	1595	1675	1600	1615	1695	1675	1620	1640	1770	1650	1670	4,57	5,46	
	2	1750	1925	1675	1600	1570	1620	1665	1720	1785	1610	1650	1685	1645	6,00		
	3	1725	1725	1675	1955	1575	1675	1630	1680	1725	1610	1600	1705	1625	5,80		
2	1	1820	1800	1595	1960	1615	1635	1770	1735	1830	1650	1645	1725	1735	4,67	8,09	
	2	1805	1895	1635	1950	1800	1805	1725	1735	1735	1715	1700	1755	1630	9,70		
	3	1820	1940	1740	1980	1630	1765	1725	1760	1825	1640	1660	1785	1640	9,89		
3	1	1835	1815	1885	2020	1645	1705	1750	1700	1645	1635	1685	1700	1775	3,27	4,80	
	2	1835	1825	1680	2005	1635	1645	1735	1685	1625	1635	1730	1685	1695	7,63		
	3	1860	1885	1750	1755	1650	1845	1735	1705	1675	1740	1755	1735	1795	3,49		

Lampiran 11 : Kuat Tekan Bata

Sample	Series	Maximum Load	Dimension		Sectional Area	Compressive Strength	pressive Strength Rata-
		P	length	width	A	σ	σ
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(Mpa)	(Mpa)
Merah	1	15000	10	20	200	7,36	7,36
	2	14500	10	20	200	7,11	
	3	15500	10	20	200	7,60	
1	1	8000	10	19,9	199	3,94	4,03
	2	6000	10	19,9	199	2,96	
	3	10500	10	19,9	199	5,18	
2	1	12000	10	19,9	199	5,92	5,34
	2	9500	10	19,9	199	4,68	
	3	11000	10	19,9	199	5,42	
3	1	8500	10	19,9	199	4,19	6,33
	2	15000	10	19,9	199	7,39	
	3	15000	10	19,9	199	7,39	

Lampiran 12 : Efflorescence BT3B

Sampel	Seri	Dimensi BT3B (mm)		Luas BT3B (mm ²)	Dimensi Kadar Garam		Luasan Kadar Garam (mm)	Persentase Kadar Garam (%)
		Panjang	Lebar		Lebar	Panjang		
Control	1	200	100	20000	0	0	0	0
	2	200	100	20000	0	0	0	0
	3	200	100	20000	0	0	0	0
I	1	200	100	20000	0	0	0	0
	2	200	100	20000	0	0	0	0
	3	200	100	20000	0	0	0	0
II	1	200	100	20000	0	0	0	0
	2	200	100	20000	0	0	0	0
	3	200	100	20000	0	0	0	0
III	1	200	100	20000	0	0	0	0
	2	200	100	20000	0	0	0	0
	3	200	100	20000	0	0	0	0

Lampiran 13 : Thermal conductivity

Variasi	Jumlah sampel	Waktu (s)	Tegangan		Arus (A)	Tebal Material (s)	Suhu Sebelum Uji T1	Suhu Setelah Uji T2	Perubahan Suhu	Luas Penampang	Perpindahan	Thermal Conductivity	Rata-Rata
			Masuk (V)	Keluar (V)									
Control	1	5 menit	12,2	0,92	1E-07	0,05	29,8	30,1	0,3	0,2	9,2E-08	8,8E-08	8,68E-08
		10 menit	12,2	0,88	1E-07	0,05	30,1	30,4	0,3	0,2	8,8E-08	7,8E-08	
		15 menit	12,2	0,78	1E-07	0,05	30,4	30,6	0,2	0,2	7,8E-08	1,8E-07	
		20 menit	12,2	0,88	1E-07	0,05	30,6	30,8	0,2	0,2	8,8E-08	1,8E-07	
		25 menit	12,2	0,68	1E-07	0,05	30,8	31,2	0,4	0,2	6,8E-08	4,8E-08	
		30 menit	12,2	0,85	1E-07	0,05	31,2	31,3	0,1	0,2	8,5E-08	2,8E-07	
		35 menit	12,2	0,75	1E-07	0,05	31,3	31,6	0,3	0,2	7,5E-08	6,8E-08	
		40 menit	12,2	0,71	1E-07	0,05	31,6	32	0,4	0,2	7,1E-08	4,8E-08	
	2	5 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	31	31,3	0,3	0,2	6,2E-08	5,8E-08	
		10 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	31,3	31,4	0,1	0,2	5,5E-08	1,8E-07	
		15 menit	12,2	0,81	1E-07	0,05	31,4	31,6	0,2	0,2	8,1E-08	1,8E-07	
		20 menit	12,2	0,71	1E-07	0,05	31,6	31,8	0,2	0,2	7,1E-08	9,8E-08	
		25 menit	12,2	0,78	1E-07	0,05	31,8	32	0,2	0,2	7,8E-08	1,8E-07	
		30 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	32	32,2	0,2	0,2	6,2E-08	8,8E-08	
		35 menit	12,2	0,68	1E-07	0,05	32,2	32,5	0,3	0,2	6,8E-08	6,8E-08	
		40 menit	12,2	0,65	1E-07	0,05	32,5	32,7	0,2	0,2	6,5E-08	8,8E-08	
	3	5 menit	12,2	0,65	1E-07	0,05	31,6	31,8	0,2	0,2	6,5E-08	8,125E-08	
		10 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	31,8	32	0,2	0,2	5,8E-08	7,25E-08	
		15 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	32	32,1	0,1	0,2	5,2E-08	1,3E-07	
		20 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	32,1	32,3	0,2	0,2	5,8E-08	7,25E-08	
		25 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	32,3	32,5	0,2	0,2	5,2E-08	6,5E-08	
		30 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	32,5	32,7	0,2	0,2	5,5E-08	6,875E-08	
		35 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	32,7	33	0,3	0,2	6,2E-08	5,16667E-08	
		40 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	33	33,1	0,1	0,2	5,2E-08	1,3E-07	
I	1	5 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	30,2	30,3	0,1	0,2	5,5E-08	1,375E-07	6,30E-08
		10 menit	12,2	0,59	1E-07	0,05	30,3	30,4	0,1	0,2	5,9E-08	1,475E-07	
		15 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	30,4	30,6	0,2	0,2	4,9E-08	6,125E-08	
		20 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	30,6	30,8	0,2	0,2	4,9E-08	6,125E-08	
		25 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	30,8	31,1	0,3	0,2	4,9E-08	4,08333E-08	
		30 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	31,1	31,4	0,3	0,2	4,5E-08	3,75E-08	
		35 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	31,4	31,7	0,3	0,2	5,5E-08	4,58333E-08	
		40 menit	12,2	0,55	1E-07	0,05	31,7	32	0,3	0,2	5,5E-08	4,58333E-08	
	2	5 menit	12,2	0,81	1E-07	0,05	29,6	29,7	0,1	0,2	8,1E-08	2,025E-07	
		10 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	29,7	30,1	0,4	0,2	5,8E-08	3,625E-08	
		15 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	30,1	30,3	0,2	0,2	6,2E-08	7,75E-08	
		20 menit	12,2	0,58	1E-07	0,05	30,3	30,5	0,2	0,2	5,8E-08	7,25E-08	
		25 menit	12,2	0,65	1E-07	0,05	30,5	30,7	0,2	0,2	6,5E-08	8,125E-08	
		30 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	30,7	31	0,3	0,2	5,2E-08	4,33333E-08	
		35 menit	12,2	0,52	1E-07	0,05	31	31,2	0,2	0,2	5,2E-08	6,5E-08	
		40 menit	12,2	0,62	1E-07	0,05	31,2	31,4	0,2	0,2	6,2E-08	7,75E-08	
	3	5 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	32,3	32,5	0,2	0,2	3,5E-08	4,375E-08	
		10 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	32,5	32,7	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
		15 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	32,7	32,9	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
		20 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,9	33,1	0,2	0,2	2,9E-08	3,625E-08	
		25 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,1	33,4	0,3	0,2	3,2E-08	2,66667E-08	
		30 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	33,4	33,7	0,3	0,2	2,9E-08	2,41667E-08	
		35 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,7	33,9	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
		40 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,9	34,2	0,3	0,2	3,2E-08	2,66667E-08	

Lampiran 13: *lanjutan.*

II	1	5 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	29,2	29,4	0,2	0,2	4,2E-08	5,25E-08	4,34E-08
		10 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	29,4	29,6	0,2	0,2	3,5E-08	4,375E-08	
		15 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	29,6	29,8	0,2	0,2	3,9E-08	4,875E-08	
		20 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	29,8	30,1	0,3	0,2	3,2E-08	2,66667E-08	
		25 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	30,1	30,3	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
		30 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	30,3	30,6	0,3	0,2	3,5E-08	2,91667E-08	
		35 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	30,6	30,9	0,3	0,2	3,5E-08	2,91667E-08	
		40 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	30,9	31,2	0,3	0,2	2,9E-08	2,41667E-08	
	2	5 menit	12,2	0,49	1E-07	0,05	32	32,2	0,2	0,2	4,9E-08	6,125E-08	
		10 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	32,2	32,5	0,3	0,2	4,5E-08	3,75E-08	
		15 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	32,5	32,6	0,1	0,2	4,5E-08	1,125E-07	
		20 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	32,6	32,9	0,3	0,2	3,9E-08	3,25E-08	
		25 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	32,9	33,1	0,2	0,2	3,9E-08	4,875E-08	
		30 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	33,1	33,3	0,2	0,2	4,2E-08	5,25E-08	
		35 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	33,3	33,5	0,2	0,2	3,9E-08	4,875E-08	
		40 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	33,5	33,9	0,4	0,2	4,5E-08	2,8125E-08	
	3	5 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	31,9	32	0,1	0,2	3,2E-08	8E-08	
		10 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	32	32,2	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
		15 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,2	32,5	0,3	0,2	2,9E-08	2,41667E-08	
		20 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,5	32,7	0,2	0,2	2,9E-08	3,625E-08	
		25 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	32,7	33	0,3	0,2	3,5E-08	2,91667E-08	
		30 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	33	33,2	0,2	0,2	2,9E-08	3,625E-08	
		35 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,2	33,4	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
		40 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	33,4	33,6	0,2	0,2	3,2E-08	4E-08	
III	1	5 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	30,9	31	0,1	0,2	3,9E-08	9,75E-08	6,44E-08
		10 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	31	31,1	0,1	0,2	3,9E-08	9,75E-08	
		15 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	31,1	31,2	0,1	0,2	4,2E-08	1,05E-07	
		20 menit	12,2	0,22	1E-07	0,05	31,2	31,3	0,1	0,2	2,2E-08	5,5E-08	
		25 menit	12,2	0,35	1E-07	0,05	31,3	31,5	0,2	0,2	3,5E-08	4,375E-08	
		30 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	31,5	31,8	0,3	0,2	3,9E-08	3,25E-08	
		35 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	31,8	32	0,2	0,2	2,9E-08	3,625E-08	
		40 menit	12,2	0,32	1E-07	0,05	32	32,1	0,1	0,2	3,2E-08	8E-08	
	2	5 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	30,6	30,8	0,2	0,2	3,9E-08	4,875E-08	
		10 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	30,8	31	0,2	0,2	4,2E-08	5,25E-08	
		15 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	31	31,2	0,2	0,2	4,5E-08	5,625E-08	
		20 menit	12,2	0,39	1E-07	0,05	31,2	31,3	0,1	0,2	3,9E-08	9,75E-08	
		25 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	31,3	31,4	0,1	0,2	4,2E-08	1,05E-07	
		30 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	31,4	31,6	0,2	0,2	4,5E-08	5,625E-08	
		35 menit	12,2	0,42	1E-07	0,05	31,6	31,7	0,1	0,2	4,2E-08	1,05E-07	
		40 menit	12,2	0,45	1E-07	0,05	31,7	31,8	0,1	0,2	4,5E-08	1,125E-07	
	3	5 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	31,8	32,1	0,3	0,2	2,9E-08	2,41667E-08	
		10 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,1	32,3	0,2	0,2	2,9E-08	3,625E-08	
		15 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,3	32,5	0,2	0,2	2,9E-08	3,625E-08	
		20 menit	12,2	0,29	1E-07	0,05	32,5	32,6	0,1	0,2	2,9E-08	7,25E-08	
		25 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	32,6	32,8	0,2	0,2	2,6E-08	3,25E-08	
		30 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	32,8	33	0,2	0,2	2,6E-08	3,25E-08	
		35 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	33	33,1	0,1	0,2	2,6E-08	6,5E-08	
		40 menit	12,2	0,26	1E-07	0,05	33,1	33,2	0,1	0,2	2,6E-08	6,5E-08	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Bagus Ardiansyah Nasution
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Juni 2003
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Agama
Alamat : Jl. Karya Gg Sosro No. 50 Medan
No. HP : 083199960873
E-mail : bagusardiansyahnst24@gmail.com
Nama Ayah : Awalludin Nasution
Nama Ibu : Endang Suwarni

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210165
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

RIWAYAT PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD Negeri 060849
Sekolah Menengah Pertama : SMP PAB 2 Helvetia
Sekolah Menengah Kejuruan: SMK Negeri 5 Medan