TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN KALSIUM OKSIDA (CaO) TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BATA TANAH TEKAN TANPA BAKAR (BT3B) TANAH SILT

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

SEFTIA MIRANDA

2107210150

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Seftia Miranda
Npm	: 2107210150
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Tanah Silt
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.

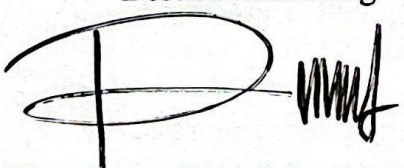
DISETUJUI DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 26 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Seftia Miranda
Npm	: 2107210150
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Tanah Silt
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, 26 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

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

Dosen Pembanding I

Sri Frapanti, S.T., M.T.

Dosen Pembanding II

Assoc. Prof. Dr. Ade Faisal, 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	: Seftia Miranda
Tempat, Tanggal Lahir	: Suka Damai, 13 September 2003
Npm	: 2107210150
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul "Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Tanah Silt (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 kesarjanaan 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, 26 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,

Seftia Miranda

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN KALSIUM OKSIDA (CaO) TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BATA TANAH TEKAN TANPA BAKAR (BT3B) TANAH SILT

Seftia Miranda
2107210150
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Batu bata adalah bahan bangunan yang umum digunakan dalam konstruksi, berfungsi sebagai elemen struktural dan non-struktural pada dinding, pondasi, dan elemen bangunan lainnya. Batu bata tradisional biasanya terbuat dari tanah liat yang dibakar pada suhu tinggi untuk memperoleh kekuatan, ketahanan terhadap api, dan daya tahan yang baik. Proses pembakaran ini memerlukan waktu lama dan menghasilkan polusi udara yang menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Pembuatan Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) yang ramah lingkungan menjadi alternatif karena mampu mengurangi polusi udara dan menghemat energi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kalsium oksida terhadap karakteristik fisik dan mekanik BT3B dan mengetahui komposisi BT3B dengan kalsium oksida yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang optimal. Dari penelitian didapatkan bahwa penambahan kalsium oksida memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisik BT3B, yaitu peningkatan nilai kepadatan sebesar 1,718 gr/cm^3 pada seri I. Dari segi karakteristik mekanik, sampel BT3B dengan tambahan kalsium oksida lebih baik dalam konduktivitas panas sebesar 4,08E-08 yakni pada seri III dan persentase kehilangan massa yang lebih baik pada pengujian daya tahan sebesar 2,55% pada seri III. Sedangkan untuk nilai kuat tekan dan daya serap, BT3B tanpa tambahan kalsium oksida masih lebih unggul daripada BT3B dengan variasi penambahan kalsium oksida yakni sebesar 8,09 MPa untuk seri control, diikuti BT3B seri II (dengan tambahan 10% kalsium oksida) sebesar 6,73 MPa dan nilai daya serap 16,62% untuk seri control, diikuti BT3B seri II (dengan tambahan kalsium oksida 10%) sebesar 16,79%.

Kata Kunci: BT3B, Kalsium Oksida, Kuat Tekan, Daya Serap, Konduktivitas Panas, Kepadatan, Persentase Kehilangan Massa

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDING CALCIUM OXIDE (CaO) ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF UNFIRED COMPRESSED SOIL BRICKS (BT3B) MADE FROM SILT SOIL

Seftia Miranda
2107210150
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Bricks are a commonly used building material in construction, serving as structural and non-structural elements in walls, foundations, and other building elements. Traditional bricks are usually made from clay that is fired at high temperatures to achieve strength, fire resistance, and durability. This firing process requires a long time and produces air pollution that causes various health issues. The production of environmentally friendly Unfired Pressed Clay Bricks (BT3B) has emerged as an alternative, as it reduces air pollution and saves fuel energy. This study aims to determine the effect of calcium oxide addition on the physical and mechanical characteristics of BT3B and to identify the composition of BT3B with calcium oxide that has optimal physical and mechanical properties. The study found that the addition of calcium oxide affects the physical characteristics of BT3B, specifically increasing the density value by 1.718 g/cm³ in Series I. In terms of mechanical characteristics, the BT3B sample with added calcium oxide performed better in terms of thermal conductivity at 4.08E-08 in series III and had a better mass loss percentage in the durability test at 2.55% in series III. Meanwhile, for compressive strength and water absorption, the BT3B sample without calcium oxide addition still outperforms the BT3B samples with varying calcium oxide additions, with a compressive strength of 8.09 MPa for the control series, followed by the BT3B Series II (with 10% calcium oxide addition) at 6.73 MPa, and water absorption capacity of 16.62% for the control series, followed by BT3B Series II (with 10% calcium oxide addition) at 16.79%.

Keywords: BT3B, Calcium Oxide, Compressive Strength, Water Absorption, Thermal Conductivity, Density, Mass Loss Percentage

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan 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 penyelesaikan 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. Ibu Sri Frapanti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembanding I yang telah memberi masukan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembanding 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 pintu surga, ibunda tercinta Ngatemi yang telah menjadi alasan terkuat penulis sampai di titik ini. Terima kasih atas perjuangan, kasih sayang, dan doa-doa yang kau langitkan untuk kelancaran hidup penulis. Terima kasih telah menjadi ibu yang hebat untuk anak-anakmu.
10. Kepada yang terkasih, ayahanda Zulaidi, terima kasih atas keikhlasanmu dalam memberikan kehidupan yang lebih baik kepada penulis, terima kasih telah memberikan doa dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini.
11. Kepada saudara kandung penulis, yaitu Junita Irma Dani dan Anang Pebrian, serta Misgiono yang sudah penulis anggap sebagai saudara kandung juga dan tak lupa keluarga besar penulis yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, dukungan serta doa kepada penulis.
12. Kepada pemilik NPM 2107210165 yang tidak kalah penting kehadirannya, terima kasih telah menjadi semangat dan teman berjuang penulis dalam menyelesaikan studi, terima kasih telah menjadi kaki bagi penulis yang tidak tahu nama tempat dan jalan di perantauan ini.
13. Kepada Yenny Machvira, teman seperantauan penulis yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan, terima kasih atas doa, dukungan, dan tenaga yang diberikan kepada penulis selama menyelesaikan studi.
14. Kepada teman perkuliahan dan seperjuangan, Tri Aulia Sirait, Aulia Putri Lubis, dan Celly Loviqne yang telah menjadi teman yang *supportive* bagi penulis selama kuliah sampai penyusunan skripsi ini.
15. Kepada semua teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara stambuk 2021 yang telah membantu penulis baik dalam penulisan skripsi, maupun saat proses belajar-mengajar di kelas.

16. Kepada Seftia Miranda, diri saya sendiri. Terima kasih telah berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai. Tidak mudah untuk sampai ke tahap ini, terima kasih karena tidak menyerah dan selalu merayakan diri sendiri. “Aku pernah membahayakan nyawa ibuku untuk lahir ke dunia, jadi mustahil aku terlahir untuk menjadi sia-sia.”

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Hormat saya,

Seftia Miranda

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

LEMBAR PENGESAHAN **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

ABSTRAK iv

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR NOTASI xvi

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 4

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 4

1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Batu Bata 6

2.1.1 Fungsi Bata 7

2.1.2 Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) 7

2.2 Tanah Lanau (Silt) 11

2.3 Kalsium Oksida (CaO) 14

2.4 Komponen Penyusun BT3B 15

2.4.1 Pasir 15

2.4.2 Semen 17

2.4.3 Air 18

2.5 Sifat Fisik dan Mekanik BT3B 19

2.5.1 Sifat Fisik BT3B 19

2.5.2 Sifat Mekanik BT3B 21

BAB 3 METODE PENELITIAN 26
3.1 Diagram Alir Penelitian 26
3.2 Metode Penelitian 26
3.3 Sumber Data Dalam Penelitian 28
3.3.1 Data Primer 28
3.3.2 Data Sekunder 29
3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian 29
3.4.1 Bahan 29
3.4.2 Peralatan 33
3.5 Prosedur Pembuatan Sampel BT3B 41
3.5.1 Tahap Persiapan 41
3.5.2 Tahap Pembuatan Sampel BT3B 41
3.6 Prosedur Pengujian BT3B 42
3.6.1 Sifat Tampak Luar 42
3.6.2 Sifat Ukuran 43
3.6.3 Pengujian Indeks Plastisitas 43
3.6.4 Pengujian Berat Jenis 46
3.6.5 Pengujian Kuat Tekan 46
3.6.6 Pengujian Penyerapan Air *(Water Absorption)* 47
3.6.7 Pengujian Kadar Garam *(Efflorescence)* 48
3.6.8 Pengujian Daya Tahan 48
3.6.9 Pengujian Konduktivitas Panas 49
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 51
4.1 Hasil Penelitian 51
4.2 Analisa Pemeriksaan Bahan 51
4.2.1 Analisa Pemeriksaan Tanah 51
4.2.2 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus 54
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Sampel BT3B 57
4.3.1 Analisa Sifat Tampak Luar BT3B 57
4.3.2 Analisa Sifat Ukuran BT3B 58
4.3.3 Analisa Densitas BT3B 59
4.3.4 Analisa Kuat Tekan BT3B 60
4.3.5 Analisa Daya Serap BT3B *(Water Absorption)* 61
4.3.6 Analisa Kadar Garam BT3B *(Efflorescence)* 63
4.3.7 Analisa Daya Tahan BT3B 64
4.3.8 Analisa Thermal Conductivity BT3B 65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 67

5.1 Kesimpulan 67
5.2 Saran 68
DAFTAR PUSTAKA 69
LAMPIRAN 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Penelitian Terdahulu tentang Bata Tanpa Bakar	8
Tabel 2.2	Hasil Penelitian Terdahulu tentang Penggunaan Tanah Lanau pada Batu Bata	12
Tabel 2.3	Hasil Penelitian Terdahulu tentang Bata Tanpa Bakar dengan Tambahan Kapur	14
Tabel 2.4	Hasil Penelitian Terdahulu tentang Pengaruh Penambahan Pasir pada Batu Bata	16
Tabel 2.5	Hasil Penelitian Terdahulu tentang Pengaruh Penambahan Semen pada Batu Bata Tanpa Bakar	18
Tabel 2.6	Hasil Penelitian Terdahulu tentang Penambahan Air pada Bata	19
Tabel 2.7	Ukuran dan Toleransi Bata Merah Pejal (SNI 15-2094-2000)	20
Tabel 2.8	Kuat Tekan dan Koefisien Variasi untuk Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding (SNI 15-2094-2000)	22
Tabel 3.1	Komposisi Kimia dan Fisika *Portland Composite Cement* (PCC)	30
Tabel 3.2	Komposisi Penyusun Bubuk Kalsium Oksida	31
Tabel 3.3	Komposisi Campuran Bata Tanpa Bakar	42
Tabel 3.4	Ukuran dan Toleransi Bata Merah (SNI 15-2094-2000)	43
Tabel 3.5	Ketentuan Panjang dan Diameter Tanah Pengujian Batas Plastis	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	27
Gambar 3.2	Tanah lanau	29
Gambar 3.3	Pasir	30
Gambar 3.4	Semen	31
Gambar 3.5	Kalsium oksida	32
Gambar 3.6	Air	32
Gambar 3.7	Air murni (H_2O)	33
Gambar 3.8	Cetakan batu bata	33
Gambar 3.9	Mesin press hidrolik	34
Gambar 3.10	Timbangan digital	34
Gambar 3.11	Saringan nomor 8 dan 30	35
Gambar 3.12	Scrub	35
Gambar 3.13	Gelas ukur	35
Gambar 3.14	Pan	36
Gambar 3.15	Wadah plastik	36
Gambar 3.16	Ember	37
Gambar 3.17	Penggaris	37
Gambar 3.18	Mesin *compression test*	38
Gambar 3.19	Plat baja	38
Gambar 3.20	Oven	38
Gambar 3.21	*Casagrande* dan *grooving tool*	39
Gambar 3.22	Alat pengujian konduktivitas panas	39
Gambar 3.23	Sarung tangan	40
Gambar 3.24	Palu karet	40
Gambar 3.25	Alat pengujian konduktivitas panas	50
Gambar 4.1	Analisa gradasi tanah lanau menggunakan *sieve shaker*	52
Gambar 4.2	Grafik kumulatif tanah tertahan tanah lanau	52
Gambar 4.3	Grafik kadar air pada tanah lanau	53
Gambar 4.4	Pengujian atterberg tanah lanau	54
Gambar 4.5	Grafik analisa gradasi agregat halus	55

Gambar 4.6	Grafik kadar lumpur agregat halus	56
Gambar 4.7	Grafik kadar air agregat halus	57
Gambar 4.8	Sampel BT3B tanah silt dengan campuran kalsium oksida	58
Gambar 4.9	Pengukuran sampel BT3B	58
Gambar 4.10	Penimbangan sampel BT3B	59
Gambar 4.11	Grafik densitas rata-rata BT3B	59
Gambar 4.12	Pengujian kuat tekan BT3B	60
Gambar 4.13	Grafik kuat tekan BT3B	61
Gambar 4.14	Pengujian daya serap BT3B	62
Gambar 4.15	Grafik daya serap pada BT3B	62
Gambar 4.16	Proses pengujian kadar garam pada BT3B	63
Gambar 4.17	Proses pengujian daya tahan BT3B	65
Gambar 4.18	Grafik persentase kehilangan massa BT3B	65
Gambar 4.19	Proses pengujian konduktivitas panas BT3B	66
Gambar 4.20	Grafik konduktivitas panas pada BT3B	66

DAFTAR NOTASI

ρ = Berat Jenis

M = Massa Bata

V = Volume

σ = Kuat tekan bata (kg/cm^2)

P = Gaya tekan maksimum (kg)

A = Luas bidang tekan (cm²)

W_1 = Berat sebelum dipanaskan (kg)

W_2 = Berat seseudah dipanaskan (kg)

G = Kadar garam (%)

Ag = Luas kandungan garam (cm²)

A = Luas bata (cm²)

k = Konduktivitas termal bahan (Kcal/mhºC)

$\frac{dT}{dL}$ = Gradien suhu pada penampang (ºC/meter)

A = Luas penampang yang dialiri panas secara konduksi (m^2)

q = Laju perpindahan kalor (Kcal)

PI = Indeks Plastisitas (%)

PP = Batas Cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Direktorat Jenderal Kependudukan dan Pencatatan Sipil (Ditjen Dukcapil) Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri), jumlah total penduduk Indonesia hingga semester I tahun 2024 adalah 282.477.584 orang. Jumlah penduduk ini meningkat sekitar 1.752.156 jika dibandingkan dengan semester II tahun 2023 (Statistik, 2024).

Cepatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia beriringan dengan berkembang pesatnya pertumbuhan pada segala sektor, terutama pada sektor infrastruktur. Pembangunan perumahan adalah salah satu pembangunan yang pasti meningkat seiring kenaikan jumlah penduduk. Nilai koefisien variabel jumlah rumah tangga sebesar 2,57 mengindikasikan bahwa jika jumlah rumah tangga meningkat sebesar 1 persen, maka permintaan rumah tinggal akan meningkat sebesar 2,57 persen (Ayuningtyas & Astuti, 2018).

Penyediaan bahan bangunan yang memenuhi persyaratan teknis, mudah didapat, murah, dan ramah lingkungan adalah salah satu faktor yang perlu diperhatikan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu bahan yang semakin dibutuhkan untuk digunakan dalam pembuatan bangunan adalah batu bata.

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-2000 merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air (Surya & Noor, 2019).

Batu bata sering digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan rumah atau gedung karena harganya yang terjangkau, mudah diperoleh, kuat, dan tahan terhadap cuaca. Proses pembuatan batu bata tradisional membutuhkan bahan bakar, dan sumber bahan baku telah berkurang karena fungsi lahan yang berubah. Selain itu, polutan yang dihasilkan dari pembakaran batu bata tradisional dapat meningkatkan bahaya kesehatan bagi masyarakat di sekitar lokasi pembuatan batu

bata tradisional. Diperkirakan persentase komponen pencemar udara utama khususnya kegiatan industri yang menggunakan bahan bakar kayu yaitu sebagai berikut, formaldehid (CH_2O) 60%, karbon monoksida (CO) 10,53%, oksida sulfur (SOx) 0,9%, nitrogen oksida (NOx) 8,9%, partikulat sebesar 1,33%, hidrokarbon (HC) 18,34% dan gas rumah kaca (CH_4, CO_2 dan N_2O) yang tersebar dalam nilai persentase sumber utama (Frapanti dkk., 2024).

Dengan mempertimbangkan masalah yang ada, perlu sekiranya di produksi Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) yang dapat dipertahankan kualitasnya, bahkan lebih baik daripada bata yang melalui proses pembakaran. Hal tersebut yang mendasari percobaan pembuatan BT3B dengan menggunakan bahan campuran yang mudah didapat untuk menjaga bahan baku tetap kuat dan kompak meskipun tidak dibakar. Karena dapat mengurangi polusi asap pembakaran dan penggunaan bahan bakar kayu, pembuatan BT3B juga cocok dengan konsep bangunan hijau *(green building).*

Tanah lanau, juga dikenal sebagai silt, adalah jenis tanah yang terdiri dari partikel mikroskopis (berukuran sangat kecil) dengan ukuran partikel antara 0,002 mm dan 0,0074 mm, dan dapat membentuk endapan yang mengapung atau tenggelam di permukaan air. Tekstur pada tanah lanau halus, namun masih sedikit kasar jika dibandingkan dengan tanah liat. Tanah lanau biasanya ditemukan di daerah setengah kering dan dapat terbentuk dari pecahan kristal kuarsa berukuran pasir yang diabrasi oleh angin, gletser, atau pengendapan sungai. Tanah lanau mempunyai ukuran kurang dari 0,075 dan dinamakan lanau apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (*plasticity index*, PI) sebesar 10 atau kurang menurut sistem klasifikasi AASHTO (Shalahuddin & Aljirzaid, 2010).

Salah satu kekurangan menggunakan tanah sebagai bahan konstruksi adalah ketidakawetannya, yang sangat bergantung pada kekuatan tekannya. Stabilisasi tanah terdiri dari stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik, dan stabilisasi kimia. Teknik ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan keawetan alami tanah karena sebagian besar tanah dalam kondisi alaminya tidak memiliki kekuatan, stabilitas dimensi, dan keawetan yang diperlukan untuk membuat bangunan. Salah satu bahan stabilisasi yang dapat digunakan ialah kalsium oksida (Riza dkk., 2010).

Kalsium oksida (CaO), juga disebut sebagai kapur tohor atau kapur sirih, adalah senyawa alkali yang telah digunakan sejak abad pertengahan. Salah satu zat kimia tertua yang dikenal manusia adalah jenis zat kimia ini. Kalsium oksida (CaO) adalah senyawa kimia yang terdiri dari unsur kalsium (Ca) dan oksigen (O).

Kalsium oksida sering digunakan dalam pengembangan bidang konstruksi untuk berbagai tujuan, baik sebagai bahan campuran semen untuk meningkatkan kuat tekan, bahan stabilisasi tanah, bahan campuran pembuatan mortar, sebagai bahan pengikat material dalam suatu campuran dan sebagai bahan tambah dalam aplikasi teknik sipil lainnya. Purwantoro dkk., (2016) menemukan bahwa penambahan CaO pada beton geopolimer mampu membuat beton geopolimer mengalami *final set* kurang lebih 4 jam lebih cepat daripada beton geopolimer tanpa penambahan CaO. Pada penelitian lain, penambahan kapur berupa CaO sebesar 5% sebagai bahan aditif lempung meningkatkan kuat tekan bebas lempung lebih dari 50% (Zulnasri dkk., 2021).

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan di atas, penulis mengembangkan penelitian mengenai **"**Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) Tanah Silt". Diharapkan penambahan Kalsium Oksida (CaO) pada BT3B akan menghasilkan batu bata berkualitas baik dan dapat digunakan sebagai material konstruksi untuk struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, penulis merangkum beberapa permasalahan yang akan dibahas mengenai pengaruh penambahan kalsium oksida terhadap bata tekan tanpa bakar sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan kalsium oksida (CaO) terhadap karakteristik fisik dan mekanik BT3B tanah *silt*?
2. Bagaimana komposisi BT3B tanah *silt* dengan campuran kalsium oksida yang sesuai untuk mendapatkan BT3B dengan sifat fisik dan mekanik optimal?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pembahasan dan menghindari penyimpangan maka perlu dibuat batasan-batasan agar penulisan lebih terarah dan tidak keluar dari topik permasalahan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. BT3B dicetak secara manual satu per satu dan di tekan menggunakan mesin *hydraulic press* dengan tekanan 5 MPa.
2. Bata di buat menggunakan cetakan persegi panjang dengan ukuran 20 x 10 x 5 cm.
3. Pengujian BT3B dengan penambahan kalsium oksida dilakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 16-2094-2000).
4. Analisa sifat fisik dan mekanik BT3B dengan penambahan kalsium oksida.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan kalsium oksida (CaO) terhadap karakteristik fisik dan mekanik BT3B tanah *silt*.
2. Untuk mengetahui komposisi BT3B tanah *silt* dengan campuran kalsium oksida yang sesuai untuk mendapatkan BT3B dengan sifat fisik dan mekanik optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi tentang metode alternatif untuk mengurangi polusi udara melalui pembuatan BT3B.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh kalsium oksida sebagai bahan stabilisasi dalam pembuatan BT3B.

3. Meningkatkan pengetahuan tentang bahan konstruksi yang ramah lingkungan, terutama BT3B.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mengorganisir penjabaran dan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan dibagi ke dalam lima bab. Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN:

   Bab ini menguraikan gambaran umum mengenai laporan penelitian mulai dari latar belakang topik yang akan dibahas, rumusan masalah, batasan masalah dalam penulisan, tujuan penelitian, serta manfaat dari penelitian yang dilakukan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA:

   Bab ini menjabarkan tentang landasan teori dari topik penelitian yang diambil.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN:

   Bab ini berisi tentang diagram alir proses penelitian hingga ke penulisan, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian, serta prosedur dalam penelitian itu sendiri.

4. BAB 4: ANALISA DATA

   Bab ini membahas tentang analisa pemeriksaan bahan yang digunakan dalam pembuatan BT3B serta analisa pengujian pada sampel BT3B yang meliputi pengujian kuat tekan, daya serap air *(water absorption),* kadar garam, berat jenis, dan *thermal conductivity*.

5. BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

   Bab ini berisi tentang garis besar pembahasan dalam penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batu Bata

Batu bata tradisional merupakan salah satu bahan bangunan yang sudah lama dikenal dan digunakan oleh masyarakat dari zaman dahulu hingga sekarang. Batu bata tradisional sangat dibutuhkan dalam konstruksi sipil karena bata dapat digunakan sebagai dinding, pondasi, pagar, saluran, dan partisi ruangan. Dinding berfungsi untuk mendukung beban bangunan seperti desak, geser, dan lentur, meskipun biasanya bukan bahan

Batu bata tradisional merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukan pada pembuatan konstruksi bangunan yang dibuat dari tanah liat/lempung dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, kemudian dicetak dan dibakar dengan panas yang cukup tinggi, sehingga tidak dapat hancur lagi apabila direndam dalam air (SNI 15-2094-2000). Umumnya untuk membuat batu bata tradisional, tanah liat murni dicampur dengan air secara merata, kemudian dicetak menggunakan cetakan kayu, dan dikeringkan selama beberapa hari sampai mengering. Setelah itu, batu bata tradisional dibakar pada tungku dengan suhu 900˚-1100˚C.

Dalam pembuatan bata tradisional, bahan campuran digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah liat atau bahan penolong yang akan digunakan sebagai bahan mentah agar menjadi bahan yang plastis. Bahan mentah bata tradisional terdiri dari bahan dasar berupa tanah liat, dengan atau tanpa bahan campuran. Abu sekam, pasir, dan sekam padi adalah contoh bahan campuran yang sering digunakan. Tanah liat yang dibakar akan mengalami perubahan warna sesuai dengan zat-zat yang terkandung didalamnya. Warna tanah liat bermacam-macam tergantung dari oxid-oxid yang terkandung dalam tanah liat, seperti alumunium, besi, karbon, mangan, maupun kalsium (Syahland, 2016).

Batu bata tradisional memiliki hasil rata-rata kuat tekan yang lebih tinggi dari pada kuat tekan pada BT3B. Rata-rata kuat tekan bata merah tradisional yaitu 10.80

Mpa dan BT3B dengan kuat tekan yang paling tinggi yaitu 10.60 Mpa (Harnadi & Hartantyo, 2022).

2.1.1 Fungsi Bata

Suatu material tidak mungkin dibuat tanpa adanya suatu fungsi tertentu, begitu pula dengan bata. Berikut beberapa fungsi bata dalam bidang konstruksi.

1. Sebagai Pondasi Bangunan

   Batu bata memiliki struktur yang kuat dan kokoh, yang memungkinkannya untuk menopang konstruksi yang lebih besar dalam waktu yang lebih lama. Cara menggunakannya sebagai pondasi adalah dengan menyusun batu bata ke semen dan kawat penyangga bangunan.

2. Sebagai Dinding Bangunan

   Batu bata dapat dijadikan sebagai material dinding yang baik. Sejak zaman dahulu, masyarakat Indonesia telah memahami peran bata sebagai dinding, yang ditunjukkan dengan adanya bangunan-bangunan bersejarah yang menggunakan komponen bata.

2.1.2 Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B)

Bata tradisional di buat dengan beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, serta membakar pada temperatur tinggi. Hal tersebut menyebabkan proses pembuatan bata tradisional menjadi panjang dan memakan waktu lama. Di samping itu, proses pembakaran seringkali menyebabkan kualitas bata tradisional menjadi kurang seragam. Alternatif yang mampu mengatasi masalah tersebut adalah dengan membuat bata yang tidak perlu melewati masa pembakaran.

BT3B merupakan batu bata yang terbuat dari material tanah dengan penambahan aditif tertentu. BT3B dapat mengeras tanpa dibakar dengan cara dijemur atau dibiarkan mengering dengan suhu udara terbuka. Proses pengeringan BT3B ini memerlukan waktu setidaknya 28 hari. Hal ini bertujuan agar BT3B

mencapai kekuatan tekan maksimal. Penelitian menunjukkan bahwa pada umur 28 hari, batu bata dapat menunjukkan peningkatan signifikan dalam kuat tekan, yang dapat mencapai hingga 22,90 kg/cm² (Muhlisa dkk., 2021). Proses ini penting untuk memastikan bahwa BT3B memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, seperti SNI 15-2094-2000. Durasi pengeringan 28 hari juga merupakan bagian dari standarisasi dalam industri pembuatan BT3B. Hal ini memungkinkan produsen untuk menghasilkan produk yang konsisten dan memenuhi spesifikasi teknis yang diperlukan untuk aplikasi konstruksi. Penelitian terdahulu tentang BT3B dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Bahan campuran dalam pembuatan bata digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah yang digunakan. Pada penelitian ini, bahan tambahan yang digunakan adalah kalsium oksida atau yang lebih dikenal sebagai kapur tohor. Penambahan kalsium oksida berfungsi sebagai bahan pengikat yang efektif untuk mengikat butir-butir tanah. Penambahan material ini sangat penting dalam proses pembuatan BT3B, di mana kapur membantu menciptakan ikatan yang kuat antara partikel-partikel tanah dengan material lainnya (Hulu, 2018).

Tabel 2.1: Hasil penelitian terdahulu tentang BT3B.

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Kesimpulan
1.	Adogla dkk., (2019)	Improving Compressed Laterite Bricks using Powdered Eggshells	The International Journal Of Engineering And Science (IJES)	Hasil penelitian menunjukkan pada umur pemeraman 28 hari kuat tekan batako meningkat sebesar 31,8%, 53,7%, 60,3% dan 1,6% seiring dengan bertambahnya kadar cangkang telur masing-masing sebesar 10%, 20%, 30% dan 40%. Bubuk cangkang telur meningkatkan karakteristik kepadatan, kekuatan tekan dan daya

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Kesimpulan
				tahan batu bata laterit jika dibandingkan dengan batu bata laterit tekan konvensional. Data dari penelitian menunjukkan bahwa jumlah bubuk cangkang telur optimum dicapai setelah penambahan 30%.
2.	Harnadi & Hartantyo, (2022)	Pembuatan Batu Bata Merah Tanpa Bakar Dengan Campuran *Sludge* (Limbah Padat)	Jurnal Sipil Sains, Volume 12 Nomor 2 - September 2022	Didapatkan hasil rata-rata dari kuat tekan batu bata merah tradisional sebesar 10,80 MPa. BT3B dengan kuat tekan maksimal peneliti adalah 10,60 MPa. Dengan ini dapat disimpulkan batu bata merah tradisionsal dari segi kekuatannya lebih tinggi dari pada BT3B. Varian batu bata merah yang memiliki nilai ratarata terbesar adalah varian tradisional dengan nilai 10,80 MPa.
3.	Dulal dkk., (2023)	Engineering Properties Of Cement-Stabilized Compressed Earth	Journal of Building Engineering, 2023	Kekuatan tekan sampel meningkat seiring dengan peningkatan kandungan pengikat (semen). Kehadiran partikel yang lebih kasar, khususnya pasir, semakin

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Kesimpulan
		Bricks		meningkatkan kekuatan tekan. Semen yang dibutuhkan dalam memproduksi batu bata tanah padat yang distabilkan semen (CSCEB) adalah 7%–10% untuk spesimen yang tidak mengandung pasir dan diperlukan dosis minimum 5% semen untuk spesimen yang mengandung 40% pasir.
4.	Frapanti dkk., (2024)	Analisa Pembuatan Bata Tanpa Bakar Dari Limbah Pertanian Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Polusi Udara	JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN, Vol. 10 No. 01 April (2024)	Nilai kuat tekan BT3B dengan penambahan abu ampas tebu diperoleh hasil uji kuat tekan 3,949 MPa, dan tidak memenuhi standar SNI tapi untuk kadar garam 0,00064 % dan kadar air 0,232 % sangat memenuhi standar SNI. Sifat tampak BT3B lebih baik dibanding bata tradisional, dikarenakan BT3B menggunakan alat cetak yang dibuat dengan bahan baja dan kemudian BT3B ditekan menggunakan pompa hidrolik.

2.2 Tanah Lanau *(Silt)*

Tanah lanau *(silt)* sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan jumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral mika. Tanah lanau mempunyai ukuran kurang dari 0,075 dan dinamakan lanau apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang (Shalahuddin & Aljirzaid, 2010).

Lanau memiliki kemampuan untuk menciptakan endapan yang tenggelam atau yang larut di udara. Pelapukan alami meliputi pelapukan batuan secara fisik dan kimiawi dan pelapukan regolit, serta pelapukan fisik melalui embun beku dan embun haloklastik. Abrasivitas merupakan proses utama, baik yang disebabkan oleh gletser, cairan (pengendapan sungai), atau angin. Produksi lanau di daerah setengah kering biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain. Dalam bahasa Inggris, kadang-kadang yang terbentuk secara glasial (oleh gletser) diklasifikasikan sebagai *stone dust* (“debu batu”) atau *rock flour* (“bubuk batu”). Lanau adalah komposisi mineral yang terdiri dari kuarsa dan felspar. Biasanya, dua jenis karakteristik fisik tanah lanau adalah lempung dan pasir (Andrean, 2016).

Ukurannya yang kecil dengan indeks plastisitas rendah membuat tanah lanau cocok untuk digunakan dalam campuran bata seperti pada Tabel 2.2. Kelebihan tanah lanau yang paling terlihat adalah kemampuannya untuk mengikat air dan memberikan kekuatan pada bata setelah proses pengeringan. Karakteristik lanau tepung batu antara lain tidak plastis dan tidak berkohesi, dan sifat teknis batu cenderung memiliki sifat yang halus. Sifat tanah ini jika mengandung bahan pengikat (lempung atau kapur) dalam kondisi kering memungkinkan daya dukung sedang hingga tinggi. Akibatnya, tanah lempung akan kehilangan sifat rekatnya dan dapat mengalami penurunan yang ekstrim (Pandiangan, 2016).

Tabel 2.2: Hasil penelitian terdahulu tentang penggunaan tanah lanau pada pembuatan bata.

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
1.	Prayuda dkk., (2018)	Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Batu Bata Merah Di Yogyakarta	Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, Volume 1, No 2 (2018)	Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada bata merah tradisional di daerah Yogyakarta, berbahan dasar tanah lanau yang diambil dari sawah serta tanah lempung didapatkan hasil sebagai berikut : a. Pengujian sifat fisik pada kode sampel I memenuhi seluruh persyaratan sifat fisik dari segi warna dan kandungan garam, sedangkan kode A,B,C,D,E,F,G,H hanya memenuhi persyaratan fisik kandungan garam. b. Pengujian sifat mekanis pada seluruh kode sampel memenuhi persyaratan kerapatan semu, berat jenis, kadar air, dan IRS, sedangkan penyerapan air hanya kode sampel A,B,C,D,E,H,I,J yang memenuhi persyaratan. Kuat tekan tidak ada sampel yang memenuhi standar yang

Tabel 2.2: *Lanjutan.*

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
				disyaratkan.
2.	Zhang dkk., (2024)	EXPERIMENTAL STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF BRICKS MADE FROM DREDGED SILT Sidenreng Rappang	Original Scientific Article Materials and Technology 58 (2024) 5, 609-617	Dalam kondisi regangan yang identik, bata tradisional lanau dengan dosis semen yang lebih tinggi menunjukkan ketahanan tekanan yang lebih baik. Selain itu, seiring bertambahnya usia, kemiringan kurva tegangan-regangan meningkat. Namun, regangan yang menyebabkan kegagalan bata tradisional lanau secara bertahap berkurang seiring waktu, yang menunjukkan peningkatan kerapuhan seiring bertambahnya usia bata lanau. Fenomena ini disebabkan oleh kekuatan primer yang berasal dari hidrasi semen, yang memiliki periode reaksi yang lama. Seiring bertambahnya usia bata tradisional lanau, tingkat hidrasi dan pembentukan produk hidras, kristal, dan koloid meningkat, meningkatkan modulus kompresif. Namun, pada tahap selanjutnya, efek ini berkurang, dan mencapai titik jenuh.

2.3 Kalsium Oksida (CaO)

Hasil pembakaran kapur mentah (kalsium karbonat, atau $CaCO_3$) dalam air sekitar 90˚C dikenal sebagai kapur tohor atau kalsium oksida (CaO). Ketika terkena udara, kapur menghasilkan panas dan berubah menjadi kapur padam (kalsium hidroksida, CaOH). Kapur adalah komponen material spesifik yang dibuat dengan membakar batu kapur pada suhu yang sesuai dan kemudian dikeringkan dengan udara (Islamiyati & Abram, 2020).

Penambahan kalsium oksida berfungsi sebagai bahan pengikat yang efektif untuk butir-butir tanah (Permatasari, 2019). Silika (SiO_2) yang terkandung dalam tanah liat dan abu sekam padi digunakan untuk mengurai silika hidrat (CSH) ketika dikompresi dengan udara. Senyawa ini memiliki sifat pengikat yang tinggi yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan BT3B.

Penambahan kapur pada campuran BT3B dapat meningkatkan daya tekan dan daya tahan BT3B terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk cuaca ekstrim seperti hasil penelitian terdahulu pada Tabel 2.3. Hal ini membuat BT3B lebih tahan lama dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi. Penggunaan kapur untuk membuat BT3B juga membantu mengurangi emisi gas dari rumah, terutama karbon dioksida (CO_2), yang sering kali dihasilkan dari pembuatan bata tradisional.

Tabel 2.3: Hasil penelitian terdahulu tentang bata dengan tambahan kapur.

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
1.	Muhlisa dkk., (2021)	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Di Kabupaten Sidenreng Rappang	Jurnal Skripsi Universitas Negeri Makassar	Dari hasil pengujian kuat tekan batu bata yang memiliki komposisi abu sekam padi sebanyak 10% memiliki kuat tekan rata-rata maksimum yaitu sebesar 5,62 kg/cm^2.

Tabel 2.3 : *Lanjutan.*

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
2.	Julliano & Wangi, (2024)	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Terhadap Kekuatan Batu Bata *(Literature Review)*	Jurnal Teslink : Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 6., No. 1, Maret 2024, pp. 50-53	Berdasarkan hasil analisis *literature review* penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambahan dalam produksi batu bata dapat meningkatkan kekuatan tekan maksimal batu bata. Hal ini disebabkan oleh reaksi *pozzolanic* yang terjadi antara abu sekam padi dan bahan baku batu bata, yang menghasilkan produk yang lebih kuat dan tahan terhadap tekanan.

2.4 Komponen Penyusun BT3B

2.4.1 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 pengeras dalam spesi/mortas merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah, dan pantai harus memenuhi standar dimana kekerasan, ketajaman, gradasi, dan kebersihan terhadap lumpur maupun kebersihan terhadap bahan kimia harus memenuhi standar nasional Indonesia (Frapanti dkk., 2024).

Keberadaan pasir sangat dibutuhkan sebagai bahan tambahan untuk mengurangi keplastisan lempung tanah dan batu bata penyusutan seperti pada Tabel 2.4. Namun, dalam banyak kasus, kadar pasir yang terlalu halus dapat menyebabkan batu bata yang di bakar menjadi retak atau pecah. Pada penelitian ini, pasir yang digunakan sebagai agregat adalah jenis *fine agregat*.

Tabel 2.4: Hasil penelitian terdahulu tentang pengaruh penambahan pasir pada batu bata.

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
1.	Daniswara & Walujodjati, (2022)	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batu Bata Merah	Jurnal Kontruksi Institut Teknologi Garut Vol. . 20; No. 1; 2022	Dalam penambahan campuran pasir terhadap batu bata merah tradisional dapat mengurangi nilai porositas batu bakar dan nilai susut bakar serta meningkatkan kuat tekan batu bata merah tradisional. Persentasi penambahan pasir terhadap lama waktu pembakaran terbaik terjadi pada penambahan pasir 40 % karena nilai susut bakarnya sedikit sedangkan dalam kuat tekan batu bata yang di campur pasir akan mengalami kuat tekan bata yang normal.
2.	Youcef dkk., (2023)	Comparative Study on the Impact of Sand and Lime on the Physical and Mechanical	Jurnal Teslink : Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 6., No. 1, Maret	Penambahan pasir mengakibatkan penurunan kepadatan tampak baik pada batu bata mentah maupun yang sudah dibakar. Hal ini disebabkan oleh

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
2.	Youcef dkk., (2023)	Characteristics of Unfired and Fired Earth Bricks	2024, pp. 50-53	kepadatan absolut pasir yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah liat. Selain itu, pasir berkontribusi pada penurunan rasio penyusutan dan peningkatan kekuatan tekan dan kekuatan lentur BT3B.

2.4.2 Semen

Semen dapat didefinisikan sebagai bahan pengikat atau bahan perekat material-material padat untuk dapat menjadi satu bentuk yang saling mengikat, kuat dan erat. Komposisi utama semen portland adalah *: lime stone,* silikat alumina, besi oksida dan sulfur terak (Widodo & Artiningsih, 2021).

Semen Portland biasanya terdiri dari campuran kapur dan tanah liat yang digabungkan dan mengandung silikat untuk menghasilkan kadar pengerasan semen yang bertindakbalas dengan udara. Jika semen dikompres dengan udara, maka mineral yang ada akan mulai bereaksi dengan udara; reaksi ini dikenal sebagai hidrolisis. Beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi tersebut antara lain jumlah udara yang digunakan, suhu zat aditif yang diubah, dan kehalusan semen. Salah satu karakteristik semen portland adalah dapat mengeras jika bersentuhan dengan udara dan menjadi zat yang tidak terapung di udara.

Menurut SNI 15-2094-2000, jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe 1, atau produk umum yang digunakan untuk konstruksi. Di sini, semen berfungsi sebagai perekat seperti penelitian terdahulu pada Tabel 2.5. Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai

pada proses hidrasi yang berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi kirakira 25% dari berat semen (Widodo & Artiningsih, 2021).

Tabel 2.5: Hasil penelitian terdahulu tentang pengaruh penambahan semen pada BT3B.

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
1.	Widodo & Artiningsih, (2021)	Optimasi Semen Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar	*Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil,* Vol. 14, No. 1	Penambahan campuran semen 17 % pada BT3B semen lempung pada pengeringan selama 7 (tujuh) hari dalam suhu kamar dan oven 40ºC selama 24 jam menghasilkan kuat tekan yang maksimal, yakni sebesar 52 kg/cm^2 , sehingga proposi optimum semen terhadap lempung adalah 15%.

2.4.3 Air

Salah satu bahan yang paling penting dan akan bereaksi dengan bahan-bahan yang digunakan untuk membuat BT3B adalah air. Air harus ditambahkan dalam kadar tertentu agar BT3B mudah ditangani. Penggunaan air digunakan untuk membawa semen, yang menghasilkan pasta yang akan mempengaruhi kuat tekan seperti pada Tabel 2.6.

Air yang digunakan untuk mencampur material konstruksi harus bersih dan tidak mengandung bahan-bahan kimia yang dapat menurunkan kualitas BT3B. Syarat air yang digunakan sebagai campuran bahan konstruksi adalah air yang tidak mengandung minyak, asam, basa, garam, zat organik atau bahan lain yang dapat menurunkan mutu BT3B yang dihasilkan (Sapulette dkk., 2024).

Tabel 2.6: Hasil penelitian terdahulu tentang penambahan air pada bata.

No.	Penulis	Judul	Karya Tulis	Hasil
1.	Finanda dkk., (2020)	Analisis Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Bahan Campuran Abu Serbuk Kayu	Jurnal Media Teknik Sipil Samudra	Hasil dari pengujian daya serap air pada batu bata dengan campuran abu serbuk kayu yang paling tinggi ada pada variasi 15 % dengan nilai 13,54% dan nilai terendah pada variasi campuran 30% yaitu 12,34%.

2.5 Sifat Fisik dan Mekanik BT3B

2.5.1 Sifat Fisik BT3B

Sifat fisik BT3B dapat diketahui tanpa melakukan pengujian yang dapat mengubah bentuk atau merusak BT3B itu sendiri. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 3 sampel BT3B secara acak pada masing-masing serinya dan di uji menggunakan standar yang baku. Berikut ini adalah syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000.

2.5.1.1 Sifat Tampak

Menurut SNI 15-2094-2000, batu merah pejal untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang, memiliki rusuk-rusuk siku yang tajam, bidang-bidang datar yang rata, dan tidak menunjukkan retak-retak. Pengujian visual BT3B meliputi ; bentuk, permukaan rata, mempunyai rusuk yang siku, tidak menunjukkan retak, warna, berat dan bunyi (Widodo & Artiningsih, 2021).

2.5.1.2 Sifat Ukuran

Batu bata tradisional yang beredar di pasaran memiliki banyak variasi ukuran. Bata-bata dengan ukuran terbesar dan terkecil, selisih maksimum yang diperbolehkan ialah : untuk panjang 10 mm, lebar 5 mm, tebal 4 mm (Suhendra dkk., 2015).

Ukuran dan toleransi BT3B yang telah diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094-2000 terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Ukuran dan toleransi bata merah pejal (SNI 15-2094-2000).

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

2.5.1.3 Warna Tampak

Setelah melihat permukaan BT3B dan mengecek sifat tampak dan sifat ukurannya, sampel BT3B kemudian dilihat warnanya yang dinyatakan dengan merah tua, muda, kekuning-kuningan, kemerahmerahan, keabu-abuan, hitam dan sebagainya (Haryono & Prihatmaji, 2021).

Warna tampak untuk BT3B tanah silt dengan campuran kalsium oksida akan seragam, yakni abu-abu muda apabila BT3B telah melewati fase pengeringan. Hal ini menjadi salah satu kelebihan pembuatan bata dengan metode tekan (tanpa melalui proses pembakaran) karena bata yang dihasilkan akan seragam baik dari segi warna, ukuran dan kualitas.

2.5.1.4 Berat Jenis (Densitas)

Pengujian berat jenis merupakan pengukuran suatu bahan yang didapatkan dari massa per satuan volume. Pengujian berat jenis dinilai penting untuk menilai kualitas suatu bahan serta mengoptimalkan proses produksinya. Bagi seorang *engineer*, berat jenis material berguna untuk menghitung beban *ultimate* bangunan saat pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan yang disyaratkan dalam SNI -03- 4164-1996, densitas BT3B berkisar antara 1,60 gr/cm^3 – 2,00 gr/cm^3 (Ardi & Iswadi, 2016).

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung densitas adalah sebagai berikut.

$$\rho = \frac{M}{V}(gr\ /\ cm^3) \qquad 2.1$$

Keterangan :

ρ = Berat Jenis

M = Massa Bata

V = Volume

2.5.2 Sifat Mekanik BT3B

Sifat mekanis BT3B adalah karakteristik yang menunjukkan reaksi BT3B ketika diberikan suatu beban atau perilaku tertentu *Civil Engeneering Materials*. Adapun sifat-sifat mekanis BT3B, antara lain sebagai berikut.

2.5.2.1 Kuat Tekan

Saat ini, belum ada standar khusus tentang BT3B *(unfired bricks)* sehingga pada pengujian ini masih digunakan standar bata bakar tradisional pada SNI 15-2094-2000. Kuat tekan BT3B adalah hasil dari beban mesin tekan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur karena dibebani dengan gaya tekan tertentu (Lilipaly dkk., 2024).

Adapun besar kuat tekan rata-rata minimum untuk pasangan dinding sesuai standar 15-2094-2000 tertera pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 : Kuat tekan dan koefisien variasi untuk bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094-2000).

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 bata yang di uji Kg/cm^2 (MPa)	Koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang di uji %
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Besar kuat tekan pada BT3B dapat dicari dengan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad 2.2$$

Keterangan :

σ = Kuat tekan bata (Kg/cm^2)

P = Gaya tekan maksimum (Kg)

A = Luas bidang tekan (cm²)

Pengujian kuat tekan BT3B dilakukan untuk mengetahui kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh BT3B saat diberi beban. Nilai ini sangat penting dalam menentukan kualitas dan keamanan penggunaan BT3B dalam konstruksi.

Kualitas BT3B dapat dibagi atas tiga tingkatan dalam hal kuat tekan dan penyimpangan ukuran menurut NI-10, 1978:6, yaitu :

1) Batu bata merah mutu tingkat I dengan kuat tekan rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm² dan ukurannya tidak ada yang menyimpang.
2) Batu bata merah mutu tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 100 kg/cm² sampai 80 kg/cm² dengan ukurannya yang menyimpang satu buah dari sepuluh benda percobaan.
3) Batu bata merah mutu tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 80 kg/cm² sampai 60 kg/cm² dan ukurannya menyimpang dua buah dari sepuluh benda percobaan.

2.5.2.2 Penyerapan Air (*Water Absorption)*

Pengujian penyerapan air adalah suatu teknik yang digunakan untuk menentukan berapa banyak molekul air yang dapat diserap oleh suatu agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar. Dalam konteks konstruksi dan rekayasa sipil, proses ini sangat penting untuk menentukan kualitas dan daya tahan batu bata untuk material konstruksi. Penyerapan air dapat mempengaruhi kekuatan, keawetan, dan daya tahan batu bata.

Standar yang disyaratkan pada SNI-15-2094-2000 adalah penyerapan air maksimum bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah 20% (Prayuda dkk., 2018).

Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai penyerapan kadar air pada bata.

$$\%\ Kadar\ Air = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \qquad 2.3$$

Keterangan :

W_1 = Berat sebelum dipanaskan (kg)
W_2= Berat sesudah dipanaskan (kg)

2.5.2.3 Kadar Garam *(Efflorescence)*

Berdasarkan SNI 15-2094-2000, batas maksimum kadar garam yang diperbolehkan dalam bata adalah kurang dari 50% dari luas permukaan bata. Jika persentasenya lebih dari 50%, bata tersebut akan dianggap bermasalah karena dapat mengakibatkan masalah struktural, seperti korosi pada tulangan bangunan (Prayuda dkk., 2018).

Menurut SNI dalam SNI-10 terdapat beberapa kategori untuk kadar garam yang larut dan membahayakan yakni sebagai berikut.

1) Tidak membahayakan:
   Apabila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih karena pengkristalan garam yang dapat larut.
2) Ada kemungkinan membahayakan:

Apabila 50% atau lebih permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk atau terlepas.

3) Membahayakan:
   Apabila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

Nilai kadar garam suatu bata dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$G = \frac{Ag}{A} \times 100 \qquad 2.4$$

Keterangan :

G = Kadar garam (%)

Ag = Luas kandungan garam (cm^2)

A = Luas bata (cm^2)

2.5.2.4 Daya Tahan *(Durability)*

Pengujian daya tahan pada bata yang melalui 12 kali proses pengulangan perendaman dan pengovenan merupakan pengujian yang untuk mengetahui kualitas material bangunan. Setiap siklus pengulangan pada pengujian ini, bata ditimbang untuk memantau perubahan berat akibat penyerapan air dan kerusakan yang disebabkan oleh proses tersebut. Bata juga diperiksa secara visual untuk melihat tanda-tanda kerusakan yang terlihat seperti retak, terkelupas, atau endapan garam di permukaan. Setelah siklus ke-12 (W_{12}) , bata ditimbang dan dibandingkan dengan berat awal (W_0) untuk menentukan perubahan berat akibat penyerapan air dan potensi kehilangan material.

Dengan melakukan perendaman berulang kali, pengujian ini dapat mengevaluasi ketahanan bata terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti kelembapan dan suhu ekstrem. Ini penting untuk memastikan bahwa bata dapat bertahan dalam kondisi cuaca yang bervariasi. Pengujian daya tahan pada bata menggunakan standar ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"*.

2.5.2.5 Konduktivitas Termal *(Thermal Conductivity)*

American Society for Testing and Materials (ASTM) menetapkan ASTM C177 sebagai metode standar untuk mengevaluasi kondisi termal material menggunakan perangkat pelat panas berpelindung. Tujuan dari metode ini adalah untuk menentukan aliran kondisi tunak dan deviasi suhu dari sampel data, sehingga memberikan informasi penting tentang sifat isolasi material termal. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$q = -kA\frac{dT}{dL} \qquad 2.5$$

Dimana:

k = Konduktivitas termal bahan (Kcal/mhºC)

$\frac{dT}{dL}$ = Gradien suhu pada penampang (ºC/meter)

A = Luas penampang yang dialiri panas secara konduksi (m^2)

q = Laju perpindahan kalor (Kcal)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

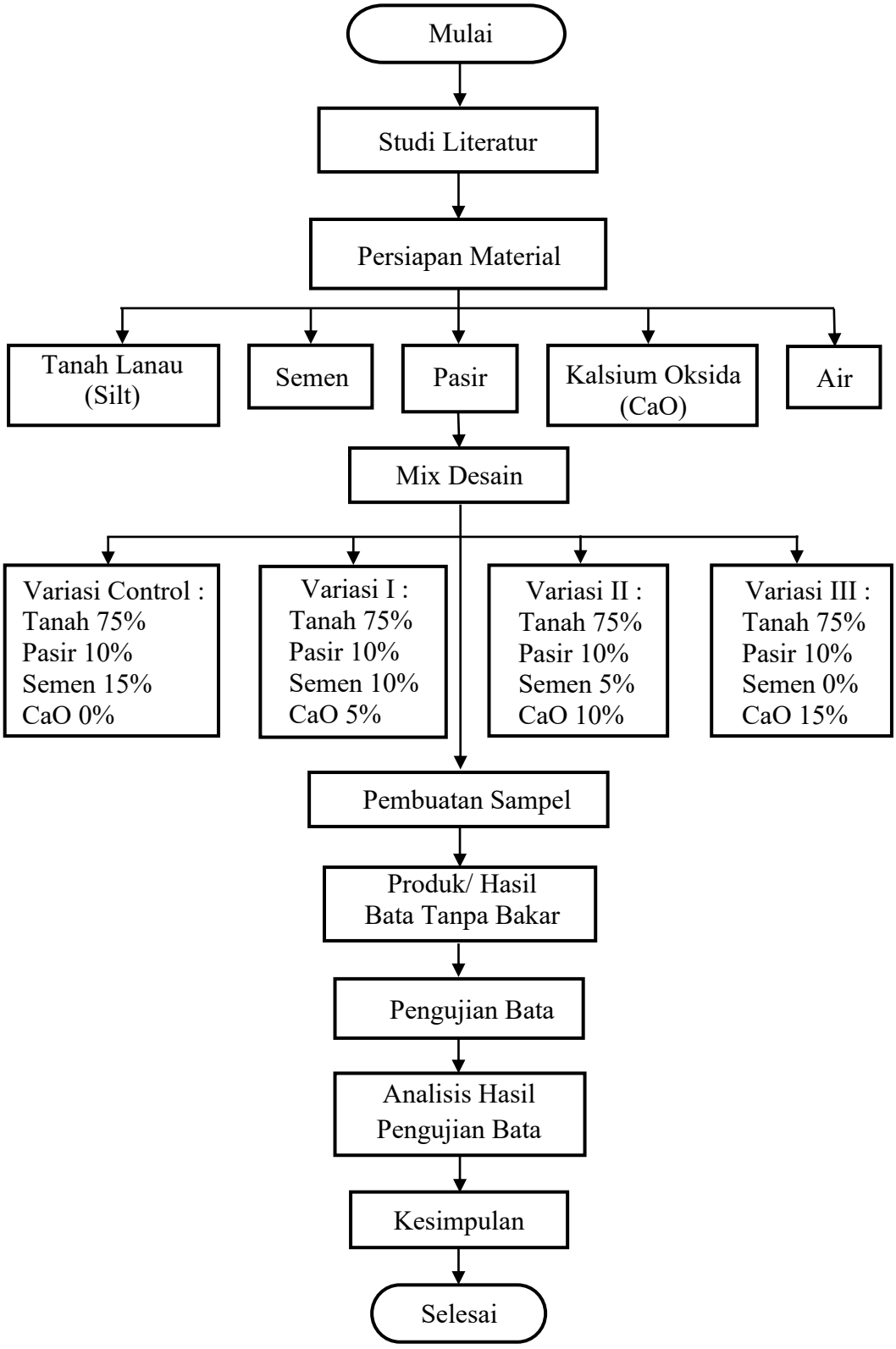
Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai diagram alir penelitian yang akan dilakukan. Dalam diagram alir ini berisi mengenai urutan awal hingga akhir penelitian (Gambar 3.1). Proses penelitian akan di bagi ke dalam beberapa tahap yaitu tahap Pendahuluan, Persiapan Material, Penentuan Proporsi *Mix Design,* Pembuatan Sampel, Pengujian, Pengolahan Data, dan Kesimpulan.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, yakni metode penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan menguji pengaruh penambahan suatu variabel terhadap variabel lainnya. Metode eksperimen akan sangat efektif bila digunakan untuk menemukan hubungan sebab akibat antara variabel dalam suatu penelitian.

Sebelum memulai penelitian, peneliti terlebih dahulu mencari beberapa studi literatur berupa jurnal rujukan, baik jurnal nasional maupun internasional mengenai penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini, peneliti membuat sampel BT3B dengan tambahan bahan stabilisasi berupa kalsium oksida sebanyak 9 buah pada setiap serinya. Seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi optimal BT3B dengan sifat mekanik yang lebih unggul dari 3 persentase komposisi bahan yang berbeda. Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan dan peralatan yang dibutuhkan untuk membuat sampel BT3B menggunakan kalsium oksida.
2. Membuat sampel BT3B secara manual satu per satu menggunakan mesin *hydraulic press.*
3. Mengeringkan BT3B dengan suhu ruang selama 28 hari sejak pencetakan.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

4. Melakukan pengujian pada sampel BT3B, mulai dari *density, thermal conductivity*, *water absorption,* kuat tekan, kadar garam, serta uji daya tahan pada BT3B.
5. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap data hasil pengujian yang didapatkan.
6. Setelah mendapatkan data yang konkret, dilanjutkan dengan melakukan pembuatan laporan hasil penelitian tugas akhir.

3.3 Sumber Data Dalam Penelitian

Dalam penelitian, informasi atau bahan yang digunakan untuk melakukan analisis, interpretasi, dan penarikan kesimpulan disebut sebagai sumber data. Sumber data sendiri merupakan metode atau prosedur yang digunakan untuk memecahkan masalah dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari, dan menganalisis data yang dikumpulkan. Sumber-sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data Primer adalah data utama atau basis yang diperoleh dari uji coba atau percobaan di lapangan atau di laboratorium. Adapun data-data primer yang diperoleh dalam penelitian ini berasal dari pengujian di laboratorium sebagai berikut.

a. Sifat Tampak Luar
b. Sifat Ukuran
c. Pengujian Indeks Plastisitas
d. Pengujian Berat Jenis Bahan atau Densitas
e. Pengujian Kuat Tekan
f. Pengujian Penyerapan Air *(Water Absorption)*
g. Pengujian Kadar Garam *(Efflorescence)*
h. Pengujian Daya Tahan
i. Pengujian *Thermal Conductivity*

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari kedua, ketiga atau seterusnya. Dalam penelitian ini data sekunder diperoleh dari berbagai jurnal dan artikel ilmiah tentang beragam inovasi BT3B dan pengaruh penggunaan kalsium oksida untuk pembuatan bahan bangunan. Selain itu, data sekunder juga didapat dengan berkonsultasi langsung dengan dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.4.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tanah Lanau *(Silt)*

Tanah silt atau tanah galong yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kabupaten Deli Serdang seperti Gambar 3.2. Tanah *silt* yang digunakan di saring terlebih dahulu menggunakan *sieve shacker* untuk menganalisa gradasi ukurannya.

Gambar 3.2: Tanah lanau.

2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari daerah Binjai yang lolos saringan nomor 8 seperti pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3: Pasir.

3. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen dengan jenis *Portland Composite Cement* (PCC) dengan merk Padang Cement Indonesia (Gambar 3.4). Menurut (Prameswari dkk., 2023), komposisi kimia dan fisika yang terkandung dalam semen PCC adalah seperti Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Komposisi kimia dan fisika *Portland Composite Cement* (PCC).

Kandungan	Nilai
Al_2O_3 (%)	8,76
CaO (%)	58,66
SiO_2 (%)	23,13
Fe_2O_3 (%)	4,62
Kehalusan (%)	5,00
Berat Isi (kg/L)	1,19

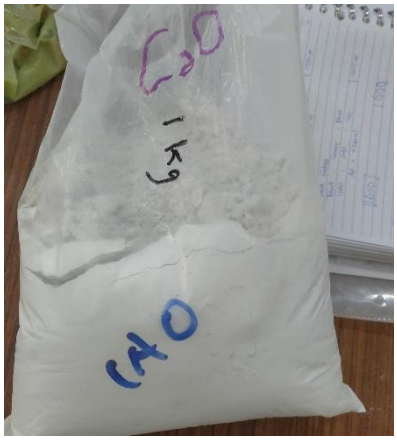
Gambar 3.4: Semen.

4. Kalsium Oksida

Kalsium oksida atau yang lebih dikenal dengan kapur tohor adalah senyawa anorganik yang mengandung kalsium dan oksigen dalam bentuk ionik. Salah satu alasan penggunaan kalsium oksida (CaO) sebagai campuran BT3B adalah karena senyawa ini merupakan reagen yang relatif murah. Kalsium oksida pada penelitian ini diperoleh dari toko bahan kimia seperti pada Gambar 3.5. Adapun spesifikasi atau komposisi yang terkandung dalam bubuk kalsium oksida menuurut Ayodeji dkk., (2018) dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Komposisi penyusun bubuk kalsium oksida.

Kandungan	Nilai (%)
CaO	99,23
Fe_2O_3	0,11
SrO	0,12
ZrO_2	0,01
BaO	0,24
La_2O_3	0,13
CeO_2	0,04
Pr_2O_3	0,04
Yb_2O_3	0,05



Gambar 3.5: Bubuk kalsium oksida.

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan air keran PDAM yang bersih dan tidak mengandung bahan-bahan kimia berbahaya yang dapat menurunkan kualitas batu bata, seperti pada Gambar 3.6.

Gambar 3.6: Air.

6. Air Murni (H_2O)

Air murni adalah air yang memiliki karakteristik jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan memiliki pH 7 (netral). Air murni dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian kadar garam dan diperoleh dari toko bahan kimia (Gambar 3.7).

Gambar 3.7: Air murni.

3.4.2 Peralatan

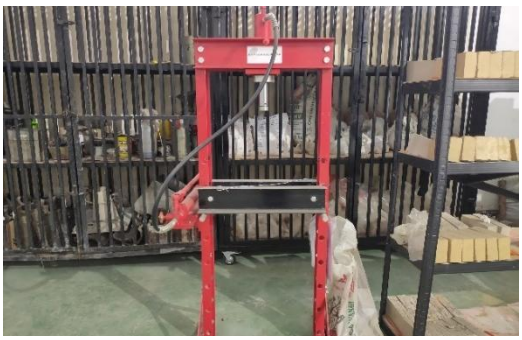
1. Cetakan Batu Bata

Cetakan bata yang digunakan berukuran 20 cm × 10 cm × 5 cm.

Gambar 3.8: Cetakan batu bata.

2. Mesin *Hydraulic Press*

Mesin press hidrolik (*hydraulic press*) adalah mesin yang menggunakan tekanan hidrolik untuk menghasilkan kekuatan tekan dalam jumlah besar. Pada penelitian ini, mesin press hidrolik berfungsi untuk memadatkan BT3B hingga memiliki kuat tekan optimal dengan tekanan 5 MPa seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Mesin press hidrolik.

3. Timbangan Digital

Timbangan digital pada Gambar 3.10 berfungsi untuk menimbang material dalam pembuatan sampel BT3B, serta menimbang berat sampel BT3B untuk keperluan beberapa proses pengujian. Timbangan yang digunakan bermerk SHINTEC tipe SHP-800 N, berukuran 22 cm x 32 cm dengan kapasitas 35 kg dan ketelitian setiap 5 gram.

Gambar 3.10: Timbangan digital.

4. Saringan Nomor 8 dan 30

Saringan berfungsi untuk menganalisa gradasi ukuran tanah dan agregat yang digunakan dalam penelitian (Gambar 3.11). Dengan melakukan penyaringan pada tanah dan agregat, nantinya akan diketahui apa jenis tanah dan agregat yang digunakan dalam pembuatan sampel BT3B. Saringan pada penelitian ini digunakan bersamaan dengan penggunaan alat *sieve shacker*.

Gambar 3.11: Saringan Nomor 8 dan 30.

5. Scrap

Scrap digunakan dalam pembuatan sampel BT3B, yakni untuk mencampur material satu dengan yang lainnya hingga membentuk suatu adonan (Gambar 3.12).

Gambar 3.12: Scrap.

6. Gelas Ukur

Gelas ukur dalam penelitian digunakan untuk mengukur volume air yang diperlukan untuk membuat suatu adonan BT3B (Gambar 3.13).

Gambar 3.13: Gelas ukur.

7. Pan

Pan dalam penelitian digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan agregat hingga menjadi adonan BT3B yang siap di cetak (Gambar 3.14).

Gambar 3.14: Pan.

8. Wadah Plastik

Wadah plastik digunakan sebagai tempat untuk setiap agregat yang akan dan sudah di timbang (Gambar 3.15).

Gambar 3.15: Wadah plastik.

9. Ember

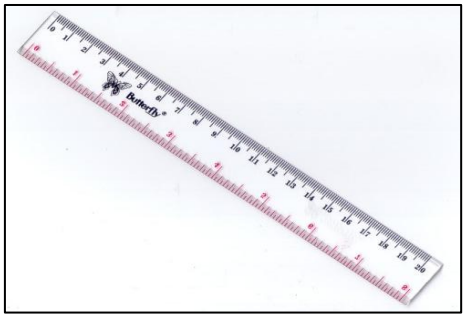
Ember digunakan sebagai wadah untuk mencampur agregat-agregat kering hingga tercampur merata sebelum dibuat menjadi adonan BT3B. Selain itu, ember

juga digunakan sebagai wadah perendaman saat pengujian kadar air, kadar garam dan daya tahan pada BT3B (Gambar 3.16).

Gambar 3.16: Ember.

10. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur tebal bata pada saat proses pembuatan sampel (Gambar 3.17).



Gambar 3.17: Penggaris.

11. Mesin *Compression Test*

Mesin *Compression Test* digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan pada sampel BT3B yang telah dikeringkan selama 28 hari dengan suhu ruangan (Gambar 3.18).

12. Plat Baja

Plat baja digunakan sebagai alas atas dan bawah bagian BT3B saat melakukan pengujian kuat tekan (Gambar 3.19).

Gambar 3.18: Mesin *compression test.*

Gambar 3.19: Plat baja.

13. Oven

Oven digunakan untuk pengeringan sampel tanah, agregat halus dan berbagai pengujian BT3B seperti indeks plastisitas, daya tahan, daya serap, dan sebagainya (Gambar 3.20). Oven digunakan bermerk Mammert seri C205.1273 dengan berat 24 kg, dimensi 24 x 24 x 16 cm, 50 Hz/ 60 Hz dengan watt 230 volt. Penggunaan oven berkisar pada suhu 100-110˚C.

Gambar 3.20: Oven.

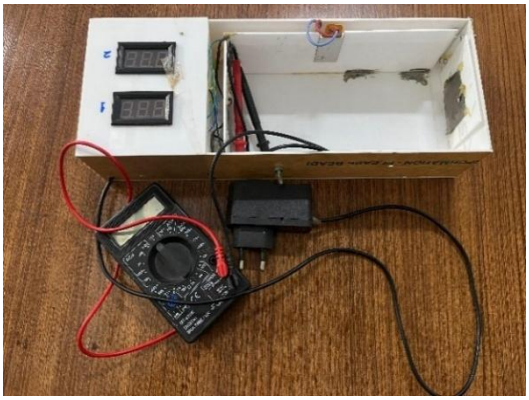
14. *Casagrande* dan *Grooving Tool*

Casagrande dan *grooving tool* merupakan alat yang digunakan untuk pengujian indeks plastisitas pada tanah yang menjadi bahan utama pembuatan BT3B (Gambar 3.20). *Casagrande* digunakan untuk menentukan nilai batas cair dengan menempatkan tanah dalam mangkuk dan memukulnya hingga celah yang dibuat menggunakan *grooving tool* menutup.

Gambar 3.21: *Casagrande* dan *grooving tool.*

15. Alat *Thermal Conductivity*

Alat ini digunakan untuk pengujian termal konduktivitas pada BT3B (Gambar 3.22). Cara kerja alat ini adalah dengan pemanasan sampel BT3B dan pengukuran suhu permukaan saat BT3B bersentuhan langsung dengan alat tersebut.



Gambar 3.22: Alat pengujian konduktivitas panas.

16. Sarung Tangan

Sarung tangan yang digunakan dalam penelitian ini berbahan kain dan berserat tebal, digunakan sebagai alas tangan untuk mengeluarkan sampel BT3B yang masih panas dari dalam oven (Gambar 3.23).

Gambar 2.23: Sarung tangan.

17. Palu Karet

Palu karet dalam pengujian ini digunakan untuk memisahkan tanah yang masih menggumpal atau bergelindil besar akibat kelembaban suhu saat penyimpanan tanah (Gambar 2.24).

Gambar 3.24: Palu karet.

3.5 Prosedur Pembuatan Sampel BT3B

3.5.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan terlebih dahulu persiapan, terlebih dalam mempersiapkan bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan sampel. Adapun tahap persiapan yang perlu dilakukan sebelum membuat sampel BT3B, antara lain sebagai berikut.

1. Menjemur tanah lanau *(silt)* yang masih dalam keadaan setengah basah, kemudian di saring menggunakan saringan nomor 8. Sisa dari tanah yang belum lolos saringan, kemudian dihancurkan menggunakan palu dan di saring lagi hingga lolos saringan nomor 8.
2. Menyaring pasir menggunakan saringan nomor 8.
3. Menyaring bubuk kalsium oksida hingga lolos saringan nomor 30.
4. Setelah menyaring semua agregat menggunakan saringannya masing-masing, kemudian menimbang setiap agregat sesuai komposisi yang ditetapkan dan dipisahkan ke dalam wadah plastik masing-masing.
5. Menyiapkan air secukupnya di dalam gelas ukur.
6. Mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan sampel BT3B.

3.5.2 Tahap Pembuatan Sampel BT3B

Secara keseluruhan tujuan dari tahap ini adalah untuk membuat sampel BT3B sehingga bisa dilakukan berbagai pengujian untuk melihat sifat fisik dan mekaniknya. Adapun tahap pembuatan sampel BT3B menggunakan tanah silt, antara lain sebagai berikut.

1. Tuangkan semua bahan ke dalam wadah dengan ratio yang sudah ditentukan (seri 1: tanah 75%, pasir 10%, semen 10%, CaO 5% ; seri 2: tanah 75%, pasir 10%, semen 5%, CaO 10% ; seri 3: tanah 75%, pasir 10%, CaO 15%) dan aduk bahan hingga tercampur secara merata.
2. Tuangkan air dari gelas ukur sedikit demi sedikit, kemudian aduk lagi menggunakan scrap sampai merata. Jangan sampai adonan terlalu lembek karena akan meluber ketika dipadatkan menggunakan mesin nantinya.

3. Kepal adonan menggunakan tangan untuk melihat bahwa tekstur adonan BT3B telah sesuai. Jika saat dikepal adonan menjadi padat dan tidak hancur, maka adonan sudah siap untuk dimasukkan ke dalam cetakan dengan ukuran 20×10×5 cm.
4. Padatkan adonan BT3B menggunakan mesin *hydraulic press* dengan tekanan 5 MPa.
5. Keluarkan BT3B dari cetakan, kemudian ukur tebal BT3B menggunakan penggaris sampai mendapatkan tebal kurang lebih 5 cm.
6. Jika BT3B yang dihasilkan melebihi atau kurang terlalu jauh dari 5 cm, maka ulangi pembuatan BT3B mulai dari tahap 1 dengan berat agregat keseluruhan yang berbeda.
7. Jika tebal BT3B telah sesuai, letakkan BT3B ke dalam rak dan biarkan mengering dengan suhu ruang selama 28 hari.
8. Berikan pula kode pada BT3B agar tidak tertukar dengan seri lainnya.

Berikut ini adalah komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian untuk membuat BT3B dengan tambahan kalsium oksida (Tabel 3.3).

Tabel 3.3: Komposisi campuran BT3B.

No.	Tanah Lanau *(Silt)*	Pasir	Semen	CaO	Air	Jumlah
Control	1200 gr	160 gr	240 gr	-	350 ml	9 buah
I	1200 gr	160 gr	160 gr	80 gr	350 ml	9 buah
II	1200 gr	160 gr	80 gr	160 gr	350 ml	9 buah
III	1200 gr	160 gr	-	240 gr	350 ml	9 buah

3.6 Prosedur Pengujian BT3B

3.6.1 Sifat Tampak Luar

Batu merah pejal untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang, memiliki rusuk-rusuk siku yang tajam, bidang-bidang datar yang rata, tidak menunjukkan retak-retak (SNI 15-2094-2000).

Berdasarkan ketentuan tersebut, maka pengujian sifat tampak luar hanya perlu dilakukan dengan mengecek kondisi fisik dari sampel BT3B yang akan di uji.

3.6.2 Sifat Ukuran

Ukuran dan toleransi bata merah pejal untuk pasangan dinding di bagi menjadi beberapa modul menurut SNI 15-2094-2000. Ukuran dan toleransi BT3B tertera pada Tabel 3.3.

Tabel 3.4: Ukuran dan toleransi bata merah (SNI 15-2094-2000).

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

3.6.3 Pengujian Indeks Plastisitas

Standar cara uji penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas tanah bertujuan untuk menentukan batas terendah kadar air ketika tanah dalam keadaan plastis dan angka indeks plastisitas suatu tanah (SNI 1966:2008).

3.6.3.1 Batas Cair *(Liquid Limit)*

Adapun prosedur pengujian batas cair tanah adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam pengujian. Dalam hal ini, peralatan meliputi *groving tool* dan *casagrande,* cawan, scrap, plat kaca, timbangan digital, oven, serta kertas untuk menulis hasil pengujian. Sedangkan bahan meliputi tanah yang akan di uji dan air.
2. Menimbang keempat cawan kemudian catat hasilnya.
3. Menuangkan sampel tanah di atas kaca kemudian berikan air suling sedikit demi sedikit dan aduk secara homogen.
4. Meletakkan adonan di atas mangkok alat batas cair sebatas separuh isi dari mangkok, kemudian ratakan permukaannya setebal 1 cm.
5. Membagi sampel yang sudah rata menjadi 2 bagian simetris menggunakan *groving tool*
6. Memutar alat batas cair secara konstan dengan kecepatan 2 putaran per detik sampai kedua sampel yang berjarak menyatu.
7. Memasukkan sampel yang telah di uji ke dalam cawan yang berbeda untuk ketukan ke-10, 20, 30 dan 40.
8. Menimbang keempat cawan yang telah diisi sampel tanah kemudian catat hasilnya.
9. Masukkan cawan yang berisi sampel tanah ke dalam oven dengan suhu 110˚C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya.
10. Mengeluarkan keempat sampel dari dalam oven kemudian timbang lagi dan catat hasilnya.
11. Pengujian selesai.

3.6.3.2 Batas Plastis *(Plastic Limit)*

Adapun prosedur pengujian batas plastis pada tanah adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam pengujian. Peralatan yang dibutuhkan meliputi cawan, penggaris, plat kaca, timbangan digital, oven, serta kertas untuk mencatat hasil pengujian. Sedangkan bahan yang dibutuhkan yakni tanah dan air suling.
2. Menimbang keempat cawan kemudian catat hasilnya.
3. Meletakkan sampel tanah pada plat kaca dan beri air suling sedikit demi sedikit kemudian di aduk secara merata.

4. Mengambil sedikit sampel kemudian buat bola-bola berdiameter 2cm.
5. Menjatuhkan bola-bola tanah untuk mengetahui kadar airnya. Jika bola-bola tanah langsung menempel pada plat kaca dan tidak menggelinding ke sebelahnya berarti kadar airnya terlalu tinggi. Sedangkan bola-bola yang sesaat setelah dilempar menggelinding dan bentuknya tetap bulat, maka kadar airnya sudah sesuai.
6. Membagi bola-bola dengan kadar air yang telah sesuai menjadi dua dan memilinnya di atas plat kaca dengan ketentuan panjang dan diameter sesuai dengan Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Ketentuan panjang dan diameter tanah pengujian batas plastis.

Non-Plastis	Tanah jika di gulung-gulung sepanjang 40 mm, tebal 6 mm tidak bisa terbentuk
Agak Plastis *(Slightly Plastic)*	Tanah dapat di gulung sepanjang 40 mm dengan tebal 6 mm dan dapat menahan beratnya sendiri, tetapi bila tebalnya 4 mm, tanah menjadi tidak dapat menahan beratnya sendiri
Semi Plastis *(Moderately Plastic)*	Tanah dapat di bentuk menjadi gulungan sepanjang 40 mm dengan tebal 4 mm dan dapat menahan beratnya sendiri, tetapi bila tebalnya 2 mm, tanah menjadi tidak dapat menahan beratnya sendiri
Sangat Plastis *(Very Plastic)*	Tanah dapat di bentuk menjadi gulungan sepanjang 40 mm dengan tebal 2 mm dan dapat menahan beratnya sendiri

1. Masukkan tanah yang sudah di gulung ke dalam cawan, timbang cawan beserta sampel tanah kemudian catat hasilnya.
2. Masukkan sampel dan cawan ke dalam oven dengan suhu 110˚C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya.
3. Keluarkan sampel dan cawan dari dalam oven, kemudian timbang lagi dan catat hasilnya.
4. Pengujian selesai.

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dengan batas plastis. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai indeks plastisitas maka digunakan rumus pada Pers. 3.1

$$PI = PP - PL \quad (3.1)$$

Keterangan :

PI = Indeks Plastisitas (%)

PP = Batas Cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

3.6.4 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah *(specific gravity)* adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu (Lilipaly dkk., 2024).

Pengujian berat jenis pada bata dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Menyiapkan sampel BT3B yang ingin di uji.
2. Mengukur masing-masing dimensi BT3B, mulai dari panjang, lebar dan tinggi BT3B, kemudian catat hasilnya.
3. Menimbang berat masing-masing BT3B menggunakan timbangan digital kemudian catat hasilnya.
4. Melakukan analisis terhadap data yang telah didapatkan.
5. Pengujian selesai.

3.6.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan BT3B menggunakan mesin *Compression Testing Machine* (CTM) dengan prinsip kerja yaitu memberikan gaya tekan sedikit demi sedikit secara teratur pada benda uji semaksimal mungkin sampai benda uji mengalami retak atau patah.

Pengujian kuat tekan didasarkan pada SNI 15-2094-2000. Adapun prosedur pengujian kuat tekan pada BT3B adalah sebagai berikut.

1. Mengukur panjang, lebar dan tinggi sampel menggunakan penggaris atau jangka sorong dan menimbang berat kering sampel menggunakan timbangan digital.
2. Meletakkan plat besi dengan sisi yang rata di tengah area pembebanan, kemudian meletakkan sempel benda uji tepat ditengahnya dan di tutup lagi dengan plat besi lainnya.
3. Menyalakan mesin CTM dan akan memberi beban tekanan secara otomatis yang bergerak secara konstan sampai beban maksimum.
4. Menghentikan proses uji tekan apabila sampel telah patah atau retak, kemudian melihat hasil rekaman data pada mesin CTM di monitor.
5. Mencatat hasil parameter beban maksimum *(load)*.
6. Melakukan analisis pada data yang didapatkan.
7. Pengujian selesai.

3.6.6 Pengujian Penyerapan Air *(Water Absorption)*

Pengujian daya serap *(water absorption)* pada bata merupakan proses penting untuk menentukan kualitas dan ketahanan material tersebut terhadap air. Pengujian ini membantu menganalisis sifat bata pada konstruksi tertentu apabila terpapar hujan dan kelembaban. Pengujian ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Memilih sampel BT3B yang ingin di uji
2. Menimbang sampel BT3B kering (W_1), kemudian mencatat hasilnya.
3. Menyiapkan ember yang telah diisi dengan air.
4. Memasukkan sampel BT3B ke dalam air rendaman selama 24 jam.
5. Mengeluarkan sampel BT3B dan mengeringkannya di dalam oven dengan 105°C hingga 110°C selama 24 jam.
6. Mengeluarkan BT3B dari dalam oven, kemudian mendinginkannya di ruangan sampai suhu kamar.
7. Menimbang kembali sampel BT3B yang telah dingin dan catat hasilnya.
8. Menganalisa data yang telah didapatkan.

9. Pengujian selesai.

3.6.7 Pengujian Kadar Garam *(Efflorescence)*

Pengujian kadar garam pada BT3B merupakan proses penting untuk menentukan kualitas dan keamanan material tersebut dalam konstruksi. Kadar garam yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan struktural pada BT3B yang nantinya akan membahayakan struktur bangunan yang menggunakan material ini. Pengujian kadar garam dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian.
2. Membersihkan permukaan BT3B menggunakan kuas atau alat sejenisnya sampai.
3. Mengukur masing-masing dimensi BT3B mulai dari panjang, lebar, dan tingginya, kemudian catat hasilnya.
4. Menempatkan BT3B satu per satu ke dalam ember secara vertikal.
5. Menuangkan air suling atau air murni ke dalam ember. Pada proses ini BT3B tidak perlu direndam sampai seluruh permukaannya terkena air, cukup sebagian atau seperempat bagiannya saja.
6. Mendiamkan BT3B selama 2-3 hari.
7. Memeriksa permukaan BT3B apakah timbul bintik-bintik putih atau tidak.
8. Menghitung luas permukaan yang terdapat bintik-bintik putih (A) apabila ditemukan adanya bintik-bintik putih pada BT3B setelah pengujian. Jika tidak ditemukan adanya bintik-bintik putih, maka BT3B sudah dianggap baik dan memenuhi standar.
9. Menghitung berapa persen bintik-bintik putih yang terdapat pada permukaan BT3B. BT3B dapat dikatakan baik apabila bintik-bintik putih kurang dari 50% dari luas total permukaan BT3B.
10. Pengujian selesai.

3.6.8 Pengujian Daya Tahan

Pengujian daya tahan BT3B diatur dalam ASTM C67. Pengujian daya tahan ini dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan BT3B terhadap perubahan kondisi

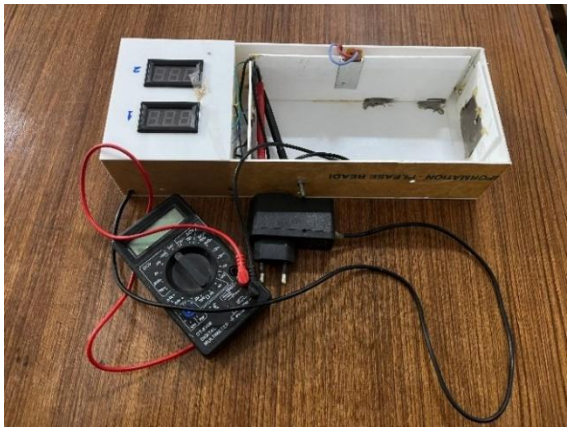
lingkungan agar BT3B dapat dipastikan mampu bertahan dalam kondisi cuaca ekstrem sekalipun.

Adapun prosedur untuk melakukan pengujian daya tahan pada BT3B menurut ASTM C67 adalah sebagai berikut.

1. Pilih sampel BT3B yang representatif untuk diuji.
2. Bersihkan permukaan untuk menghilangkan kotoran atau material lepas, karena dapat mengganggu proses penyerapan dan pengeringan.
3. Timbang berat setiap BT3B yang akan di uji menggunakan timbangan digital, kemudian catat hasilnya (W_0)
4. Rendam BT3B sepenuhnya pada suhu ruangan selama 24 jam.
5. Angkat BT3B dan bersihkan sisa air permukaan.
6. Tempatkan BT3B yang basah ke dalam oven pengering dengan suhu 105°C hingga 110°C selama 24 jam.
7. Keluarkan BT3B dari oven dan biarkan dingin hingga mencapai suhu ruangan.
8. Timbang kembali BT3B yang telah dikeringkan kemudian catat hasilnya (W_1).
9. Ulangi tahap 4 sampai 8 sampai BT3B mengalami 12 kali siklus pembasahan dan pengeringan secara lengkap.
10. Setiap satu kali pengulangan pembasahan dan pengeringan, berat setiap BT3B yang dicatat diberikan kode W sesuai jumlah pengulangannya.
11. Percobaan selesai.

3.6.9 Pengujian Konduktivitas Panas

Pengujian konduktivitas panas adalah proses untuk mengukur kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan panas. Dengan melakukan pengujian ini, para *engineer* nantinya dapat membuat keputusan yang baik mengenai penggunaan material dalam berbagai konstruksi. Konduktivitas panas dihitung dengan menghitung nilai hambatan listriknya. Gambar 3.25 merupakan alat yang akan digunakan untuk melakukan pengujian konduktivitas panas pada BT3B.



Gambar 3.25: Alat pengujian konduktivitas panas.

Adapun prosedur pengujian konduktivitas panas adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan sampel BT3B yang ingin di uji.
2. Meletakkan BT3B ke dalam alat khusus pengujian termal, kemudian nyalakan alat tersebut.
3. Menunggu selama beberapa saat sampai alat tersebut menyalurkan panas kepada BT3B.
4. Mencatat hasil yang ditunjukkan oleh alat tersebut.
5. Pengujian selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan melewati beberapa tahapan, mulai dari pendahuluan, persiapan material, penentuan proporsi *mix design,* pembuatan sampel, pengujian, hingga ke pengolahan data. Mulai dari tahap persiapan material hingga pengujian sampel dilaksanakan seluruhnya di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sedangkan untuk pengolahan data di analisis secara kuantitatif menggunakan metode statistik.

4.2 Analisa Pemeriksaan Bahan

Analisa pemeriksaan bahan sebelum memproduksi batu bata dilakukan untuk memastikan bahwa kualitas bahan baku utama (biasanya tanah liat atau lempung) memenuhi persyaratan teknis sehingga produk akhir memiliki mutu yang baik (Nur dkk., 2024). Pada penelitian ini analisa pemeriksaan bahan yang dilakukan yakni pemeriksaan tanah lanau meliputi analisa butiran, kadar air, dan IP tanah serta pemeriksaan agregat halus meliputi analisa butiran, kadar lumpur, dan kadar air.

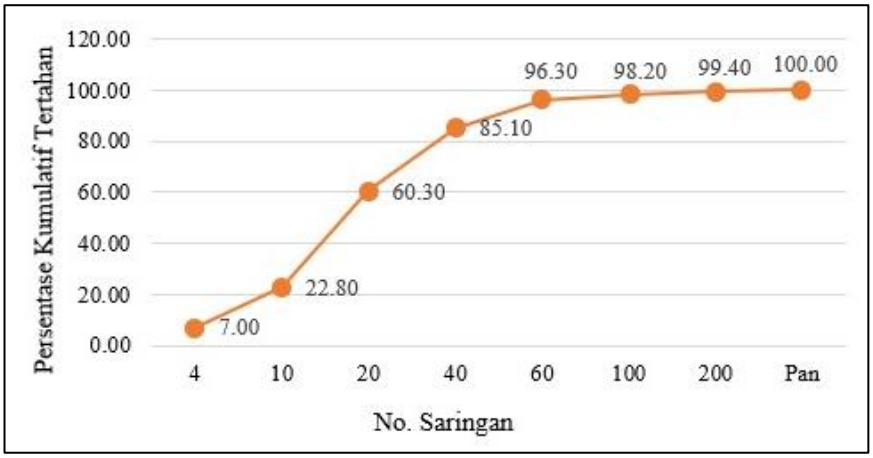
4.2.1 Analisa Pemeriksaan Tanah

4.2.1.1 Analisa Gradasi Tanah Lanau

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah lanau yang berasal dari . Pengujian analisa gradasi dilakukan menggunakan alat *sieve shaker* mulai saringan terbesar sampai ke terkecil (Pan) seperti pada Gambar 4.1. Pengujian ini merupakan tahapan utama untuk memastikan bahwa distribusi ukuran butir tanah berada dalam rentang yang ideal sebagai bahan yang dapat dibentuk dan dikeringkan menjadi batu bata sesuai standar mutu industri (Akintola dkk., 2024).

Gambar 4.1: Analisa gradasi tanah lanau menggunakan *sieve shaker.*

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti Lampiran 1 dan Gambar 4.2. Diperoleh hasil bahwa tanah tertahan ayakan No. 200 sebesar 1,2%, maka tanah dikategorikan berbutir kasar. Benda uji yang tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) diklasifikasikan sebagai tanah kasar jika lebih dari 50% dari massa keringnya.

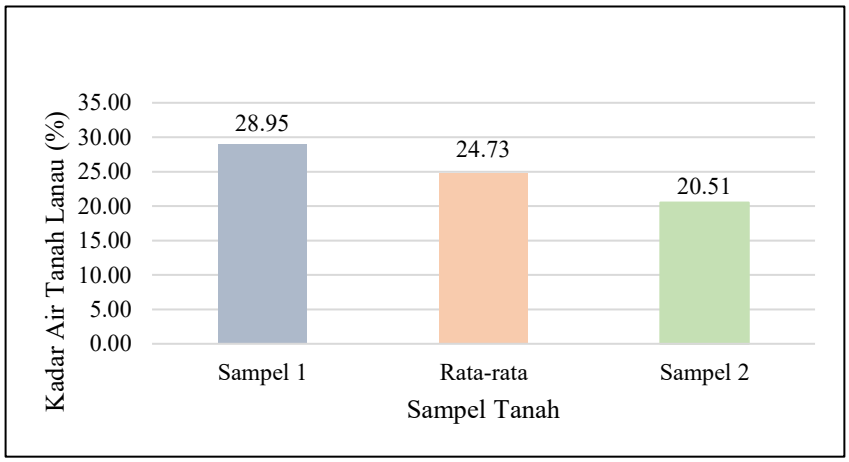


Gambar 4.2: Grafik kumulatif tanah tertahan tanah lanau.

4.2.1.2 Kadar Air Tanah Lanau

Kadar air tanah adalah hasil perbandingan antara berat tanah saat kondisi kering terhadap berat semula tanah yang dinyatakan dalam persen (%). Kadar air yang tepat memastikan tanah liat tidak terlalu basah atau terlalu kering, sehingga mudah dibentuk dan dipotong menjadi bata. Campuran dengan kadar air yang

sesuai akan menghasilkan tekstur yang homogen dan mudah dibentuk. Penyusutan volume selama pengeringan dan pembakaran disebabkan oleh kandungan air yang lebih tinggi saat pembuatan bata. Penyusutan ini berpotensi menyebabkan retak dan kelengkungan pada bata, sehingga sulit digunakan secara struktural (Herlina dkk., 2015).



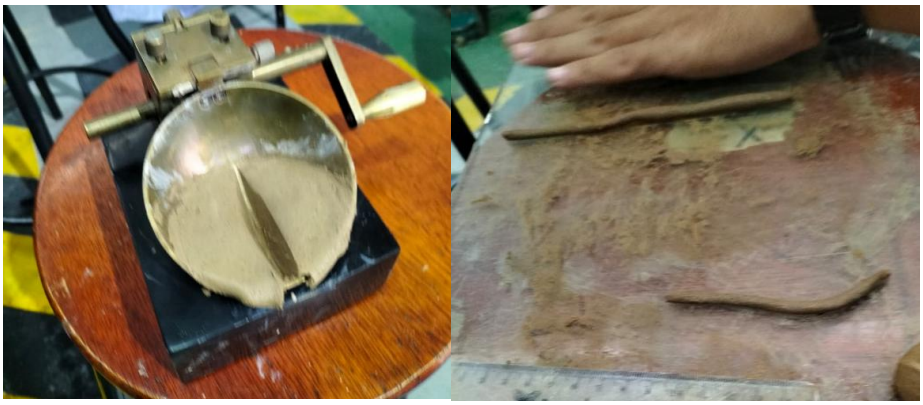
Gambar 4.3: Grafik kadar air pada tanah lanau.

Sesuai dengan Lampiran 2 dan Gambar 4.3, didapatkan hasil kadar air pada tanah lanau sebesar 28,95% pada sampel 1 dan 20,51% pada sampel 2 sehingga untuk rata-rata kadar air sebesar 24,73%. Tanah disebut sebagai jenuh air (*saturated soil)* ketika kadar air mencapai 100% atau bahkan lebih sehingga menyebabkan tanah kehilangan kekuatan dan stabilitasnya. Sedangkan, jika kadar air kurang dari 20% maka disebut tanah kering yang umumnya keras dan agak plastis, sehingga kurang cocok untuk pembuatan bata (Lutfiana dkk., 2024). Sehingga hasil pengujian kadar air tanah lanau sebesar 24,73% pada pengujian ini di sebut normal.

4.2.1.3 Analisa Indeks Plastisitas Tanah Lanau

Tujuan analisa indeks plastisitas tanah adalah untuk menentukan ambang batas plastisitas tanah yang memengaruhi kemudahan pembentukan dan kemungkinan penyusutan atau retak selama proses pengeringan dan pembakaran. Pengujian batas Atterberg dibagi menjadi dua jenis: plastis (PL) dan cair (LL). Jenis pengujian ini menggunakan rumus uji kadar air.

Batas cair tanah adalah kadar air pada tanah di mana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi cair. Tanah mulai kehilangan kekuatan gesernya dan berperilaku seperti cairan pada periode ini. Dalam istilah teknis, batas cair (*Liquid Limit*, LL) adalah indikator kadar air spesifik di mana tingkat air yang diukur selama pengujian *Casagrande* kembali normal setelah 25 ketukan seperti pada Gambar 4.4. Batas cair menunjukkan batas atas dari wilayah plastis tanah. Sedangkan, batas plastis tanah adalah kadar air terendah pada tanah di mana tanah mulai bersifat plastis, yaitu tanah dapat dibentuk atau digulung tanpa retak. Ketika diameter silinder tanah mencapai sekitar 3 mm, tanah akan mulai mengalami keretakan pada kadar air ini. Batas plastis menandakan batas bawah dari wilayah plastis tanah.



Gambar 4.4: Pengujian atterberg tanah lanau.

Sesuai dengan data pada Lampiran 3, didapatkan hasil batas cair tanah (LL) sebesar 40,19% dan batas plastis tanah sebesar 21,49%. Oleh karena itu, dengan mengikuti rumus indeks plastisitas tanah merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis, maka didapatkan hasil indeks plastisitas sebesar 18,70%.

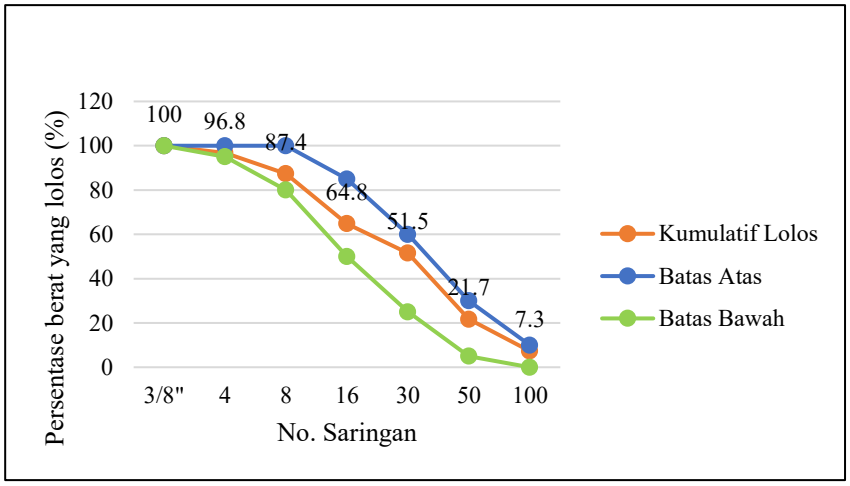
4.2.2 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus adalah bahan granular, biasanya merupakan produk sampingan dari proses pemecahan batu besar menjadi butiran yang lebih kecil, atau hasil dari industri pemecah batu. Menurut SNI, ukuran agregat halus umumnya memiliki butiran maksimum 4,75 hingga 5,0 mm, yang lebih kecil dari saringan No. 4 tetapi

lebih besar dari saringan No. 200. Sebagai komponen utama bata tanpa bakar, agregat halus (pasir) membantu membentuk struktur padat dan kompak, memberikan kepadatan yang kuat dan porositas yang terkendali, yang mempengaruhi kekuatan tekan bata tanpa bakar (Pah dkk., 2019).

4.2.2.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Sama dengan analisa gradasi tanah, analisa gradasi pada agregat halus juga dilakukan menggunakan alat *sieve shaker* mulai dari saringan terbesar yaitu No. 3/8" sampai dengan saringan terkecil yaitu Pan. Pengujian analisa gradasi pada agregat halus dilakukan guna memastikan gradasi atau distribusi ukuran butiran agregat halus sesuai standar agar campuran bata menjadi padat, kompak, dan tidak mudah retak saat kering.



Gambar 4.5: Grafik analisa gradasi agregat halus.

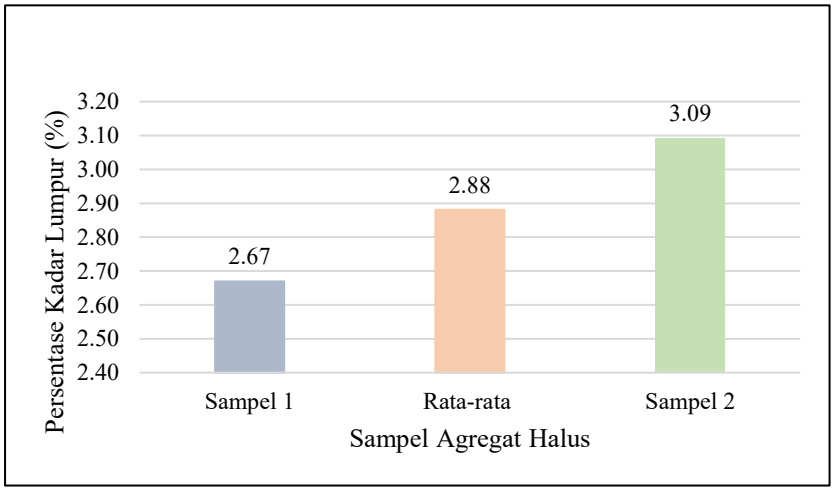
Dari Lampiran 4 dan Gambar 4.5, hasil modulus kehalusan *(finses modulus)* dapat dihitung sebagai berikut.

Modulus kehalusan *(finses modulus)*$=\frac{270,5}{100}=$ 2,705%

Didapatkan hasil pengujian modulus kehalusan sebesar 2,705%, dimana nilai tersebut masih dalam batas yang diizinkan, yakni 1,5%-3,8%.

4.2.2.2 Analisa Kadar Lumpur Agregat Halus

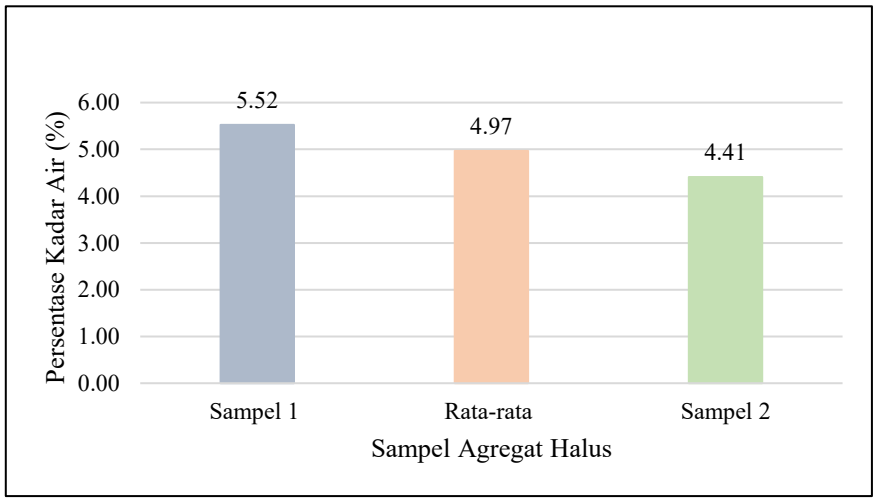
Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan membandingkan berat agregat halus sebelum di cuci dan dalam keadaan kering dengan berat agregat setelah di cuci dan dikeringkan kembali. Selisih berat itulah yang kemudian diakumulasikan sebagai berat lumpur yang terkandung dalam pasir. Sesuai grafik pada Gambar 4.6, didapatkan hasil kadar lumpur pada Sampel 1 sebesar 2,67% dan pada Sampel 2 sebesar 3,09%, sehingga didapatkan kadar lumpur rata-rata agregat halus sebesar 2,88%. SK SNI S-04-1989-F menyatakan batas maksimal kadar lumpur agregat halus sebesar 5%. Oleh karena itu, nilai kadar lumpur sebesar 2,88% masih memenuhi batas kadar lumpur yang diizinkan sehingga tidak perlu di cuci sebelum digunakan.



Gambar 4.6: Grafik kadar lumpur agregat halus.

4.2.2.3 Analisa Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air dilakukan dengan mencari selisih berat SSD agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering *(oven dry).* Pengujian ini dilakukan untuk memudahkan *mixing* adonan saat pembuatan sampel, jika kadar air suatu agregat tinggi, maka penambahan air dalam campuran harus dikurangi, begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.7: Grafik kadar air agregat halus.

Sesuai dengan Lampiran 6 dan Gambar 4.7, didapatkan hasil kadar air sebesar 5,52% pada sampel 1 dan 4,41% pada sampel 2 sehingga didapatkan rata-rata kadar air air sebesar 4,97%. Hasil tersebut memenuhi standar dalam rentan 2%-20%.

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Sampel BT3B

Sampel BT3B yang dibuat sebanyak 9 buah untuk setiap variasinya akan melalui proses pengujian mulai dari *Non-Destructive Test* (NDT) seperti sifat tampak luar, sifat ukuran, berat jenis, dan konduktivitas panas hingga *Destructive Test* (DT) seperti kuat tekan, penyerapan air, kadar garam, dan daya tahan. Tahap pengujian dilakukan saat BT3B mencapai umur 28 hari. Pada sub bab ini akan dijelaskan hasil beserta analisa dari masing-masing pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.3.1 Analisa Sifat Tampak Luar BT3B

Berdasarkan pengamatan visual secara langsung didapatkan bahwa semua sampel BT3B, baik dari seri control, I, II, dan III memenuhi kriteria. Seri BT3B yang memiliki bidang rata dengan sudut siku dan tajam sebanyak 100%. Begitu pula dengan bata yang tidak nyaring bila dipukul, tidak memiliki keretakan, serta memiliki warna yang seragam juga sebanyak 100%. Namun, sampel BT3B yang

sudah kering memiliki warna abu-abu cerah, bukan merah kecoklatan seperti bata pada umumnya (Gambar 4.8). Hal ini terjadi karena penggunaan bahan baku tanah lanau dan semen yang memiliki warna keabuan, serta penambahan bubuk kalsium oksida yang berwarna putih bersih.

Gambar 4.8: Sampel BT3B tanah silt dengan campuran kalsium oksida.

4.3.2 Analisa Sifat Ukuran BT3B

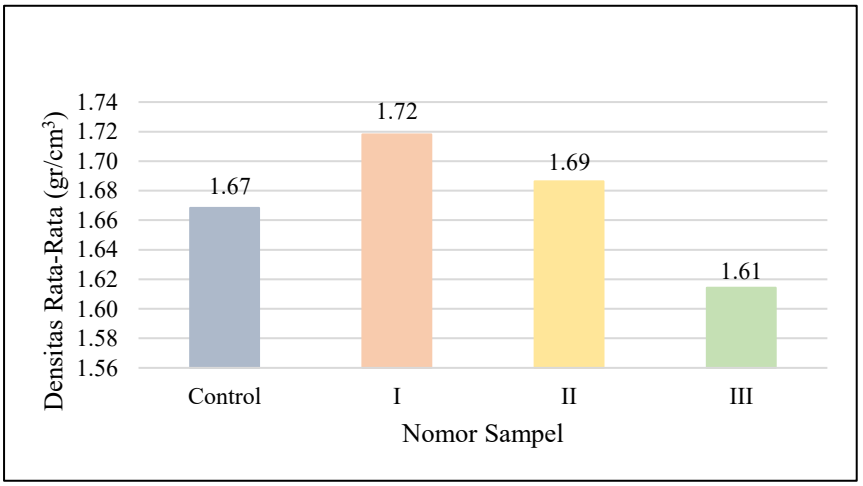
Sampel BT3B yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki ukuran 20 cm x 10 cm x 5 cm. Sampel BT3B ini memiliki keseragaman ukuran yang baik karena dicetak menggunakan mesin press dengan tekanan 5 MPa sehingga mampu menunjang kualitas bangunan.

Gambar 4.9: Pengukuran sampel BT3B.

4.3.3 Analisa Densitas BT3B

Densitas didefinisikan sebagai massa suatu benda (Gambar 4.10) per satuan volume, biasanya dinyatakan dalam satuan gram per sentimeter kubik (gr/cm³) atau kilogram per meter kubik (kg/m³). Densitas memengaruhi beberapa sifat material: semakin besar massa dalam volume tertentu, semakin tinggi kepadatan material tersebut. Densitas yang memenuhi standar menunjukkan bahwa material tersebut kokoh dan memiliki sedikit rongga udara, yang menandakan kualitas yang baik. Bata dengan densitas tinggi cenderung lebih kuat dan tahan lama, sementara bata dengan kepadatan rendah biasanya lebih rapuh dan mudah hancur (Sulistia, 2023).

Gambar 4.10: Penimbangan sampel BT3B.



Gambar 4.11: Grafik densitas rata-rata BT3B.

Sesuai dengan Lampiran 8 dan Gambar 4.11, didapatkan bahwa semua sampel BT3B memenuhi spesifikasi berat jenis yang berkisar antara 1,60 gr/cm^3-2,00 gr/cm^3 (BSN, 20000). Namun, hasil densitas tertinggi di dapat pada Seri I sebesar 1,72 gr/cm^3, diikuti BT3B seri II sebesar 1,69 gr/cm^3.

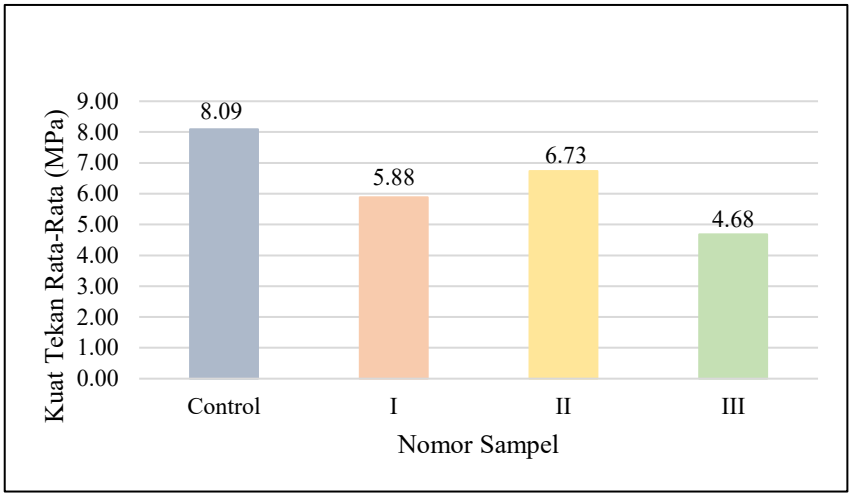
4.3.4 Analisa Kuat Tekan BT3B

Kuat tekan menunjukkan kemampuan BT3B menahan beban tekan tanpa retak atau hancur. Ini adalah parameter utama dalam menilai mutu bata sebagai bahan bangunan yang kokoh dan aman saat digunakan dalam konstruksi (D. Margareta dkk., 2021).

Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan dilakukan saat BT3B berumur diatas 28 hari. BT3B yang telah memasuki usia 28 hari di uji menggunakan *compression machine* dengan kapasitas 5 ton (Gambar 4.12). Pengujian dihentikan saat sampel BT3B sudah mulai menunjukkan keretakan di salah satu sisinya. Sampel BT3B yang di uji berjumlah 12 buah, dengan masing-masing 3 buah di setiap serinya.

(a) (b)

Gambar 4.12: Pengujian kuat tekan BT3B. a) Proses pengujian menggunakan mesin kompres. b) Sampel BT3B yang telah mengalami keretakan setelah pengujian.



Gambar 4.13: Grafik kuat tekan BT3B.

Dari hasil pengujian, diperoleh hasil kuat tekan maksimum berada pada seri control yakni sebesar 8,09 MPa. Hal ini tentu terjadi karena pada seri control bahan pengikatnya hanya berupa semen dengan kadar yang lebih tinggi persentasenya dibandingkan seri lainnya. Sedangkan untuk seri I, II, dan III, terdapat kombinasi mix design antara bahan pengikat semen dan kalsium oksida. Jika dilihat dari penambahan zat kalsium oksida, maka seri dengan nilai kuat tekan tertinggi berada pada seri II sebesar 6,73 MPa, dimana pada seri tersebut terdapat penggunaan semen sebesar 5% dan kalsium oksida sebesar 10%. Sedangkan untuk seri dengan nilai kuat tekan terendah berada pada seri III sebesar 4,68 MPa, dimana penggunaan semen digantikan seluruhnya dengan kalsium oksida.

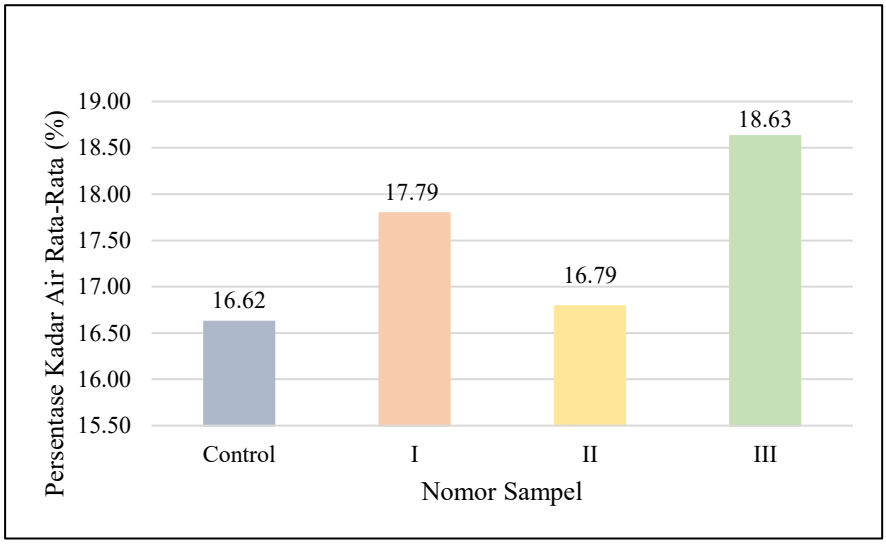
4.3.5 Analisa Daya Serap BT3B *(Water Absorption)*

Kemampuan menyerap air memengaruhi kekuatan dan ketahanan bata saat dibangun. Bata yang menyerap air terlalu banyak akan menyebabkan adukan (semen perekat) kehilangan air berlebih, yang akan menurunkan ikatan kekuatan dan mungkin melemahkan struktur bangunan. Daya serap tinggi biasanya menandakan bata dengan pori-pori besar dan kepadatan rendah, sehingga lebih rentan terhadap kerusakan akibat cuaca dan kelembaban (Ardi & Iswadi, 2016).

Untuk memastikan bata layak pakai di lapangan, SNI menetapkan batas minimum daya serap, yakni tidak lebih dari 20%.

(a) (b)

Gambar 4.14: Pengujian daya serap BT3B. a) Perendaman sampel BT3B. b) Penimbangan sampel BT3B setelah perendaman.



Gambar 4.15: Grafik daya serap pada BT3B.

Dari hasil penelitian, diperoleh semua variasi BT3B memenuhi standar SNI tentang nilai daya serap yang diijinkan yaitu dibawah 20%. Untuk nilai daya serap air terbaik didapatkan pada seri control sebesar 16,62% dan diikuti seri II sebesar 16,79%.

4.3.6 Analisa Kadar Garam BT3B *(Efflorescence)*

Larut dan kadar garam yang terdapat dalam batu bata dapat menyebabkan kerusakan struktural pada permukaan batu bata. Garam-garam seperti kalium sulfat (K_2SO_4), magnesium sulfat ($MgSO_4$), dan natrium sulfat (Na_2SO_4) dapat membentuk kristal yang menimbulkan tekanan pada pori-pori batu bata dan mencegah pengelupasan, retak, dan pelapukan batu bata (Forest dkk., 2017).

Tujuan pengujian kadar garam adalah untuk memastikan bahwa batu bata tidak mengandung garam dalam kadar yang berlebihan. Standar pengujian umumnya menyatakan bahwa tidak boleh lebih dari 50% permukaan batu bata tertutup oleh lapisan garam putih, dan total garam berbahaya biasanya berkisar antara 1% hingga 2%.

(a) (b)

(c)

Gambar 4.16: Proses pengujian kadar garam pada BT3B.
a) Awal pengujian b) Setelah 4 hari pengujian c) Akhir pengujian

Dalam pengujian didapatkan bahwa pada semua variasi BT3B memiliki kandungan garam sebesar 0% sehingga memenuhi standar SNI tentang kandungan garam yang diijinkan pada bata yaitu di bawah 50%. Bisa dilihat pada Gambar 4.12(a) yakni kondisi awal BT3B saat awal dilakukan pengujian, Gambar 4.12 (b) yakni kondisi BT3B setelah 4 hari dilakukan pengujian, dan Gambar 4.12 (c) yakni kondisi akhir BT3B setelah dilakukan pengujian. Dari kondisi awal dan kondisi akhir BT3B tidak ditemukan adanya bintik-bintik putih yang menandakan adanya kadar garam.

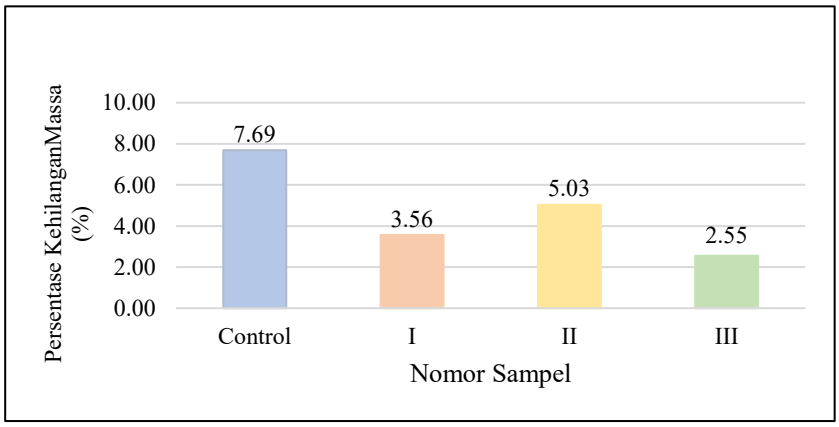
4.3.7 Analisa Daya Tahan BT3B

Pengujian daya tahan pada bata dilakukan untuk memastikan bata tidak hanya kuat di awal, tetapi tetap mempertahankan kekuatannya selama digunakan dalam jangka waktu lama terhadap beban mekanik, kondisi lingkungan, dan faktor degradasi selama pemakaian (Apriansyah dkk., 2022). Pada pengujian ini, sampel BT3B akan di rendam dan dikeringkan ke dalam oven sebanyak 12 kali pengulangan sesuai Gambar 4.17, hingga kemudian didapatkan hasil W_0 dan W_{12} untuk mencari persentase kehilangan massa pada BT3B selama dilakukan pengujian.

Analisa persentase kehilangan massa pada BT3B dilakukan untuk memahami bagaimana massa BT3B berubah setelah proses seperti perendaman atau pembakaran, yang menentukan karakteristik fisik dan kekuatan BT3B. Penelitian ini sangat penting untuk menentukan kerusakan atau degradasi BT3B akibat faktor eksternal seperti udara atau kimia, serta untuk memperkirakan perubahan tekanan udara dan volume yang memengaruhi kualitas dan umur pakai BT3B.

(a) (b)

Gambar 4.17: Proses pengujian daya tahan BT3B.
a) Pengangkatan sampel BT3B dari wadah perendaman b) Penyusunan sampel BT3B di dalam oven untuk proses pengeringan



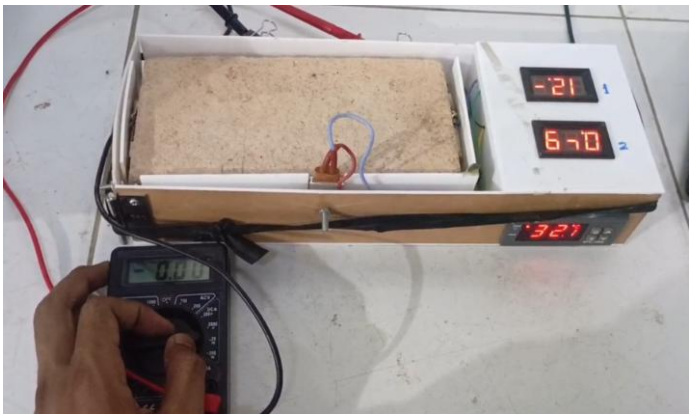
Gambar 4.18: Grafik persentase kehilangan massa BT3B.

Dari pengujian diperoleh persentase kehilangan massa terendah terjadi pada BT3B seri III sebesar 2,55% dan diikuti seri I sebesar 3,56%. Sedangkan persentase kehilangan massa tertinggi terjadi pada seri control sebesar 7,69%.

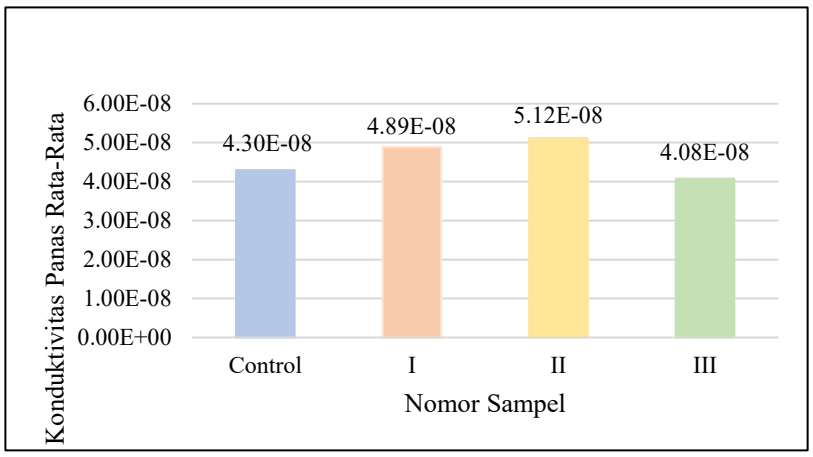
4.3.8 Analisa *Thermal Conductivity* BT3B

Pengujian konduktivitas termal *(thermal conductivity)* pada BT3B dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata dalam menghantarkan atau menghambat panas. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa efektif BT3B sebagai bahan isolasi panas: semakin rendah nilai konduktivitas, semakin baik BT3B tersebut

menghambat perpindahan panas, sehingga dapat membantu menjaga suhu interior bangunan agar stabil dan meningkatkan efisiensi energi. Pengujian ini penting terutama untuk menilai kinerja bata sebagai material dinding yang ramah lingkungan dan hemat energi, karena bahan dengan konduktivitas termal rendah akan mengurangi kebutuhan pendinginan atau pemanasan di dalam bangunan (Forest dkk., 2017).



Gambar 4.19: Proses pengujian konduktivitas panas BT3B.



Gambar 4.20: Grafik konduktivitas panas pada BT3B.

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa sampel BT3B dengan nilai konduktivitas panas terendah berada pada seri III yaitu sebesar $4{,}08 \times 10^{-8}$, diikuti seri control sebesar $4{,}30 \times 10^{-8}$ dan nilai konduktivitas terbesar berada pada seri II yaitu sebesar $5{,}12 \times 10^{-8}$.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan kalsium oksida terhadap karakteristik fisik dan mekanik BT3B tanah *silt*, antara lain:
   a. Dari segi karakteristik fisik
      - Sifat tampak luar BT3B dengan atau tanpa tambahan kalsium oksida tidak memiliki perbedaan.
      - Sifat ukuran BT3B dengan atau tanpa tambahan kalsium oksida memiliki ukuran yang seragam.
      - Densitas BT3B dengan tambahan kalsium oksida memiliki kenaikan sebesar 1,718 gr/cm^3 pada BT3B seri I.
   b. Dari segi karakteristik mekanik
      - Nilai kuat tekan BT3B dengan tambahan kalsium oksida memiliki penurunan sebesar 6,73 MPa untuk seri II dari BT3B tanpa tambahan kalsium oksida sebesar 8,09 MPa.
      - Nilai daya serap BT3B tanpa tambahan kalsium oksida lebih baik sebesar 16,62% daripada BT3B dengan tambahan kalsium oksida sebesar 16,79% pada seri II.
      - Kandungan garam pada BT3B dengan atau tambahan kalsium oksida tidak memiliki perbedaan, yaitu sebesar 0%.
      - Persentase kehilangan massa pada uji daya tahan untuk BT3B dengan tambahan kalsium oksida lebih unggul sebesar 2,55% pada seri III.
      - Konduktivitas termal BT3B dengan tambahan kalsium oksida lebih baik daripada BT3B tanpa tambahan kalsium oksida sebesar 4,08E-08 pada seri III.

2. Secara keseluruhan, BT3B tanah silt dengan campuran kalsium oksida yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang optimal didapat dengan tambahan kalsium oksida sebesar 10% (sesuai dengan rasio pada BT3B seri II).

5.2 Saran

1. Untuk kedepan, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh usia umur pengeringan BT3B misalnya saat usia 7 hari, 14 hari, dan 28 hari guna mengetahui ada tidaknya pengaruh faktor usia bata terhadap kuat tekan, daya serap, kadar garam, daya tahan, dan konduktivitas panas pada BT3B dengan ratio yang sama.
2. Ratio penggunaan zat pengikat semen sebesar 5% dan kalsium oksida sebesar 10% memiliki hasil pengujian terbaik daripada seri lainnya. Perlu dilakukan pengembangan terkait penggunaan kalsium oksida dan semen dengan ratio ini terhadap pembuatan sampel benda uji lain selain BT3B.

DAFTAR PUSTAKA

Adogla, F., Paa, P., Yalley, K., & Arkoh, M. (2019). Improving Compressed Laterite Bricks using Powdered Eggshells. In *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)* ||. www.theijes.com

Akintola, G. O., Amponsah-Dacosta, F., Mhlongo, S. E., & Matsiketa, K. E. (2024). Mechanical evaluation of soil and artisanal bricks for quality masonry product management, Limpopo South Africa. *Scientific Reports*, *14*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-024-64332-w

Andrean, P. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Pada Kondisi Rendaman. In *Universitas Lampung*.

Apriansyah, Abdul Hasim, Aji Marwadi, & Natser Istiqlal Chalid. (2022). Studi Eksperimental Kuat Tekan Bata Merah dengan Variasi Penambahan Abu Sekam Padi. *Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman*, *1*(2), 1–12. https://doi.org/10.25042/jrt2k.122022.01

Ardi, A. W., & Iswadi, I. (2016). Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Densitas Material Batu Bata dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, *3*, 69–80.

Ayodeji, A. A., Ojewumi, M. E., Rasheed, B., & Ayodele, J. M. (2018). Data on CaO and eggshell catalysts used for biodiesel production. *Data in Brief*, *19*, 1466–1473. https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.06.028

Ayuningtyas, F. J., & Astuti, I. P. (2018). Faktor penentu permintaan rumah tinggal di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*, *19*(1), 85–90.

D. Margareta, 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

Daniswara, & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi*, *20*(1), 95–102. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-1.1018

Dulal, P., Maharjan, S., Timalsina, M. P., Maharjan, Y., Giri, A., & Tamang, A. (2023). Engineering properties of cement-stabilized compressed earth bricks. *Journal of Building Engineering*, *77*, 107453.

Finanda, I., Purwandito, M., & Irwansyah. (2020). Analisis Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Bahan Campuran Abu Serbuk Kayu. *Jurnal Media Teknik Sipil Samudra*, *1*(2), 1–4.

Forest, J. G., Siswanto, B., & Rahmawati, A. (2017). Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Oleh Fly Ash Batubara Terhadap Nilai Thermal Properties Sebagai Upaya Memetakan Material Batu Bata Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, *10*(1), 31. https://doi.org/10.20961/jiptek.v10i1.14962

Frapanti, S., Vanny Riza, F., Zulkarnain, F., & Rudi Nasution, A. (2024). Analisa Pembuatan Bata Tanpa Bakar Dari Limbah Pertanian Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Polusi Udara. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*. https://doi.org/10.33506/rb.v10i1.2805

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

Haryono, F. S. A., & Prihatmaji, Y. P. (2021). Pemetaan Kualitas Tipe Batu Bata Berdasarkan Komposisi Dan Bahan Pembakar Di Kabupaten Bantul. *Modul*, *21*(1), 10–20. https://doi.org/10.14710/mdl.21.1.2021.10-20

Herlina, F., Elhusna, & Islam, M. (2015). Pengaruh Penambahan Pasir Sungai Pada Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Dan Penyusutan Di Talang Kering Kota Bengkulu. *Inersia*, *7*(14), 15–22. https://doi.org/10.15900/j.cnki.zylf1995.2018.02.001

Hulu, Y. S. (2018). *Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Subtitusi Semen Pada Pembuatan Batako*. Universitas Medan Area.

Islamiyati, A. D., & Abram, P. H. (2020). Analisis Kadar Kalsium Oksida (Cao) pada Batu Karang di Daerah Pesisir Bayang Dampelas Donggala. *Media Eksakta*, *16*(1), 57–62.

Julliano, J. P. C., & Wangi, I. P. (2024). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi sebagai Campuran terhadap Kekuatan Batu Bata (Literature Review). *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, *6*(1), 50–53. https://teslink.nusaputra.ac.id/index

Lilipaly, A. Y., Roberth, H. H., & Soumokil, M. D. (2024). Uji Kualitas Batu Bata Di Desa Hatu Dan Laha Sebagai Bahan Konstruksi. *Journal Agregate*, *3*(1), 132–138.

Lutfiana, L., Mowidu, I., & Dewi HS, E. S. (2024). Porositas Dan Kadar Air Tersedia Tanah Di Bawah Tegakan Jati. *Agropet*, *21*(2), 7. https://doi.org/10.71127/2828-9250.648

Muhlisa, A. N., Pannenungi, & Salim, J. R. E. (2021). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Di Kabupaten Sidenreng Rappang. *Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Makassar*, *1*(1), 1–12.

Nur, I., Widodo, S., Qaidahiyni, N. F., Hatta, A. A., Fajar, N. A., Pertambangan, D. T., Teknik, F., & Hasanuddin, U. (2024). *219-Article Text-3569-1-10-20240622*. *7*, 96–105.

Pah, J. J. S., Sehandi, K., & Bella, R. A. (2019). Pengaruh Variasi Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis Clc. *Jurnal Teknik Sipil*, *VIII*(1), 80–90.

Pandiangan, B. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Semen Pada Kondisi Tanpa Rendaman (UNSOAKED). In *Universitas Lampung*.

Permatasari, S. (2019). Pengaruh Bahan Tambah Batu Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Beton Fc ' 21 Menggunakan Agregat Kasar Pt . Amr Dan Agregat Halus Desa Sunggup Kota Baru. *Jurnal Tapak*, *8*(2), 155–161.

Prameswari, A. R., Irianti, L., Sebayang, S., & Isneini, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Ordinary Portland Cement (OPC), Semen Modifikasi Jenis III dan Jenis IV , dan Portland Composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Beton. *JRSDD*, *11*(4), 703–714.

Prayuda, H., Setyawan, E. A., & Saleh, F. (2018). Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Batu Bata Merah di Yogyakarta. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, *1*(2), 94–104.

Purwantoro, A., Suyanto, W., Antoni, & Hardjito, D. (2016). Pengaruh Penambahan Boraks Dan Kalsium Oksida Terhadap Setting Time Dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Tipe C. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 1–8.

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

Sapulette, D. V., Nanlohy, A., & Tuanakotta, A. (2024). Campuran Kapur Dalam Pembuatan Batako Abu. *Journal Agregate*, *3*(1), 162–166.

Shalahuddin, M., & Aljirzaid. (2010). Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan Pasir Sebagai Bahan Campuran Batu Bata. *Jurnal Teknobiologi*, *1*(2), 34–46.

Statistik, B. P. (2024). *Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (Ribu Jiwa) 2022-2024*. Badan Pusat Statistik. https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun--ribu-jiwa-.html.

Suhendra, S., Handayani, E., & Revita, M. (2015). Karakteristik Fisik Bata Merah dan Kaitannya dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, *15*(4), 158–163.

Sulistia. (2023). Analisis Perbandingan Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Densitas Batu Bata Merah. *Simetris*, *17*(1), 14–17. https://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/simetris/article/download/322/185/#:~:text=Batu bata banyak dipilih sebagai alternatif penyusun utama bangunan dikarenakan,dan mempunyai ukuran yang seragam.

Surya, A., & Noor, D. A. (2019). Teknologi Tradisional Pembuatan Batu Bata Sungai Tabuk Kalimantan Selatan. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik*

Sipil, *2*(1), 53. https://doi.org/10.31602/jk.v2i1.2064

Syahland, S. J. (2016). Pengaruh Proses Pembuatan Batu Bata Merah Asal Lampung Terhadap karakteristik Batu Bata Yang Dihasilkan. *Jurnal Kelitbangan*, *04*(01), 72–82.

Widodo, B., & Artiningsih, N. K. A. (2021). Optimasi Semen Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar Cement Optimation On Bricks Making Without Burners. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, *14*(1), 32–40.

Youcef, A., Youcef, B., & Abdelouahed, K. (2023). Comparative Study on the Impact of Sand and Lime on the Physical and Mechanical Characteristics of Unfired and Fired Earth Bricks. *International Journal of Membrane Science and Technology*, *10*(3), 1156–1163. https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i3.1698

Zhang, J., Zhang, W. Bin, & Zhu, X. (2024). Experimental Study of the Mechanical Properties of Bricks Made From Dredged Silt. *Materiali in Tehnologije*, *58*(5), 609–617. https://doi.org/10.17222/mit.2024.1218

ZULNASRI, A., NUGROHO, S. A., & FATNANTA, F. (2021). Perubahan Nilai Kuat Tekan Lempung Lunak Distabilisasi Dengan Kapur Dan Limbah Pembakaran Batubara. In *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-UNAND)*.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Analisa gradasi tanah lanau.

No. Saringan	Diameter lubang saringan (mm)	Berat tanah tertahan saringan (gr)	Berat tanah tertahan saringan (%)	Kumulatif dari tanah tertahan (%)	Tanah lolos saringan (%)
4	4.57	70	7.00	7.00	93.00
10	2	158	15.80	22.80	77.20
20	0.85	375	37.50	60.30	39.70
40	0.425	248	24.80	85.10	14.90
60	0.25	112	11.20	96.30	3.70
100	0.15	19	1.90	98.20	1.80
200	0.075	12	1.20	99.40	0.60
Pan		6	0.60	100.00	0.00
Jumlah		1000			

Lampiran 2: Kadar air tanah lanau.

Kadar air tanah lanau		
No. cawan	1	2
Berat cawan (W1)	9	9
Berat cawan + tanah basah (W2)	58	56
Berat cawan + tanah kering (W3)	47	48
Berat air	11	8
Berat tanah kering (W3-W1)	38	39
Kadar air (w)	28.95	20.51
Rata-rata (%)	24.73	

Lampiran 3: Batas cair (LL) dan batas plastis (PL) tanah lanau.

Batas Cair (Liquid Limit) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Lanau								
No.	Nomor Contoh	Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1	Banyak pukulan		15	25	35	45		
2	Nomor cawan		I	II	III	IV	I	II
3	Berat cawan (W1)	gr	9	9	9	9	9	9
4	Berat cawan + tanah basah (W2)	gr	33	39	41	42	21	22
5	Berat cawan + tanah kering (W3)	gr	25.8	30.5	32.1	32.6	18.7	19.9
6	Berat air (Ww = W2-W3)	gr	7.2	8.5	8.9	9.4	2.3	2.1
7	Berat tanah kering (W5 = W3-W1))	gr	16.8	21.5	23.1	23.6	9.7	10.9
8	Kadar air (W = Ww/W5 ×100%	%	42.86	39.53	38.53	39.83	23.71	19.27
9	Kadar air rata-rata (w)	%	40.19				21.49	

LL	PL	PI
40.19	21.49	18.70

Lampiran 4: Analisa gradasi agregat halus.

ANALISA GRADASI AGREGAT HALUS				
No.	Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Kumulatif	
Saringan	(gr)	(%)	Tertahan	Lolos
			(%)	(%)
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 5: 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 6: 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 7: Sifat tampak luar BT3B

Tabel Uji Sifat Tampak Bata										
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: Densitas BT3B.

Series	Sampel	Massa m (gr)	Dimension			Volume v (cm^3)	Density ρ (gr/cm^3)	Density Rata-Rata ρ (gr/cm^3)
			length (cm)	width (cm)	height (cm)			
Control	1	1675	10	20	5	1000	1.675	1.668
	2	1640	10	20	5	1000	1.640	
	3	1690	10	20	5	1000	1.690	
I	1	1680	10	20	4.9	980	1.714	1.718
	2	1735	10	20	5.0	1000	1.735	
	3	1705	10	20	5.0	1000	1.705	
II	1	1645	10	19.9	5.0	995	1.653	1.686
	2	1650	10	19.9	4.9	975.1	1.692	
	3	1705	10	19.9	5.0	995	1.714	
III	1	1665	10	19.9	5.1	1014.9	1.641	1.614
	2	1645	10	19.9	5.1	1014.9	1.621	
	3	1605	10	19.9	5.1	1014.9	1.581	

Lampiran 9: Kuat tekan BT3B.

Sample	Series	Maximum Load P (kg)	Dimension		Sectional Area A (mm^2)	Compressive Strength σ (Mpa)	Compressive Strength Rata-Rata σ (Mpa)
			length (mm)	width (mm)			
Control	1	16500	10	20	200	8.09	8.09
	2	16000	10	20	200	7.85	
	3	17000	10	20	200	8.34	
I	1	9500	10	20	200	4.66	5.88
	2	13500	10	20	200	6.62	
	3	13000	10	20	200	6.37	
II	1	13000	10	19.9	199	6.41	6.73
	2	15000	10	19.9	199	7.39	
	3	13000	10	19.9	199	6.41	
III	1	10500	10	19.9	199	5.17	4.68
	2	9000	10	19.9	199	4.44	
	3	9000	10	19.9	199	4.44	

Lampiran 10: Daya serap BT3B.

Sample	Series	Wet Weight W_W (gr)	Dry Weight W_D (gr)	Water Absorption D_S (%)	Water Absorption Rata-Rata D_S (%)
Control	1	1920	1635	17.43	16.62
	2	1890	1615	17.03	
	3	1910	1655	15.41	
I	1	1925	1625	18.46	17.79
	2	1925	1645	17.02	
	3	1910	1620	17.90	
II	1	1920	1650	16.36	16.79
	2	1925	1660	15.96	
	3	1930	1635	18.04	
III	1	1920	1615	18.89	18.63
	2	1940	1645	17.93	
	3	1905	1600	19.06	

Lampiran 11: Kadar garam BT3B.

Sampel	Seri	Dimensi BT3B (mm)		Luas BT3B (mm2)	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 12: Daya tahan BT3B.

Sampel	Seri	Test Object Weight													Durability (%)	Durability (%)
		Initial Brick Weight W_0 (gr)	Weight Of Each Test Brick											Final Brick Weight W_{12} (gr)		
			W_1 (gr)	W_2 (gr)	W_3 (gr)	W_4 (gr)	W_5 (gr)	W_6 (gr)	W_7 (gr)	W_8 (gr)	W_9 (gr)	W_{10} (gr)	W_{11} (gr)			
Control	1	1675	1685	1595	1675	1630	1600	1570	1570	1585	1595	1590	1525	1540	8.06	7.69
	2	1640	1635	1535	1515	1560	1580	1560	1585	1530	1585	1540	1515	1525	7.01	
	3	1690	1685	1625	1555	1600	1585	1585	1625	1625	1605	1590	1550	1555	7.99	
I	1	1700	1525	1680	1655	1655	1540	1645	1600	1595	1605	1565	1660	1670	1.76	3.56
	2	1695	1545	1790	1590	1550	1685	1650	1600	1640	1605	1660	1660	1665	1.77	
	3	1680	1520	1630	1535	1545	1515	1595	1565	1550	1565	1645	1555	1560	7.14	
II	1	1675	1650	1795	1585	1530	1525	1605	1595	1585	1540	1545	1585	1580	5.67	5.03
	2	1705	1560	1700	1590	1705	1585	1645	1590	1600	1560	1600	1560	1645	3.52	
	3	1695	1535	1815	1575	1715	1710	1645	1545	1580	1545	1680	1570	1595	5.90	
III	1	1640	1515	1635	1530	1525	1520	1565	1550	1565	1545	1540	1565	1585	3.35	2.55
	2	1640	1545	1655	1585	1695	1680	1640	1570	1585	1540	1595	1560	1600	2.44	
	3	1615	1500	1715	1535	1660	1575	1600	1515	1550	1535	1535	1545	1585	1.86	

Lampiran 13: Konduktivitas panas BT3B

Variasi	No. sampel	Waktu (t)	Tegangan		Arus (A) I	Tebal Material (x)	Suhu Sebelum Uji T1	Suhu Setelah Uji T2	Perubahan Suhu	Luas Penampang	Laju Perpindahan Kalor	Termal Conductivity	Rata-Rata
			Masuk (V)	Keluar (V)									
Control	1	5 mnt	12.2	1.07	1.E-08	0.048	28.6	28.7	0.1	0.198	1.07E-08	2.59E-08	4.30E-08
		10 mnt	12.2	0.81	2.E-08	0.048	28.7	28.8	0.1	0.198	1.62E-08	3.93E-08	
		15 mnt	12.2	0.71	1.E-08	0.048	28.8	29	0.2	0.198	7.10E-09	8.61E-09	
		20 mnt	12.2	0.71	1.E-08	0.048	29	29.2	0.2	0.198	7.10E-09	8.61E-09	
		25 mnt	12.2	0.71	3.E-08	0.048	29.2	29.5	0.3	0.198	2.13E-08	1.72E-08	
		30 mnt	12.2	0.62	1.E-08	0.048	29.5	29.8	0.3	0.198	6.20E-09	5.01E-09	
		35 mnt	12.2	0.49	2.E-08	0.048	29.8	30.1	0.3	0.198	9.80E-09	7.92E-09	
		40 mnt	12.2	0.52	1.E-08	0.048	30.1	30.4	0.3	0.198	5.20E-09	4.20E-09	
	2	5 mnt	12.2	1.17	2.E-08	0.049	29	29.3	0.3	0.198	2.34E-08	1.93E-08	
		10 mnt	12.2	0.85	1.E-08	0.049	29.3	29.4	0.1	0.198	8.50E-09	2.10E-08	
		15 mnt	12.2	1.11	1.E-08	0.049	29.4	29.6	0.2	0.198	1.11E-08	1.37E-08	
		20 mnt	12.2	0.84	3.E-08	0.049	29.6	29.7	0.1	0.198	2.52E-08	6.24E-08	
		25 mnt	12.2	0.78	4.E-08	0.049	29.7	30	0.3	0.198	3.12E-08	2.57E-08	
		30 mnt	12.2	0.85	1.E-08	0.049	30	30.3	0.3	0.198	8.50E-09	7.01E-09	
		35 mnt	12.2	0.88	4.E-08	0.049	30.3	30.5	0.2	0.198	3.52E-08	4.36E-08	
		40 mnt	12.2	0.75	2.E-08	0.049	30.5	30.8	0.3	0.198	1.50E-08	1.24E-08	
	3	5 mnt	12.2	1.37	2.E-08	0.048	28.8	29.1	0.3	0.199	2.74E-08	2.20E-08	
		10 mnt	12.2	1.3	6.E-08	0.048	29.1	29.3	0.2	0.199	7.80E-08	9.41E-08	
		15 mnt	12.2	1.11	2.E-07	0.048	29.3	29.5	0.2	0.199	2.33E-07	2.81E-07	
		20 mnt	12.2	1.01	9.E-08	0.048	29.5	29.7	0.2	0.199	9.09E-08	1.10E-07	
		25 mnt	12.2	0.94	1.E-07	0.048	29.7	30	0.3	0.199	9.40E-08	7.56E-08	
		30 mnt	12.2	0.88	9.E-08	0.048	30	30.3	0.3	0.199	7.92E-08	6.37E-08	
		35 mnt	12.2	0.91	5.E-08	0.048	30.3	30.6	0.3	0.199	4.55E-08	3.66E-08	
		40 mnt	12.2	0.78	7.E-08	0.048	30.6	31.1	0.5	0.199	5.46E-08	2.63E-08	
I	1	5 mnt	12.2	0.49	1.E-07	0.05	30.5	30.9	0.4	0.2	4.90E-08	3.06E-08	4.89E-08
		10 mnt	12.2	0.65	1.E-07	0.05	30.9	31.2	0.3	0.2	6.50E-08	5.42E-08	
		15 mnt	12.2	0.49	1.E-07	0.05	31.2	31.5	0.3	0.2	4.90E-08	4.08E-08	
		20 mnt	12.2	0.45	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	4.50E-08	5.63E-08	
		25 mnt	12.2	0.45	1.E-07	0.05	31.7	32	0.3	0.2	4.50E-08	3.75E-08	
		30 mnt	12.2	0.45	1.E-07	0.05	32	32.3	0.3	0.2	4.50E-08	3.75E-08	
		35 mnt	12.2	0.49	1.E-07	0.05	32.3	32.6	0.3	0.2	4.90E-08	4.08E-08	
		40 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	32.6	32.8	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
	2	5 mnt	12.2	0.52	1.E-07	0.05	30.8	31	0.2	0.2	5.20E-08	6.50E-08	
		10 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	31	31.2	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
		15 mnt	12.2	0.52	1.E-07	0.05	31.2	31.3	0.1	0.2	5.20E-08	1.30E-07	
		20 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	31.3	31.5	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
		25 mnt	12.2	0.49	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	4.90E-08	6.13E-08	

Lampiran 13: *Lanjutan*

Variasi	No. sampel	Waktu (t)	Tegangan		Arus (A) I	Tebal Material (x)	Suhu Sebelum Uji T1	Suhu Setelah Uji T2	Perubahan Suhu	Luas Penampang	Laju Perpindahan Kalor	Termal Conductivity	Rata-Rata
			Masuk (V)	Keluar (V)									
		30 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	31.7	31.9	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
		35 mnt	12.2	0.45	1.E-07	0.05	31.9	32.2	0.3	0.2	4.50E-08	3.75E-08	
		40 mnt	12.2	0.25	1.E-07	0.05	32.2	32.5	0.3	0.2	2.50E-08	2.08E-08	
	3	5 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	31.1	31.3	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
		10 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31.3	31.5	0.2	0.2	3.50E-08	4.38E-08	
		15 mnt	12.2	0.42	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	4.20E-08	5.25E-08	
		20 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31.7	31.9	0.2	0.2	3.50E-08	4.38E-08	
		25 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31.9	32	0.1	0.2	3.50E-08	8.75E-08	
		30 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	32	32.2	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		35 mnt	12.2	0.42	1.E-07	0.05	32.2	32.6	0.4	0.2	4.20E-08	2.63E-08	
		40 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	32.6	33	0.4	0.2	3.90E-08	2.44E-08	
II	1	5 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	30.7	31	0.3	0.2	3.20E-08	2.67E-08	5.12E-08
		10 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31	31.2	0.2	0.2	3.50E-08	4.38E-08	
		15 mnt	12.2	0.29	1.E-07	0.05	31.2	31.3	0.1	0.2	2.90E-08	7.25E-08	
		20 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.3	31.5	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		25 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		30 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.7	32	0.3	0.2	2.60E-08	2.17E-08	
		35 mnt	12.2	0.22	1.E-07	0.05	32	32.4	0.4	0.2	2.20E-08	1.38E-08	
		40 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	32.4	32.6	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
	2	5 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31.1	31.3	0.2	0.2	3.50E-08	4.38E-08	
		10 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31.3	31.4	0.1	0.2	3.50E-08	8.75E-08	
		15 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	31.4	31.6	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		20 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	31.6	31.9	0.3	0.2	3.20E-08	2.67E-08	
		25 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	31.9	32.1	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		30 mnt	12.2	0.29	1.E-07	0.05	32.1	32.3	0.2	0.2	2.90E-08	3.63E-08	
		35 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	32.3	32.5	0.2	0.2	3.50E-08	4.37E-08	
		40 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	32.5	32.7	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
	3	5 mnt	12.2	0.49	1.E-07	0.05	31.1	31.2	0.1	0.2	4.90E-08	1.23E-07	
		10 mnt	12.2	0.58	1.E-07	0.05	31.2	31.3	0.1	0.2	5.80E-08	1.45E-07	
		15 mnt	12.2	0.55	1.E-07	0.05	31.3	31.5	0.2	0.2	5.50E-08	6.88E-08	
		20 mnt	12.2	0.42	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	4.20E-08	5.25E-08	
		25 mnt	12.2	0.52	1.E-07	0.05	31.7	31.9	0.2	0.2	5.20E-08	6.50E-08	
		30 mnt	12.2	0.52	1.E-07	0.05	31.9	32.2	0.3	0.2	5.20E-08	4.33E-08	
		35 mnt	12.2	0.42	1.E-07	0.05	32.2	32.4	0.2	0.2	4.20E-08	5.25E-08	
		40 mnt	12.2	0.55	1.E-07	0.05	32.4	32.7	0.3	0.2	5.50E-08	4.58E-08	
III	1	5 mnt	12.2	0.22	1.E-07	0.05	29.3	29.5	0.2	0.2	2.20E-08	2.75E-08	4.08E-08
		10 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	29.5	29.7	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
		15 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	29.7	29.9	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		20 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	29.9	30.1	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		25 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	30.1	30.4	0.3	0.2	2.60E-08	2.17E-08	
		30 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	30.4	30.6	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		35 mnt	12.2	0.32	1.E-07	0.05	30.6	30.8	0.2	0.2	3.20E-08	4.00E-08	
		40 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	30.8	31	0.2	0.2	3.90E-08	4.88E-08	
	2	5 mnt	12.2	0.29	1.E-07	0.05	30.5	30.7	0.2	0.2	2.90E-08	3.63E-08	

Lampiran 13: *Lanjutan*

Variasi	No. sampel	Waktu (t)	Tegangan		Arus (A) I	Tebal Material (x)	Suhu Sebelum Uji T1	Suhu Setelah Uji T2	Perubahan Suhu	Luas Penampang	Laju Perpindahan Kalor	Termal Conductivity	Rata-Rata
			Masuk (V)	Keluar (V)									
		10 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	30.7	30.8	0.1	0.2	2.60E-08	6.50E-08	
		15 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	30.8	31.1	0.3	0.2	2.60E-08	2.17E-08	
		20 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.1	31.3	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		25 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.3	31.5	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		30 mnt	12.2	0.22	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	2.20E-08	2.75E-08	
		35 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.7	31.9	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		40 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.9	32.1	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
	3	5 mnt	12.2	0.39	1.E-07	0.05	31	31.1	0.1	0.2	3.90E-08	9.75E-08	
		10 mnt	12.2	0.35	1.E-07	0.05	31.1	31.2	0.1	0.2	3.50E-08	8.75E-08	
		15 mnt	12.2	0.29	1.E-07	0.05	31.2	31.4	0.2	0.2	2.90E-08	3.63E-08	
		20 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.4	31.5	0.1	0.2	2.60E-08	6.50E-08	
		25 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.5	31.7	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		30 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	31.7	32	0.3	0.2	2.60E-08	2.17E-08	
		35 mnt	12.2	0.26	1.E-07	0.05	32	32.2	0.2	0.2	2.60E-08	3.25E-08	
		40 mnt	12.2	0.22	1.E-07	0.05	32.2	32.5	0.3	0.2	2.20E-08	1.83E-08	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap	: Seftia Miranda
Tempat/ Tinggal Lahir	: Suka Damai/ 13 September 2003
Jenis Kelamin	: Perempuan
Agama	: Islam
Alamat	: Dusun X Karya, Desa Suka Damai, Kec. Sei Bamban, Kab. Serdang Bedagai
No. HP	: 089507661209
Email	: seftiamiranda@gmail.com
Nama Ayah	: Zulaidi
Nama Ibu	: Ngatemi

RIWAYAT PENDIDIKAN

NPM	: 2107210150
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri. No. 3 Medan 20238
SD	: SD Swasta R.A Kartini Tebing Tinggi
SMP	: SMP Negeri 4 Tebing Tinggi
SMA	: SMA N 2 Tebing Tinggi