

TUGAS AKHIR
OPTIMALISASI PEMBUATAN BATA TANPA BAKAR TANAH SILT
DENGAN CAMPURAN KALSIUM HIDROKSIDA BETON

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :

CELLY LOVIQNE

2107210159



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Celly Loviqne
Npm : 2107210159
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Optimalisasi Pembuatan Bata Tanpa Bakar Tanah Silt
Dengan Campuran Kalsium Hidroksida
Bidang Ilmu : Struktur

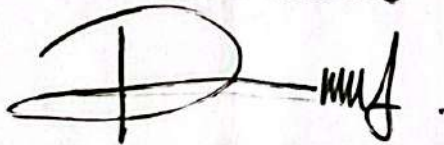
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

**DISETUJUI DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Medan, 13 Oktober 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Celly Loviqne
Npm : 2107210159
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Optimalisasi Pembuatan Bata Tanpa Bakar Tanah Silt
Dengan Campuran Kalsium Hidroksida
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, 13 Oktober 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



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

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Celly Loviqne
Tempat, Tanggal Lahir : Ajibaho, 06 Maret 2004
Npm : 2107210159
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul **“Optimalisasi Pembuatan Bata Tanpa Bakar Tanah Silt Dengan Campuran Kalsium Hidroksida (Studi Penelitian)”**

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

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

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

Medan, 24 Juli 2025

Saya yang menyatakan



ABSTRAK

OPTIMALISASI PEMBUATAN BATA TANPA BAKAR TANAH SILT DENGAN CAMPURAN KALSIUM HIDROKSIDA

Celly Loviqne
2107210159

FETRA VENNY RIZA ST., M.SC., PH.D

Penelitian ini mengkaji pembuatan bata tanpa bakar berbahan tanah silt dengan penambahan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) sebagai bahan pengikat. Sampel dibuat dengan komposisi tanah 75% dan variasi Ca(OH)_2 5%, 10%, dan 15%, dipress 5 MPa lalu dikeringkan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan menurun dari 8,09 MPa (kontrol) menjadi 3,97 MPa, 2,90 MPa, dan 2,96 MPa pada variasi 1–3. Berat jenis bata berkisar 1,52–1,66 gr/cm^3 dan penyerapan air meningkat hingga 27,4%. Konduktivitas panas berada pada kisaran 0,45–0,75 $\text{W/m}\cdot\text{K}$, tergolong bahan isolasi sedang. Kesimpulan penelitian menyatakan bahwa penambahan Ca(OH)_2 5% memberi hasil paling optimal untuk bata non-struktural. Produk ini ramah lingkungan karena dibuat tanpa pembakaran sehingga mengurangi emisi CO_2 dan lebih ekonomis.

Kata Kunci: Bata tanpa bakar, Ca(OH)_2 , Tanah silt, Kuat tekan, Thermal

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF NON-FIRED BRICK PRODUCTION FROM SILT SOIL WITH CALCIUM HYDROXIDE ADDITION

Celly Lovique

2107210159

FETRA VENNY RIZA ST., M.SC., PH.D

This study investigates the production of non-fired bricks using silt soil with the addition of calcium hydroxide (Ca(OH)_2) as a binder. Samples were made with 75% silt soil and Ca(OH)_2 variations of 5%, 10%, and 15%, pressed at 5 MPa and cured for 28 days. The results showed that compressive strength decreased from 8.09 MPa (control) to 3.97 MPa, 2.90 MPa, and 2.96 MPa for variations 1–3. Density ranged between 1.52–1.66 g/cm³, while water absorption increased up to 27.4%. Thermal conductivity ranged between 0.45–0.75 W/m·K, indicating moderate insulation performance. It can be concluded that the addition of 5% Ca(OH)_2 provides the most optimal result for non-structural bricks. This product is environmentally friendly since it does not require firing, reducing CO₂ emissions, and is more economical by utilizing local materials.

Keywords: Non-fired brick, Ca(OH)_2 , Silt soil, Compressive strength, Thermal property.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Optimalisasi Pembuatan Bata Tanpa Bakar tanah Silt Dengan Campuran Kalsium Hidroksida Atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Ibu Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D,IPM 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 ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Sri Mulyono Herlambang dan Ibunda tercinta Dahlia. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus hati yang diberikan. Yang senantiasa memberikan yang terbaik untuk saya, tak kenal lelah mendoakan serta dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga bapak dan ibu panjang umur dan sehat selalu.
10. Saudara kandung saya adik tercinta Chayla Kimli Qissa terima kasih atas dukungan dan semangat yang tidak pernah putus.
11. Kepada Sampul Ilman Yakin Ritonga, Terima kasih atas dukungan, semangat, serta telah menjadi tempat berkeluh kesah, selalu ada dalam suka maupun duka selama penyusunan skripsi ini.
12. Untuk teman rekan seperjuangan yang membantu penulis menyelesaikan skripsi.
13. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri Celly Loviqne apresiasi karena sudah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terima kasih sudah berjuang menjadi yang baik. Terima kasih sudah bertahan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan ke depan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 26 Juli 2025
Penulis

Celly Loviqne

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Rumusan Masalah	3
1.2 Ruang Lingkup Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Batu Bata	6
2.2 Batu Bata Tanpa bakar	7
2.3 Material Penyusun Bata	10
2.4 Pengujian Daya Tahan Bata	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1 Bagan Alir Penelitian	22
3.2 Metode Penelitian	20
3.2.1 Data Primer	20
3.2.2 Data Sekunder	20
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian	21

3.4.1 Bahan	21
3.4.2 Alat	25
3.5 Persiapan dan Pengambilan Data Sampel	33
3.6 Proses Pengujian Sampel	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Analisa Pemeriksaan Bahan	41
4.2 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	41
4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Halus	41
4.2.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	43
4.2.3 Kadar Air Agregat Halus	43
4.3 Pemeriksaan Tanah	44
4.3.1 Uji Indeks Plastisitas Tanah Lanau	44
4.3.2 Uji Kadar Air Tanah	47
4.3.3 Analisa Butiran Tanah Lanau	48
4.4 Hasil Analisa Pengujian Bata Tanpa Bakar	50
4.5 Kadar Garam Bata Tanpa Bakar	50
4.6 Sifat Tampak Bata	51
4.7 Kuat Tekan Pasangan Batu Bata Tanpa Bakar	52
4.7 Pengujian Konduktivitas Termal	54
4.8 Pengujian Daya Serap Bata	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Standar Mutu Batu Bata	7
Tabel 2.2 : Penelitian Bata Tanpa Bakar	8
Tabel 2.3: Penelitian Terdahulu Tanah Lanau	11
Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu Pasir	13
Tabel 2.5: Penelitian Terdahulu Air	15
Tabel 2.6: Penelitian Terdahulu Semen	17
Tabel 2.7: Panen Terdahulu Kapur	19
Tabel 3.1 Komposisi Campuran Benda Uji	36
Tabel 4.1 Analisa saringan agregat halus	42
Tabel 4.2 Kadar lumpur agregat halus	44
Tabel 4.3 Pemeriksaan kadar air agregat halus	44
Tabel 4.4 Tabel Batas Cair	47
Tabel 4.5 Indeks plastis tanah galong	48
Tabel 4.6 Analisa butiran tanah lanau	48
Tabel 4.7 Analisa Kuat Tekan	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Tanah Lanau	24
Gambar 3.3 Pasir	24
Gambar 3.4 Kapur Hidroksida	25
Gambar 3.5 Air	25
Gambar 3.6 Semen	26
Gambar 3.7 Tempat Pencetakan Bata	27
Gambar 3.8 Mesin hidrolik press (Pompa Hidrolik)	27
Gambar 3.10 Timbangan Digital	29
Gambar 3.11 Saringan	29
Gambar 3.12 Penggaris	30
Gambar 3.13 Ember	31
Gambar 3.14 Plastik	31
Gambar 3.15 Pan	30
Gambar 3.16 Sekop	32
Gambar 3.17 Gelas Ukur	33
Gambar 3.18 Oven	34
Gambar 3.19 Perbandingan bahan pembuatan bata	35
Gambar 4.1 Grafik analisa saringan agregat halus	42
Gambar 4.2 Grafik plastisitas tanah lanau	45
Gambar 4.3 Uji plastisitas tanah galong	45
Gambar 4.4 Grafik analisa butiran tanah galong	48
Gambar 4.5 Grafik Berat Jenis	49
Gambar 4.6 Kondisi bata setelah di uji kadar garam	49
Gambar 4.7 Benda uji sifat tampak tanah galong	50
Gambar 4.8 Proses Pengujian Kuat Tekan	51
Gambar 4.9 Setelah Pengujian Kuat Tekan	51
Gambar 4.10 Grafik Kuat tekan Bata	52

DAFTAR NOTASI

W	= berat (kg)
v	= volume (m ³)
G	= Kadar garam (%)
Ag	= Luas Kandungan garam (cm ²)
A	= Luas bata (cm ²).
f_i	= kuat tekan pasangan bata (N/mm ²).
$F_i \text{ max}$	= beban maksimum benda uji (N).
A_i	= luasan permukaan tekan benda uji (mm ²).
PI	= Indeks plastisitas (%)
PL	= Batas Plastis (%)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batu bata adalah batu buatan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa bahan campuran yang melalui beberapa proses. Batu bata merupakan komponen bangunan yang terbuat dari tanah, batu bata biasanya digunakan untuk dinding rumah, pagar, dan pondasi. Batu bata berfungsi sebagai penyangga beban atau pemikul komponen di atasnya dan bisa juga digunakan sebagai dinding pembatas. Batu bata banyak dipilih sebagai alternatif penyusun utama bangunan dikarenakan batu bata mudah ditemukan, harganya yang relatif murah, tahan terhadap cuaca dan memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Proses produksi batu bata konvensional biasanya memerlukan pembakaran pada suhu tinggi (hingga 1000°C) menggunakan bahan bakar seperti kayu atau minyak tanah. Hal ini menyebabkan emisi gas karbon monoksida yang berkontribusi terhadap polusi udara dan efek rumah kaca. Oleh karena itu, banyak penelitian telah dikembangkan untuk memproduksi batu bata tanpa proses pembakaran yang tetap layak pakai dan berkualitas baik (Ketut Sudarsana, Made Budiwati, and Wijaya 2011)

Batu bata secara umum terbuat dari tanah liat kemudian dicampur dengan air dan dicetak menggunakan cetakan yang terbuat dari kayu atau baja, kemudian dikeringkan dan terakhir dibakar pada tungku pembakaran dengan suhu tinggi, yaitu antara 900° -1000°C. Salah satu gas yang dihasilkan oleh suhu tinggi ini adalah gas karbondioksida. pembuat masalah lingkungan utama, seperti efek rumah kaca dan polusi udara. Jika permintaan batu bata untuk proyek konstruksi terus meningkat, produksi gas karbondioksida juga akan meningkat. Oleh karena itu, proses produksi batu bata yang tidak dibakar dapat mengurangi emisi gas karbondioksida.

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 Bata tanpa bakar merupakan solusi alternatif yang tepat dari kekurangan proses pembuatan bata tanpa bakar. Karena proses pembuatan bata tanpa bakar tidak menggunakan proses pengeringan dengan cara dibakar, tapi dilakukan dengan cara penjemuran. Dan di tambahkan formulasi khusus pada campuran bata yaitu dengan di campur dengan kalsium hidroksida. Yang bertujuan untuk mengetahui apakah dapat menambah kuat tekan bata.

Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kalsium hidroksida dapat berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah hasil perendaman kapur tohor dengan air. Kapur jenis inilah yang biasanya digunakan sebagai bahan bangunan. Sifat kapur adalah plastis, mudah mengeras dengan cepat, mudah dikerjakan dan mempunyai sifat rekatan yang baik. Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) memiliki peran penting dalam pembuatan batu bata, efek khususnya dalam meningkatkan kualitas dan kekuatan material tersebut berperan sebagai bahan perekat yang membantu menyatukan pasir dan bahan lainnya dalam pembuatan bata, meningkatkan kekuatan dan kekompakan struktur bata.. Kalsium hidroksida digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran batu bata, yang membantu mengikat partikel-partikel tanah, semen, dan pasir. Ini menghasilkan produk yang lebih padat dan tahan lama.

Tanah Lanau (silt) Tanah Lanau sebagian besar terdiri dari fragmentasi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari sejumlah besar partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral mika dan butiran quartz yang sangat halus. yang memiliki ukuran kurang dari 0,075 mm dan dianggap sebagai lanau jika bagian-bagian tanah yang halus memiliki indeks plastisitas (indeks plastisitas, PI) sebesar 10 atau lebih ($\text{PI} \geq 10$) menurut sistem klasifikasi AASHTO (Elianora, 2010). Tanah lanau dipilih sebagai bahan bata karena butirannya halus, plastisitasnya rendah, dapat memperbaiki tekstur, serta sebagai alternatif bahan baku yang tetap menghasilkan bata bermutu baik jika dicampur dengan proporsi yang tepat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian berjudul: “Optimalisasi Pembuatan Bata Tanpa Bakar Tanah Silt dengan Campuran Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)”. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk bata yang ramah lingkungan, berkualitas, dan ekonomis. lagi bila direndam dalam air.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

Apakah penggunaan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang dicampur dengan tanah silt dapat digunakan dalam pembuatan batu bata tanpa proses pembakaran dan menghasilkan kuat tekan yang sesuai standar?

1.3 Ruang Lingkup Masalah

Penelitian ini dibatasi agar lebih terarah dan fokus pada permasalahan utama. Ruang lingkup penelitian meliputi:

1. Metode untuk sifat mekanik bata dibandingkan dengan menggunakan SNI 16 2094 tahun 2000 bata bakar, dikarenakan SNI untuk bata tanpa bakar belum tersedia.
2. Melakukan pengujian daya tahan dari batu bata dari campuran kalsium hidroksida.
3. Pengujian ini dilakukan meliputi beberapa parameter, yaitu kuat tekan, berat jenis, penyerapan air, kadar air, sifat tampak, uji ketahanan terhadap panas (thermal).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut tujuan yang diinginkan dicapai dari penelitian adalah:

1. Mengetahui kuat tekan (MPa) bata tanpa bakar dengan penambahan campuran kalsium hidroksida.
2. Menentukan komposisi optimal dalam pembuatan bata tanpa bakar dengan penambahan kalsium hidroksida
3. Mengkaji pengaruh penggunaan tanah silt sebagai bahan utama terhadap sifat fisik dan mekanik bata tanpa pembakaran.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penulisan skripsi, manfaat penelitian umumnya dibagi menjadi dua untuk memperjelas kontribusi yang diberikan, yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya dalam kajian material alternatif ramah lingkungan. Dengan mengkaji pengaruh kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) terhadap sifat mekanik bata tanpa bakar berbasis tanah silt, penelitian ini memperluas wawasan mengenai teknologi bahan bangunan yang tidak bergantung pada proses pembakaran. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi ilmiah bagi penelitian sejenis di masa mendatang.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan bata tanpa bakar yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan. Penelitian ini memberikan informasi teknis terkait komposisi optimal campuran bahan, sehingga dapat diterapkan oleh pelaku industri kecil, kontraktor bangunan, atau pemerintah daerah dalam pengembangan material bangunan alternatif di wilayah dengan sumber daya tanah silt yang melimpah. Selain itu, penggunaan bahan lokal dan proses tanpa pembakaran dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari sektor konstruksi.

1.6 Sistematika Penulisan

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

1. BAB I PENDAHULUAN

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

2. BAB 2 TUJUAN PUSTAKA

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

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang pengumpulan data dan juga bagan air.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap penelitian pelaksanaan penelitian, Teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data dan analisis.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian permasalahan selama penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

7. LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Batu Bata

Batu bata adalah bahan bangunan yang telah lama dikenal dan dipakai oleh masyarakat baik di pedesaan maupun diperkotaan yang berfungsi untuk bahan bangunan konstruksi. Banyak pabrik batu bata yang dibangun oleh orang-orang di pedesaan dan perkotaan untuk membuat batu bata, yang merupakan bahan bangunan yang telah lama dikenal. Aplikasi teknik sipil seperti dinding bangunan perumahan, pagar, saluran, pondasi, dan gedung adalah contoh aplikasi batu bata yang umum. Dalam konstruksi bangunan, batu bata biasanya digunakan sebagai bahan non-struktural dan juga sebagai struktural. Fungsi struktural batu bata adalah untuk menyangga atau memikul beban yang ada di atasnya, seperti pada pondasi dan rumah sederhana. Namun, sebagai non-struktural, batu bata digunakan untuk dinding pembatas dan estetika tanpa memikul beban yang ada di atasnya (Syahland, 2016).

Batu bata merupakan bahan bangunan yang sering digunakan untuk aplikasi teknik sipil seperti dinding perumahan. Memilih batu bata sebagai bahan pembuat dinding memang cukup beralasan. Hal ini dikarenakan batu bata memiliki keunggulan yaitu, bahan utama batu bata yang merupakan tanah liat mudah didapat dengan persediaan yang cukup, sehingga menyebabkan harga batu bata cukup murah. Batu bata dapat dibuat dan dijual oleh banyak komunitas karena bahan baku yang mudah didapat dan mudah dibuat. Ini karena hanya membutuhkan alat sederhana dan uang kecil. menjadi mudah didapat. Ciri khas batu bata adalah warna orange. Pemilik rumah kadang-kadang memilih untuk membuat batu bata terlihat alami dengan membiarkan mereka terekspos. Batu bata tahan terhadap panas dan dingin, cuaca yang dingin dan udara yang lembab. Karena sifatnya yang mampu menahan panas, batu bata ideal untuk digunakan sebagai dinding rumah. Bata mampu membuat suhu di dalam rumah tetap dingin meskipun cuaca di luar panas (Umar, 2018).

Syarat-syarat bata dalam SNI-10,1978 dan SII-0021-78 terlihat pada:

Tabel berikut ini :

Tabel 2.1 : Standar Mutu Batu Bata

No	PENGUJIAN	METODE	NILAI STANDAR
1	Densitas	SNI-03-4164-1996	1,60-2,50 gr/cm ²
2	Warna Bata	SNI-03-4165-1996	Orange kecoklatan
3	Ukuran Dimensi	SNI-03-4165-1996	Maks p=40 cm, L=7,5- 30 cm, T=5-20 cm
4	Tekstur	ASTM C-67-03	Datar dan kasar
5	Kuat Tekan	ASTM C-67-03	Min 20 kg/cm ²
6	Porositas	ASTM C-67-03	Maks 13 – 20 %
7	Kadar Air	ASTM C-67-03	Maks 15%

2.2 Batu Bata Tanpa bakar

Batu bata tanpa bakar dibuat dengan mencampurkan bahan mentah seperti tanah liat, pasir, dan semen dengan air dan dicetak menjadi bata bata. Setelah itu, batu bata dikeringkan secara alami atau melalui sinar matahari. Pembuatan batu bata tanpa bakar tidak memerlukan pemanas oven seperti proses pembuatan batu bata yang dipanggang tradisional. Definisi batu bata menurut (SNI 15-2094-2000) merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan, dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Bentuk umum batu bata adalah empat persegi panjang, bersudut siku, tajam, dan permukaannya rata.

Pada dasarnya, di Indonesia belum mempunyai standar bata tanpa bakar. beberapa negara yang mempunyai standar bata tanpa bakar ialah negara India IS 16720:2018; IS 12894 Fly Ash-Cement / Fly Ash-Lime (Bhawan, Shah, and Marg 2019), Afrika WD-ARS 1333:2018; SAZS 724 (SADC ZW HS 983:2014) Compressed Stabilized Earth Blocks & Rammed Earth (ARSO, 2018). Batu bata tanpa dibakar, juga disebut batu bata tanpa dibakar, dibuat dengan menggunakan

proses pengeringan daripada pembakaran. oleh udara atau angin, mengikat material dengan mortar atau sejenisnya, dan melakukan proses pengecatan. Bata ini modern, tetapi tradisional

Aplikatif penggunaan bata *Unfired Bricks* diterapkan oleh pada daerah utara Perancis dengan melakukan penelitian pengaruh thermal terhadap bangunan yang menggunakan bata *Unfired Bricks*. Percobaan dilakukan dengan membangun dinding bangunan dengan tebal 400 mm hingga 600 mm kemudian dilakukan komparasi dengan pengukuran suhu indoor dan outdoor pada bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan dinding bata *Unfired Bricks* dengan tebal 400 mm memiliki nilai optimum inersia thermal dan memiliki signifikansi dengan faktor redaman dan penundaan panas. Penggunaan bata *Unfired Bricks* dapat mengurangi fluktuasi suhu luar ruangan dan pembatasan resiko panas berlebihan pada suatu bangunan (Setiawan, Sugiarto, and Riyanto 2021)

Latar belakang pemilihan metode pembuatan bata tanpa dibakar (*Unfired Brick*) adalah efisiensi terhadap waktu pembuatan, karena pembakaran bata cukup lama sehingga memerlukan proses yang panjang. Selain waktu pembuatan, faktor lingkungan terkait seperti polusi asap hasil pembakaran dan penggunaan material kayu sebagai media bakar bersifat tidak ramah lingkungan. Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai bata tanpa bakar dapat dilihat pada kajian sebagai berikut:

1) Wisnumurti (2007)

Pada tahun 2007, Wisnumurti melakukan penelitian berjudul "Optimalisasi Penggunaan Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah". Hasilnya menunjukkan bahwa bata merah mengalami peningkatan kuat tekan seiring dengan bertambahnya proporsi semen dalam campuran mortar. Namun, peningkatan ini dibatasi oleh kekuatan bata itu sendiri. Artinya, jika kekuatan mortar terus ditingkatkan, hal tersebut tidak akan memberikan perubahan yang signifikan pada kuat tekan dinding bata merah jika kekuatan bata yang digunakan sudah mencapai batasnya.

2) Handayani (2010)

Pada tahun 2010, Handayani melakukan penelitian berjudul "Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji." Dalam percobaannya, bata yang terbuat dari tanah lempung dicampur dengan semen Portland tipe I. Proporsi semen yang diuji bervariasi, yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase campuran semen yang optimal adalah 17%, menghasilkan kekuatan tertinggi sebesar 52 kg/cm².

3) Ketut Sudarsana, Made Budiwati, and Wijaya 2011

Pada tahun 2011, Ketut Sudarsana dan timnya melakukan penelitian berjudul "Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Terbuat Dari Abu Sekam Padi Dan Serbuk Batu Tabas." Penelitian ini menggunakan tanah lempung dengan Indeks Plastisitas (IP) sebesar 13,823%. Campuran optimal untuk bata tanpa bakar dibuat dengan komposisi 30% abu sekam padi dan serbuk batu tabas, 60% tanah liat, dan 10% semen dari persentase berat total campuran. Dari campuran ini, diperoleh kuat tekan tertinggi sebesar 22,90 kg/cm² yang diuji pada umur 28 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi material tersebut mampu menghasilkan bata tanpa bakar dengan kekuatan yang baik.

Dalam penggunaannya sebagai bahan bangunan yang banyak dipakai oleh masyarakat maupun konstruksi bangunan, bata tanpa bakar juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dari bata tanpa bakar, di antaranya :

Kelebihan bata tanpa bakar yaitu :

- a. Ramah lingkungan, Bata tanpa bakar dibuat tanpa proses pembakaran sehingga tidak memerlukan bahan bakar dan tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca, sehingga lebih ramah lingkungan.
- b. Hemat biaya, Proses produksi bata tanpa bakar lebih murah karena tidak memerlukan bahan bakar, sehingga dapat menghemat biaya produksi.
- c. Mempunyai kinerja yang baik: Bata tanpa bakar dapat memiliki sifat mekanik dan kuat tekan yang cukup baik, serta mempunyai ketahanan terhadap air yang lebih baik daripada bata bakar.
- d. Mudah didaur ulang: Bata tanpa bakar dapat didaur ulang menjadi bahan bangunan baru tanpa merusak lingkungan.

Disamping kelebihan tersebut, bata tanpa bakar juga memiliki beberapa kekurangan tersendiri, berikut merupakan kekurangan dari bata tanpa bakar, yaitu: Tidak tahan terhadap suhu tinggi, Bata tanpa bakar tidak dapat digunakan pada pemakaian bangunan yang terkena suhu tinggi seperti pada pemakaian pada dinding tungku atau oven. Waktu produksi yang lama, Proses produksi bata tanpa bakar lebih lama dibandingkan dengan bata bakar karena bahan baku harus dikeringkan dengan alami dan tanpa proses pembakaran.

Meskipun bata tanpa bakar memiliki beberapa kekurangan, kekurangan tersebut dapat diperbaiki sehingga bata tanpa bakar dapat digunakan sebagai alternatif konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan peningkatan kinerja.

2.3 Material Penyusun Bata

Bahan pembentuk pada campuran batu bata ada beberapa macam meliputi, tanah lanau, pasir, dan air. Adapun bahan penyusun batu bata yang digunakan pada penelitian ini diantaranya tanah silt (lanau), semen, kapur, dan pasir.

1. Tanah Lanau

Tanah silt (lanau) adalah jenis tanah yang terdiri dari partikel halus, berukuran antara pasir dan lempung (diameter sekitar 0.002 – 0.05 mm). Tanah lanau merupakan jenis tanah berbutir halus dengan ukuran partikel lebih kecil dari pasir namun lebih besar dari lempung. Karakteristik utama tanah silt adalah tingkat kohesi yang rendah dan kemampuan drainase yang buruk. Tanah ini memiliki indeks plastisitas yang rendah dan mudah terdispersi dalam air. Meskipun demikian, tanah lanau memiliki keunggulan dalam hal ketersediaan dan kemudahan pemadatan apabila dicampur dengan bahan pengikat seperti semen atau kapur.

Dalam konteks pembuatan bata, tanah lanau dapat digunakan sebagai bahan dasar karena mampu memberikan bentuk dan tekstur yang halus pada produk akhir, serta dapat menghasilkan kepadatan yang cukup baik jika dicampur dengan material pengikat yang sesuai. Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai bata tanpa bakar dapat dilihat pada kajian sebagai berikut:

1) Sudarman dkk., 2016

Pada tahun 2016, Sudarman dkk. melakukan penelitian berjudul "Korelasi antara Kuat Tekan Bebas dengan Kuat Tekan Geser langsung pada tanah lanau disubstitusi dengan Pasir". Penelitian ini menggunakan sampel tanah lanau dari Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, yang diklasifikasikan sebagai tanah lunak plastisitas rendah (kelompok ML) berdasarkan sistem USCS (Unified Soil Classification System).

Hasil pengujian pemadatan menunjukkan bahwa penambahan pasir secara bertahap dalam campuran tanah lanau dapat mengurangi nilai Kadar Air Optimal (KAO). KAO untuk tanah asli adalah 19,4%. Namun, setelah disubstitusi dengan pasir sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%, nilai KAO menurun menjadi 17,5%, 16%, 12,4%, dan 9,8%. Kesimpulannya, semakin besar persentase pasir yang ditambahkan,

2) Farabi, 2017

Pada tahun 2017, Farabi melakukan penelitian berjudul "Pengaruh Variasi Waktu Perendaman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung-Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Semen". Penelitian ini menggunakan dua jenis tanah lempung. Jenis pertama berasal dari Desa Belimbing Sari, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur, yang dikategorikan sebagai tanah lempung lunak plastisitas tinggi dengan nilai Plasticity Index (PI) $\geq 11\%$. Tanah ini diklasifikasikan ke dalam kelompok A-7-5 menurut sistem AASHTO. Jenis kedua adalah tanah lanau dari Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, yang dikategorikan sebagai tanah lanau plastisitas rendah dengan nilai PI $\leq 10\%$, dan termasuk dalam kelompok A-5.

3) Zulmi dkk., 2018

Pada tahun 2018, Zulmi dan timnya melakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas pada Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Kapur pada Kondisi Rendaman". Penelitian ini menyimpulkan bahwa lama waktu pemeraman sangat berpengaruh terhadap kuat tekan bebas (Q_u) dari tanah yang dicampur kapur. Semakin lama waktu pemeraman, nilai kuat tekan bebas tanah campuran

cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh proses sementasi antara kapur dan tanah yang memerlukan waktu yang cukup untuk bereaksi. Hasilnya juga menunjukkan bahwa kapur memberikan pengaruh yang lebih baik pada tanah lempung dibandingkan dengan tanah lanau, meskipun perbedaan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

2. Pasir

Pasir merupakan material granular alami yang terbentuk dari pelapukan batuan, terutama batuan silikat, dengan ukuran partikel antara 0,0625 mm dan 2 mm (Piggin, 2006). Pasir adalah agregat halus yang umum digunakan dalam

bidang konstruksi untuk membuat beton, mortar, dan bahan bangunan alternatif seperti bata tanpa bakar. Pasir dapat meningkatkan stabilitas dimensi, kekuatan struktur, dan penyusutan karena kandungan tanah lempung yang tinggi, sehingga sangat penting untuk pembuatan bata tanpa bakar. Karena sifatnya yang non-plastis dan tidak menyerap air, pasir sangat baik dalam mengatasi retak yang disebabkan oleh pengeringan alami.

Pasir meningkatkan kekuatan tekan bata tanpa bakar, terutama ketika digunakan bersama bahan stabilisasi seperti semen Portland, kapur, atau abu terbang (fly ash). Komposisi pasir dalam campuran bata tanpa bakar biasanya berkisar antara 20% dan 40%, tergantung pada jenis tanah dan sifat agregat yang digunakan. Pasir juga berfungsi sebagai pengisi, atau filler, yang mempercepat proses pengeringan bata dan meningkatkan kepadatan struktur. Bata yang dibuat dengan pasir yang tepat dalam proporsi campuran dapat memiliki kekuatan struktural yang tinggi dan ketahanan terhadap retakan dan perubahan bentuk. Oleh karena itu, pasir, sebagai bahan agregat halus, memainkan peran penting.

dalam pembuatan bata tanpa bakar, yang meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari produk akhir. Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai bata tanpa bakar dapat dilihat pada kajian sebagai berikut:

1) Samodera dkk., 2019

Pada tahun 2019, Samodera dan timnya melakukan penelitian berjudul "Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton." Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan serbuk bata merah pada

campuran aspal beton menyebabkan penurunan nilai stabilitas. Penurunan ini semakin signifikan seiring dengan bertambahnya persentase serbuk bata merah yang ditambahkan. Secara spesifik, penambahan 5% serbuk bata merah menghasilkan stabilitas sebesar 289,92 kg, 10% sebesar 2248,82 kg, dan 20% sebesar 1574,782 kg.

2) Zulmi et al., 2018

Pada tahun 2018, Zulmi dan timnya melakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas pada Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Kapur pada Kondisi Rendaman." Hasilnya menunjukkan bahwa lama waktu pemeraman sangat berpengaruh terhadap kuat tekan bebas (Q_u) tanah yang dicampur kapur. Semakin lama waktu pemeraman, nilai kuat tekan bebasnya semakin meningkat. Hal ini terjadi karena proses sementasi antara kapur dan tanah memerlukan waktu yang cukup untuk bereaksi. Selain itu, kapur memberikan pengaruh yang lebih baik pada tanah lempung dibandingkan dengan tanah lanau, meskipun perbedaan yang ditemukan tidak terlalu signifikan.

3. Air.

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam proses reaksi pengikatan material material yang digunakan untuk pembuatan batubata. Air (H_2O) adalah senyawa kimia dalam arti ilmiah yang terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Ia memiliki tegangan permukaan tinggi, kapasitas panas spesifik tinggi, dan kemampuan untuk berinteraksi dengan berbagai jenis material, baik bangunan untuk pencampuran, hidrasi, pengikatan, dan pengerasan organik maupun anorganik. Air sangat penting dalam rekayasa sipil dan material berbagai bahan. Dibandingkan dengan bahan utama lainnya seperti tanah, semen, kapur, abu terbang (fly ash), atau bahan pengikat alternatif lainnya, air sangat penting dalam pembuatan bata tanpa bakar (non-fired brick). Air berfungsi sebagai media pencampur yang mempermudah pembentukan campuran menjadi bentuk cetakan yang diinginkan dan memungkinkan reaksi kimia antar komponen terjadi.

Selain berfungsi sebagai bahan tambahan, air memainkan peran penting dalam proses fisik dan kimia pembuatan bata tanpa bakar, termasuk pencampuran, hidrasi, pembentukan kekuatan, dan proses curing. Oleh karena itu, mengontrol jumlah dan kualitas air yang digunakan sangat penting untuk kualitas bata tanpa bakar yang dihasilkan. Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai air dapat dilihat pada kajian sebagai berikut:

1) Harahap & Hariyanto, 2013

Pada tahun 2013, Harahap dan Hariyanto melakukan penelitian berjudul "Pengaruh Varian Suhu Air Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Karakteristik Beton". Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan suhu air campuran beton menyebabkan penurunan pada kuat tekan beton. Meskipun demikian, penurunan yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan kuat tekan yang dihasilkan menggunakan air bersuhu normal.

2) Ardi dkk., 2016

Pada tahun 2016, Ardi dan timnya melakukan penelitian berjudul "Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air Dan Densitas Material Batu Bata Dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca." Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan agregat serbuk kaca dari botol bekas dengan komposisi 10% hingga 40% berdampak signifikan pada nilai kuat tekan, daya serap air, dan densitas material batu bata.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan minimal yang dicapai adalah 223,41 kg/cm² dan nilai kuat tekan maksimum adalah 253,37 kg/cm². Kedua nilai ini termasuk dalam kategori kelas 200 menurut Standar Industri Indonesia (SII-0021-1978), menunjukkan bahwa penambahan limbah botol kaca dapat menghasilkan bata dengan kualitas yang baik.

3) Pah dkk., 2022

Pada tahun 2022, Pah dan timnya melakukan penelitian berjudul "Hubungan Faktor Air-Semen Dan Faktor Air Foam Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Volume Bata Ringan Clc". Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi faktor air foam (FAF) 1:20 menghasilkan berat volume (densitas) terendah. Secara spesifik, foam agen berwarna putih dengan faktor air-semen (FAS) 50% menghasilkan densitas

0,851 gr/cm³. Sementara itu, foam agen berwarna hijau dengan FAS 60% menghasilkan densitas yang sedikit lebih rendah, yaitu 0,768 gr/cm³.

4. 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. Jika semen dicampur dengan air, sedangkan reaksinya disebut reaksi hidrolisis. Adapun yang mempengaruhi reaksinya adalah kehalusan semen, jumlah air yang digunakan serta temperatur dari zat aditive yang ditambahkan.

Semen Portland menurut INI- 8 didefinisikan sebagai berikut, Suatu bubuk yang dibuat dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur silika, aluminium, dan oksida besi sampai meleleh), dan batu gips sebagai batuan penambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus tadi bila dicampur dengan air, setelah beberapa saat menjadi keras dan dapat digunakan sebagai bahan pengikat hidrolis. (Widodo & Artiningsih, 2021)

Semen berfungsi sebagai pengikat dan stabilisator dalam pembuatan bata tanpa bakar seperti CSEB (Compressed Stabilized Earth Block). Dengan menambah semen, tanah yang dipadatkan dapat memiliki kekuatan tekan yang cukup tanpa dibakar. Selama masa curing (pengeringan), yang biasanya berlangsung selama 28 hari, semen membentuk ikatan dengan partikel tanah yang mengeras melalui proses hidrasi. Penambahan 5–10 persen semen pada CSEB meningkatkan kekuatan tekan hingga 4–7 MPa, yang cukup untuk aplikasi struktural ringan hingga sedang. Oleh karena itu, menggunakan semen dalam jumlah terbatas tetap memungkinkan untuk mencapai kekuatan struktural yang diperlukan sambil mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon dibandingkan dengan bata bakar konvensional. Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai semen dapat dilihat pada kajian sebagai berikut:

1) Andriani dkk., 2012

penelitian berjudul "Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah." Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan semen secara signifikan meningkatkan nilai daya dukung tanah, yang diukur dengan nilai California Bearing Ratio (CBR). Nilai CBR tanah asli adalah 8,204%.

Peningkatan nilai CBR terjadi seiring dengan bertambahnya persentase semen. Nilai CBR tertinggi dicapai pada campuran optimum 20% semen, dengan waktu pemeraman 3 hari, menghasilkan nilai CBR sebesar 64,138%.

2) Idris & Ibrahim, 2020

Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Semen Pcc Dan Opc Tipe Terhadap Kuat Tekan Beton dengan hasil Kuat tekan beton rata – rata menggunakan semen PCC: 379,77 kg/cm², 370,32 kg/cm², 276,92kg/cm², 217,70 kg/cm², dan 149,98 kg/cm².

5. Kapur

Kapur merupakan salah satu komponen bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat. Kemampuan yang dimiliki kapur ini dapat dimanfaatkan untuk menambah campuran beton yang sebelumnya hanya menggunakan semen, pasir dan batu pecah. Penggunaan semen dalam pekerjaan beton dirasa sangat memerlukan biaya yang cukup besar. Untuk itu diupayakan penambahan bahan campuran lain dengan mengurangi persentase semen dengan menambah kapur pada campuran beton, agar pengeluaran biaya dapat ditekan seminimal mungkin dengan tidak mengurangi kekuatan bata yang telah diisyaratkan. Kapur padam adalah kapur hasil pemadaman dari kapur tohor yang membentuk hidrat (SK SNI S-04-1989-F). Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen pozzolan yang halus untuk membentuk kalsium silika semen.

Bata tanpa bakar adalah material alternatif yang dibuat tanpa pembakaran. Sebaliknya, itu dibuat dengan mencampur bahan tanah dengan material stabilisasi dan kemudian mengalami pemadatan dan pengeringan alami. Bata tanpa bakar meningkatkan kekuatan dan daya ikatnya dengan menggunakan kapur Ca(OH)^2 .

Dalam praktiknya, kapur bereaksi dengan mineral aktif tanah seperti silika dan alumina untuk membentuk senyawa seperti kalsium silikat hidrat (C-S-H) dan kalsium aluminat hidrat, yang mirip dengan senyawa hasil hidrasi semen. Senyawa-senyawa ini membantu meningkatkan kekuatan tekan bata dan melindunginya dari pelapukan. Selain itu, kapur meningkatkan ketahanan air bata, mengurangi retak yang disebabkan oleh penyusutan, dan meningkatkan umur pakai bata karena karbonasi kapur selama proses curing, yang membuat bata lebih kuat dalam jangka waktu yang lebih lama. Adapun hasil penelitian terdahulu dari kapur sebagai berikut :

1) Ariyani & Nugroho, 2007

Pengaruh Kapur Dan Abu Sekam Padi Nilai CbrLaboratoriumTanah Tras Dari D usun Seropan Untuk Stabilitas Subgrade Timbunan. Dengan hasil Campuran antara kapur dan abu sekam padi tidak selamanya mampu menaikkan nilai CBR (baik CBR direndam maupun CBR tanpa direndam). Nilai CBR yang dipakai adalah nilai tertinggi dari hasil pengujian.

2) Solikin & Nabiilah, 2016

Analisis Pengaruh Penggunaan Variasi *FlyAsh* Terhadap Karakteristik Beton Dengan Penambahan Kapur Tohor. Dengan hasil Pemakaian kombinasi variasi fly ash dan kapur tohor menyebabkan terjadinya waktu ikatan awal lebih lama dibandingkan waktu ikatan awal semen tanpa *fly ash* dan kapur tohor, namun lebih cepat dibandingkan waktu ikat awal Semen dengan campuran fly ash tanpa kapur tohor seperti pada penelitian sebelumnya.

3) Haryanti & Wardhana, 2019

Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan kapur tohor pada bata ringan berbahan limbah abu terbang batubara. Dengan hasil Hasil uji berat volume bata ringan masih memenuhi syarat SNI 03-3449-1994sebagai bata ringan dan bata ringan yang paling ringan dengan rata berat 834kg/m³. Hasil uji kuat tekan bata ringan masih memenuhi syarat SNI 03-3449-1989.

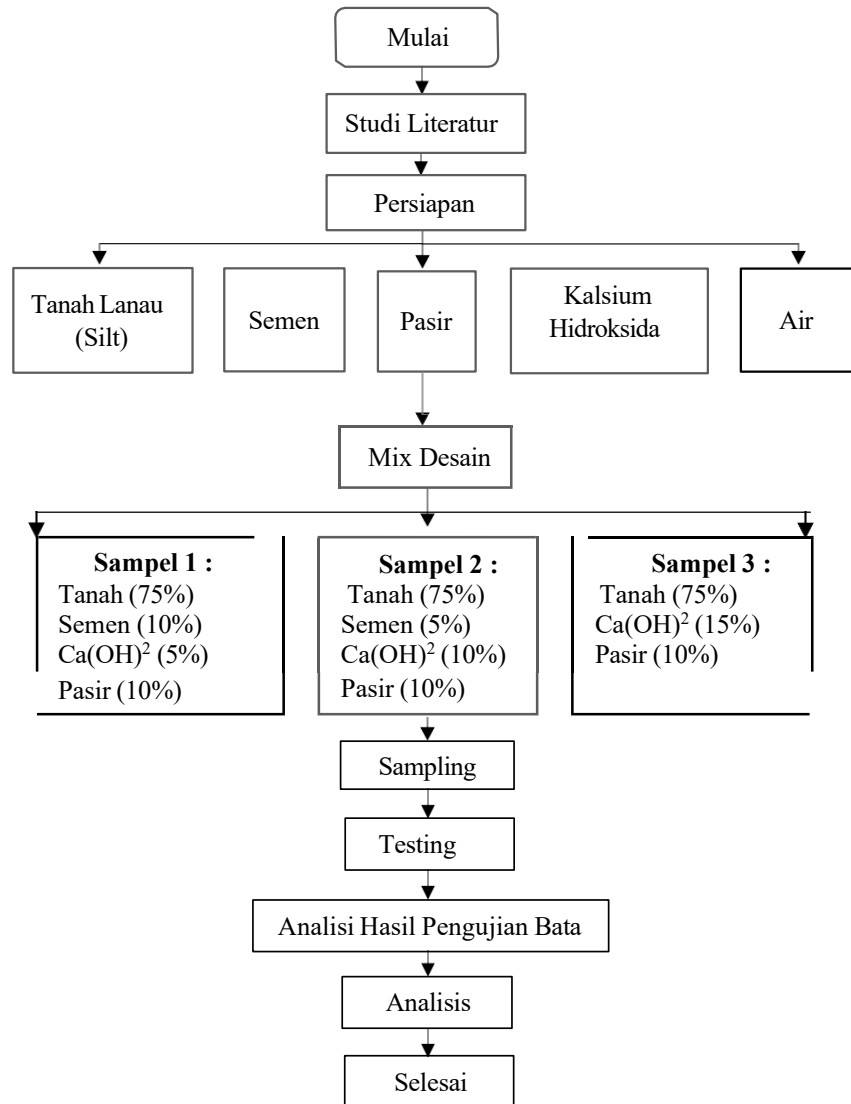
2.4 Pengujian Daya Tahan Bata

Uji daya tahan (durability) adalah pemeriksaan yang dilakukan sebelum bata yang dibuat digunakan atau dipasang untuk bangunan. Ini dilakukan sejak awal untuk mengevaluasi ketahanan bata terhadap 18 faktor lingkungan, termasuk cuaca, kelembapan, serangan biologis, zat kimia, dan beban bangunan. Sangat penting untuk melakukan uji daya tahan bata untuk memastikan bahwa batu bata memiliki kualitas yang baik dan mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama. Bata harus dibuat dengan benar untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahannya, dan proses pengeringannya harus dilakukan dengan benar untuk menghindari kerusakan. Pengujian daya tahan batu bata dapat mencakup berbagai jenis tes, seperti pengujian.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 1: Bagan Alir Penelitian

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variable atau hubungan sebab akibat antara variable. Pengamatan langsung dan pengujian sampel mengumpulkan data dalam metode eksperimen. Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari koordinator Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Setelah itu, penelitian dilanjutkan dengan melakukan penelitian literatur seperti mencari jurnal rujukan, informasi tentang bahan tambahan yang digunakan, dan metode yang digunakan. Dalam penelitian ini sampel bata tanpa bakar akan dibuat dengan menambah campuran kalsium hidroksida. Kemudian, sampel bata dan pasangan akan diuji tekan dengan mesin uji tekan. Pada tahap awal, penelitian dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder tentang pengujian bahan dasar agregat. Selain itu, bahan dasar agregat yang akan digunakan dalam eksperimen campuran kalsium hidroksida juga diuji. Menjadi referensi untuk menyelesaikan tugas akhir ini, terlepas dari data pendukung. Data yang mendukung dikumpulkan dari:

3.2.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh langsung melalui proses eksperimen di laboratorium. Data tersebut mencakup hasil pengujian kuat tekan, berat jenis, penyerapan air, kadar garam, dan pengamatan sifat tampak dari bata tanpa bakar yang dibuat menggunakan variasi campuran tanah silt, semen, dan kalsium hidroksida. Seluruh pengujian dilakukan terhadap sampel bata yang dicetak dan dikeringkan secara alami, kemudian diuji menggunakan peralatan laboratorium sesuai standar pengujian bata berdasarkan SNI 15-2094-2000. Data ini menjadi dasar utama dalam menganalisis performa dan efektivitas masing-masing komposisi campuran.

3.2.2 Data Sekunder

Selain data primer, penelitian ini juga didukung oleh data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dan dokumen teknis. Data sekunder digunakan sebagai landasan teoritis dan pembanding dalam menganalisis hasil pengujian bata tanpa bakar.

Sumber data sekunder dalam penelitian ini meliputi:

1. Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2094-2000) sebagai acuan dalam metode pengujian kuat tekan, berat jenis, penyerapan air, dan kriteria mutu batu bata.
2. Literatur ilmiah dan jurnal penelitian terdahulu yang membahas penggunaan tanah silt, kalsium hidroksida, serta karakteristik bata tanpa bakar.
3. Dokumen teknis atau publikasi akademik terkait teknologi bahan bangunan alternatif, stabilisasi tanah, dan evaluasi kualitas bata bangunan.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik, Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri Medan. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar. Waktu penelitian ini dilaksanakan pada waktu yang sudah ditetapkan yang dimulai pada tahun 2024.

3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.4.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tanah Lanau

Tanah lanau merupakan bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini dengan komposisi sebesar 75% dari total campuran bahan penyusun bata tanpa bakar. Tanah ini berasal dari Desa Sidourip, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang, dan telah disaring menggunakan saringan No. 100, sehingga hanya partikel halus berukuran kurang dari 0,15 mm yang digunakan. Tanah lanau yang digunakan memiliki karakteristik fisik berwarna coklat keabu-abuan, bertekstur halus, dan terasa licin saat basah namun tidak lengket seperti lempung.



Gambar 3.2 : Tanah Lanau.

2. Pasir

Pasir merupakan salah satu bahan penyusun tambahan dalam pembuatan bata tanpa bakar, yang berfungsi sebagai agregat halus untuk memperbaiki struktur dan kepadatan campuran. Dalam penelitian ini, pasir yang digunakan berasal dari sungai di daerah Binjai, yang telah dipastikan tidak mengandung lumpur dan telah disaring menggunakan saringan No. 100, sehingga hanya digunakan butiran pasir dengan ukuran halus yang lolos pada saringan tersebut (berukuran $< 0,15$ mm). Pasir ini digunakan dalam campuran dengan komposisi sebesar 10% dari total berat bahan.



Gambar 3.3: Pasir.

3. Kapur

Kapur yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai bahan pengikat (binder) dalam pembuatan bata tanpa bakar. Jenis kapur yang digunakan adalah lime (Ca(OH)_2) dengan merek hydrated dagang Unicarb. Kapur ini berbentuk serbuk halus berwarna putih cerah dan digunakan untuk meningkatkan reaksi ikatan kimia dalam campuran tanah dan pasir. Kualitas tepung batu kapur yang digunakan memiliki kadar CaCO_3 sebesar 99,41% dan kadar CaO sebesar 55,7% serta memiliki warna putih cerah.



Gambar 3.4: Kapur Hidroksida.

4 Air

Air merupakan bahan penting dalam pencampuran material bata tanpa bakar karena berperan dalam proses hidrasi dan reaksi kimia antara bahan pengikat dengan agregat halus. Dalam penelitian ini, air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air tersebut adalah air bersih, bebas dari zat organik, lumpur, minyak, maupun bahan kimia lain yang dapat mengganggu proses pengikatan dan pengerasan material.



Gambar 3.5: Air.

5. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland Tipe 1, yang sesuai dengan standar SNI 2049:2015. Semen ini dipilih karena memiliki kekuatan awal yang tinggi dan cocok untuk konstruksi umum. Komposisinya didominasi oleh senyawa kalsium silikat seperti C_3S dan C_2S yang berfungsi sebagai pengikat utama. Selain itu, dikenal juga jenis semen PPC (Portland Pozzolan Cement), yaitu campuran semen Portland dengan bahan pozolan seperti fly ash, yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap sulfat namun kecepatan pengerasannya lebih lambat.



Gambar 3.6: Semen.

3.4.2 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Alat cetak batu bata

Alat cetak bata yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan besi yang kokoh dan tahan deformasi. Cetakan ini dirancang sesuai standar dimensi bata, yaitu panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 6 cm. Berat minimum cetakan ini adalah sekitar 3 kg, yang cukup stabil untuk proses pemadatan tanpa bergeser atau berubah bentuk selama proses pencetakan. Alat ini berfungsi untuk membentuk bata uji dengan ukuran seragam, memastikan hasil pengujian kuat tekan dan kepadatan yang konsisten.



Gambar 3.7 : Tempat Pencetakan Bata.

2. Mesin hidrolik press (Pompa Hidrolik)

Mesin hidrolik press yang digunakan pada penelitian ini merupakan alat cetak bata manual dengan sistem pompa hidrolik bertipe hand press, dengan merk Genteng Kita. Mesin ini dilengkapi dengan silinder hidrolik vertikal dan sistem pengungkit tangan (lever) yang digunakan untuk memberikan tekanan secara manual terhadap campuran tanah dan bahan stabilisasi di dalam cetakan. Spesifikasi teknis alat mencakup kapasitas tekanan minimal sebesar 10 ton, dengan dimensi cetakan standar bata 30 cm × 14 cm × 10 cm. Alat ini bekerja

dengan memanfaatkan tenaga manual melalui tuas untuk mengaktifkan pompa, yang kemudian menekan cetakan secara vertikal hingga bata terbentuk padat dan siap dijemur. Mesin ini digunakan karena efisien, mudah dioperasikan, dan sesuai untuk produksi bata tanpa bakar skala laboratorium.



Gambar 3.8 : Mesin Hidrolik Press (Pompa Hidrolik).

2. Alat kuat tekan bata

Alat uji kuat tekan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin uji tekan hidrolik otomatis dengan sistem pompa elektrik, digunakan untuk mengetahui daya tahan atau kuat tekan maksimal dari benda uji seperti bata tanpa bakar atau beton. Mesin ini merupakan produk dari merk Shintec, dan memiliki kapasitas tekan maksimum sebesar 1000 kN (kiloNewton) atau setara dengan 100 ton. Alat ini dilengkapi dengan manometer analog untuk menampilkan tekanan secara langsung saat proses pengujian berlangsung, serta plat pengaman jaring untuk keselamatan operator.

Prinsip kerja alat ini adalah memberikan tekanan vertikal secara bertahap hingga benda uji mengalami kerusakan atau keretakan, kemudian nilai kuat tekan dihitung berdasarkan beban maksimum yang tercatat dan luas penampang benda uji. Mesin ini digunakan di laboratorium teknik sipil untuk menguji performa material bangunan terutama dalam aspek kekuatan struktur.



Gambar 3.9 : Alat Kuat Tekan Bata.

3. Timbangan digital

Dalam penelitian ini, timbang digital yang dibuat oleh Shintec digunakan untuk menimbang bahan penyusun bata seperti tanah, pasir, dan semen sebelum dicampur. Timbangan ini dapat menampung hingga 30 kilogram, dan memiliki layar digital dan tombol numerik untuk mengatur dan kalibrasi.

Permukaan penimbang terbuat dari bahan logam tahan karat, yang membuatnya ideal untuk digunakan baik di laboratorium maupun di lapangan. Alat ini mengukur massa bahan dengan sangat akurat, membantu menjaga komposisi material yang digunakan dalam pembuatan bata.



Gambar 3.10: Timbangan Digital.

4. Saringan

Dalam penelitian ini, timbang digital yang dibuat oleh Shintec digunakan untuk menimbang bahan penyusun bata seperti tanah, pasir, dan semen sebelum dicampur. Timbangan ini dapat menampung hingga 30 kilogram, dan memiliki layar digital dan tombol numerik untuk mengatur dan kalibrasi. Permukaan penimbang terbuat dari bahan logam tahan karat, yang membuatnya ideal untuk digunakan baik di laboratorium maupun di lapangan. Alat ini mengukur massa bahan dengan sangat akurat, membantu menjaga komposisi material yang digunakan dalam pembuatan bata.



Gambar 3.11: Saringan.

5. Penggaris

Penggaris merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui dimensi fisik dari bata tanpa bakar setelah proses pencetakan dan pengeringan selesai. Pada penelitian ini digunakan penggaris logam berbahan stainless steel dengan panjang 30 cm dan skala ketelitian 1 mm. Alat ini digunakan untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi bata secara presisi guna memastikan kesesuaian dengan ukuran desain yang telah direncanakan. Ketepatan dalam pengukuran sangat penting untuk menjamin bahwa setiap bata memiliki dimensi yang seragam, sehingga mendukung kestabilan struktur ketika bata tersebut digunakan dalam konstruksi bangunan.



Gambar 3.12: Penggaris

6. Ember

Ember yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai wadah untuk menampung dan memindahkan bahan-bahan campuran, seperti tanah, kapur Ca(OH)_2 , dan air sebelum proses pencampuran dan pencetakan bata tanpa bakar dilakukan. Ember ini terbuat dari bahan plastik fleksibel (rubber plastic) yang kuat dan tahan terhadap beban material basah maupun kering. Kapasitas ember yang digunakan berkisar antara 15–20 liter, yang memungkinkan pengangkutan bahan dalam jumlah sedang tanpa mengganggu efisiensi kerja. Alat ini juga memudahkan pengukuran takaran bahan campuran sebelum masuk ke tahap pengolahan lebih lanjut.



Gambar 3.13: Ember.

7. Plastik

Plastik yang digunakan pada penelitian ini berjenis plastik lembaran berbahan polietilena (PE) yang memiliki sifat lentur, ringan, dan kedap air. Alat ini berfungsi untuk menyimpan agregat-agregat halus maupun kasar yang telah ditimbang sebelumnya, sebelum dicampurkan menjadi adonan bata. Dengan menggunakan plastik sebagai alas atau wadah sementara, proses pemindahan bahan menjadi lebih mudah dan terhindar dari pencampuran material yang tidak merata. Selain itu, penggunaan plastik membantu menjaga kebersihan material serta meminimalkan kehilangan Plastikvolume bahan akibat tercecer.



Gambar 3.14: Plastik.

8. Pan

Pan merupakan wadah berbentuk persegi panjang dengan material dasar berupa plat besi galvanis yang kokoh dan tahan karat. Alat ini memiliki dimensi sekitar 60 cm × 50 cm dengan kedalaman 8–10 cm, sehingga cukup.

luas untuk menampung dan mencampurkan bahan-bahan penyusun bata seperti tanah, kapur Ca(OH)_2 , dan air. Fungsinya adalah sebagai tempat utama dalam proses pencampuran adonan bata tanpa bakar secara manual agar homogen sebelum dimasukkan ke cetakan. Permukaan datar dan tepi yang sedikit tinggi pada pan membantu mencegah tumpahan bahan saat diaduk.



Gambar 3.15 : Pan

9. Sekop

Sekop merupakan alat bantu manual yang berfungsi untuk memindahkan, mencampur, dan membalik material seperti tanah, pasir, dan kapur dalam proses pembuatan bata tanpa bakar. Sekop yang digunakan pada penelitian ini adalah sekop jenis cangkul pipih dengan merek Truper, terbuat dari baja karbon yang kuat dan tahan korosi, dengan gagang kayu keras sepanjang sekitar 90– 100 cm yang ergonomis dan mudah digenggam. Alat ini memiliki mata sekop datar berukuran kurang lebih 20 cm × 25 cm, yang ideal untuk menjangkau dan mencampur bahan dalam jumlah sedang agar tercampur secara merata sebelum proses pencetakan bata.



Gambar 3.16: Sekop.

10. Gelas Ukur

Gelas ukur adalah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur volume cairan secara presisi, terutama dalam menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencampur material bata tanpa bakar. Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur silinder plastik transparan dengan merek Iwaki yang memiliki kapasitas maksimum 1000 ml (1 liter), dilengkapi dengan skala ukur bertahap setiap 50 ml untuk memudahkan pembacaan. Material plastiknya tahan terhadap cairan dan tidak mudah pecah, menjadikannya alat yang efisien dan aman digunakan di lingkungan kerja. Penggunaan gelas ukur ini penting untuk menjaga konsistensi kadar air dalam adonan tanah, kapur, dan bahan lain, sehingga campuran yang dihasilkan dapat mencapai plastisitas yang optimal sebelum proses pencetakan bata.



Gambar 3.17: Gelas Ukur.

11. Oven

Oven merupakan alat bantu laboratorium yang digunakan untuk mempercepat proses pengeringan bata tanpa bakar dengan cara menguapkan kandungan air di dalam adonan bata. Oven yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven laboratorium merk Memmert, tipe UNB 400, dengan kapasitas ruang pengering sekitar 108 liter, mampu bekerja pada suhu maksimum hingga 250°C, dan dapat dioperasikan selama maksimal 24 jam non-stop. Oven ini dilengkapi

dengan pengatur suhu digital dan sistem sirkulasi udara yang merata, memastikan proses pengeringan berjalan konsisten dan efisien. Penggunaan oven sangat membantu dalam mempercepat waktu pengeringan bata dari beberapa hari menjadi hanya beberapa jam, tanpa memengaruhi kualitas struktur bata.



Gambar 3.18: Oven.

3.5 Persiapan dan Pengambilan Data Sampel

Teknik persiapan dan pengambilan data dilakukan dalam beberapa tahap di antaranya:

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan dengan mempersiapkan berbagai alat dan bahan yang akan digunakan. Setiap bahan diletakkan pada wadahnya masing-masing sehingga tidak tercampur dengan bahan lainnya. Pemisahan bahan ini bertujuan agar mempertahankan kualitas bahan sebelum dilakukan pencampuran. Bahan-bahan yang kering diletakkan di tempat yang kering, alat-alat yang masih basah harus dikeringkan terlebih dahulu sebelum digunakan agar tidak mempengaruhi komposisi campuran bahan.

2. Tahap penimbangan bahan

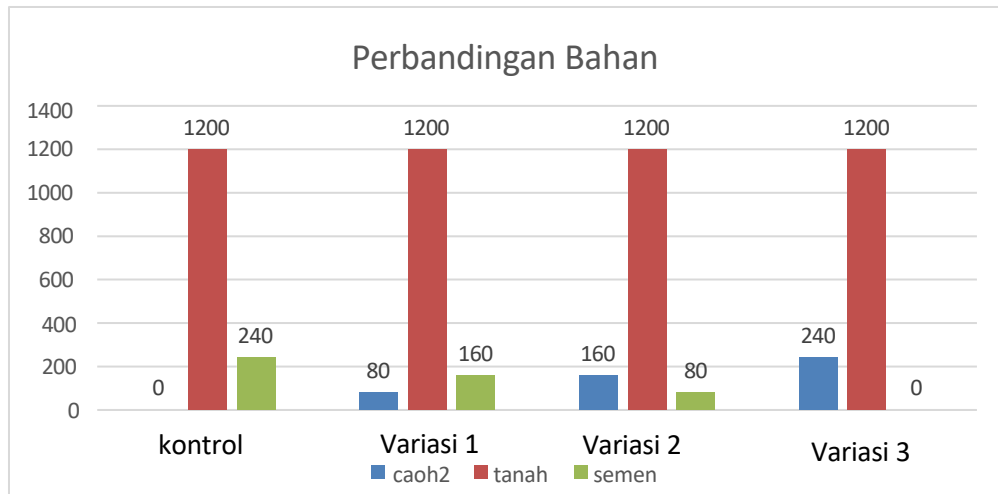
Bahan-bahan yang telah di siapkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat yang sesuai dengan komposisi bahan yang

diinginkan. Pada penelitian ini bahan yang ditimbang meliputi tanah Lanau, pasir, semen, kapur. Lalu, untuk massa air menggunakan gelas ukur sebagai acuan massa yang digunakan.

3. Tahap pembuatan sampel batu bata

- a. Proses awal dalam pembuatan bata adalah menyiapkan bahan campuran yang direncanakan pada wadah yang terpisah.
- b. Menyiapkan pan yang cukup luas untuk menampung volume bahan rencana.
- c. Campuran bahan dimasukkan ke dalam pan lalu dilakukan proses pencampuran seluruh bahan hingga tercampur dengan merata.
- d. Menimbang adonan hasil pencampuran, kemudian adonan yang telah ditimbang di pisahkan ke wadah bersih yang lain.
- e. Adonan yang sudah ditimbang dan disisihkan kemudian dimasukkan kedalam alat cetak bata dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 6 cm.
- f. Adonan yang sudah dimasukkan di dalam cetakan kemudian di press menggunakan mesin press hidrolik hingga tekanan 5 MPa.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara mencampurkan bahan ke dalam pan lalu aduk seluruh bahan hingga tercampur merata dan ditambah air hingga mencapai kadar air optimum. Selanjutnya menimbang campuran, lalu masukkan ke dalam cetakan bata dengan ukuran 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 6 cm. Campuran yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan dipress menggunakan mesin press hidrolik hingga tekanan 5 MPa. Keluarkan sampel hasil press dari cetakan lalu keringkan dengan suhu ruang selama 28 hari.



Gambar 3.19 Perbandingan Bahan Pembuatan Bata

Tabel 3.1 Komposisi Campuran Benda Uji

Sampel	Semen	tanah	Ca(OH) ₂	air	pasir
Kontrol	240	1200	-	380	160
Variasi 1	160	1200	80	380	160
Variasi 2	80	1200	160	380	160
Variasi 3	-	1200	240	380	160

3.6 Proses Pengujian Sampel

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Prosedur dalam pengujian sampel digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penambahan kalsium hidroksida terhadap daya tahan bata pada penelitian ini. Mengamati dan mencatat hasil pengujian selama pengujian adalah cara pengambilan data dilakukan. Penelitian akan dijelaskan melalui beberapa point, yaitu:

4.1 Daya Tahan

Ketahanan benda uji diukur melalui peningkatan kadar air, volume, dan pembasahan dan pengeringan berulang. Metode uji ASTM D559 digunakan untuk melakukan pengujian ini. Proses pengujian daya tahan adalah sebagai berikut:

1. Merendam bata selama 5 jam pada suhu ruang lalu keluarkan dan timbang
2. Meletakkan bata pada ruangan dengan suhu ruang selama 19 jam
3. Mengulangi langkah 1 dan 2 sebanyak 12 kali

4. Menimbang bata dan mengukur untuk menentukan kehilangan massa, perubahan kadar air dan perubahan volume yang dihasilkan oleh pengujian pembasahan dan pengeringan. Pengujian dapat diberhentikan selama 12 siklus jika pengukuran menjadi tidak akurat karena hilangnya specimen tanah-semen.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Ket :

σ = kuat tekan bata (MPa atau kg/cm²)

P = beban maksimum saat bata hancur (N atau kgf)

A = luas penampang yang menerima beban (mm² atau cm²)

4.2 Penyerapan Air

Langkah-langkah umum dalam uji penyerapan air adalah sebagai berikut:

1. Persiapan sampel bahan yang akan diuji dengan ukuran yang sesuai dan pastikan bahwa semua permukaannya bersih dan kering.
2. Timbang sampel bahan menggunakan timbangan digital dan catat beratnya. Lalu oven selama 12 jam.
3. Setelah di oven selama 12 jam. Letakkan sampel diatas wadah yang berisi air. Biarkan sampel bahan terendam dalam air selama 24 jam
4. Setelah direndam selama waktu tertentu angkat sampel dari wadah air dan letakkan sampel dengan bebas selama beberapa menit agar air yang terperangkap dalam sampel mengalir keluar.
5. Hitung berapa banyak air yang terserap oleh sampel dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Kering}} \quad (3.2)$$

a. Berat Jenis

Tujuan dari pengujian berat jenis bata tanpa bakar adalah untuk mengetahui tingkat kerapatan material yang dibuat dari campuran tanah silt, kapur hidrat (Ca(OH)_2), semen, dan pasir. Tujuan campuran ini adalah untuk menghasilkan bata yang ramah lingkungan tanpa memerlukan pembakaran. Diukur berat dan volume bata setelah peletakan dan kering di oven. Berat jenis dihitung dengan rumus $\rho = W/V$, dengan kg/m^3 sebagai satuan. Bata memiliki massa dan volume akhir yang dipengaruhi oleh campuran tanah silt sebagai bahan utama, semen dan Ca(OH)_2 sebagai bahan pengikat, dan pasir sebagai agregat halus.

$$\text{Berat Jenis} = \frac{W}{V}$$

Keterangan:

w = berat (kg)

v = volume (m^3)

4.3 Sifat Tampak

Pengujian sifat tampak ini dilakukan dengan mengamati bata, melihat apakah retak atau tidak, sudutnya siku atau tidak, warnanya seragam dan jika di ketuk berbunyi nyaring Tujuan dari pengujian sifat tampaknya adalah untuk mengevaluasi penampilan fisik bata tanpa bakar, termasuk bentuk, warna, permukaan, dan adanya cacat visual. Bata terdiri dari campuran tanah silt sebagai bahan utama, dengan kapur hidrat (Ca(OH)_2) ditambahkan sebagai bahan pengikat, dan pasir sebagai agregat halus. Setelah pencetakan dan pengeringan selesai, beberapa hal diamati secara visual.

Ini termasuk keseragaman bentuk dan ukuran, warna permukaan, retak rambut, rongga udara, dan kerapatan permukaan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa, dipengaruhi oleh kadar kapur dan semen bata yang dihasilkan memiliki bentuk yang cukup presisi, permukaan yang padat dan halus, dan warna keabu-abuan yang seragam. Tidak ada cacat signifikan seperti retakan lebar atau patahan sudut, yang menunjukkan bahwa komposisi, pencampuran, dan metode pemadatan sudah sesuai. Sebelum pengujian mekanis yang cukup presisi, permukaan yang padat dan halus, dan warna keabu-abuan yang seragam. Tidak ada cacat signifikan seperti retakan lebar atau patahan sudut,

yang menunjukkan bahwa komposisi, pencampuran, dan metode pemadatan sudah sesuai. Sebelum pengujian mekanis dilakukan, pengujian

4.4 Kadar Garam

Pengujian kadar garam dilakukan pada bata tanpa bakar untuk mengetahui seberapa banyak kandungan garam larut dalam bata, yang dapat memengaruhi ketahanan bata terhadap pelapukan, efloresensi, dan kerusakan permukaan $\times$ 100 dalam jangka panjang. Bata yang diuji terdiri dari campuran tanah silt, semen, pasir, dan kapur hidrat (Ca(OH)^2). Tanah silt biasanya mengandung garam seperti sulfat dan klorida, yang dapat merusak ikatan antar partikel jika

tidak dikontrol. Pengujian dilakukan menggunakan teknik ekstraksi larutan. Sampel bata kering dihancurkan, kemudian direndam dalam air suling selama 24 jam, dan kemudian disaring untuk mengetahui kandungan garam larutnya dengan konduktometer atau uji kimia titrasi. Tidak ada kemungkinan efloresensi berlebihan, karena kadar garam tetap di bawah ambang batas standar (kurang dari 0,1%). Untuk menjamin umur pakai dan kestabilan dimensi bata dalam jangka panjang, sangat penting untuk mengontrol kadar garam ini.

$$\text{Kadar Garam (G)} = \frac{A_g}{A} \times 100 \% \quad (3.4)$$

Keterangan:

G = Kadar garam (%)

A_g = Luas Kandungan garam (cm^2)

A = Luas bata (cm^2).

4.5 Pengujian Thermal

Tujuan dari pengujian sifat termal adalah untuk mengetahui kapasitas bata tanpa bakar untuk mengisolasi panas (konduktivitas termal), terutama dalam hal penggunaan bangunan hemat energi. Bata yang diuji berasal dari campuran tanah silt sebagai bahan utama, Ca(OH)^2 sebagai bahan pengikat, dan semen sebagai bahan pengikat, bersama dengan pasir sebagai agregat halus. Pengujian dilakukan menggunakan termometer konduktivitas termal atau metode plat panas yang dilindungi. Hasilnya diukur dalam $\text{W/m}\cdot\text{K}$, atau watt per meter kelvin. Bata yang memiliki konduktivitas panas yang lebih rendah memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menahan panas dan menjaga suhu ruang tetap stabil.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bata dengan komposisi tersebut memiliki nilai konduktivitas panas antara 0,45 dan 0,75 W/m·K tergantung pada proporsi bahan, porositas, dan tingkat kerapatan. Bata ini termasuk dalam kategori bahan insulatif sedang, sehingga cocok untuk digunakan sebagai dinding non-struktural di bangunan yang dibangun di daerah tropis. Penggunaan kapur hidrat dan tanah silt membuat mikrostruktur bata lebih berpori, yang mempengaruhi kemampuan isolasi panasnya.

4.6 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata tanpa bakar dalam menahan beban tekan maksimum sebelum mengalami keruntuhan. Pengujian ini menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM) dan dilakukan setelah bata dikeringkan selama 28 hari. Sebelum pengujian, dimensi bata diukur untuk mengetahui luas bidang tekan. Selanjutnya, sampel diletakkan secara vertikal pada pelat mesin dan diberi beban secara perlahan hingga pecah. Beban maksimum yang dicapai saat bata pecah dicatat dan digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan menggunakan rumus :

$$f_i = \frac{F_{i \max}}{A_i} \quad (3.5)$$

Keterangan:

f_i = kuat tekan pasangan bata (N/mm²)

$F_{i \max}$ = beban maksimum benda uji (N).

A_i = luasan permukaan tekan benda uji (mm²).

4.7 Indeks Plastisitas Tanah

Indeks plastisitas (IP) merupakan parameter penting dalam mengklasifikasi dan mengevaluasi sifat plastis suatu tanah. IP dihitung berdasarkan selisih antara batas cair (Liquid Limit / LL) dan batas plastis (Plastic Limit / PL) suatu tanah, sebagaimana dirumuskan:

Keterangan:

$$IP = LL - PL \quad (3.6)$$

PI = Indeks plastisitas (%)

LL = Batas cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

Pengujian IP dilakukan dengan metode uji batas Atterberg menggunakan alat Casagrande dan pelat kaca. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sampel tanah silt yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh nilai IP sebesar $\pm 6\%$, yang menunjukkan bahwa tanah tersebut tergolong sebagai tanah berplastisitas rendah. Tanah dengan IP rendah memiliki kohesi dan plastisitas yang terbatas, sehingga kurang stabil bila digunakan langsung sebagai bahan bangunan tanpa stabilisasi tambahan.

Karena sifat tersebut, penambahan bahan seperti semen dan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) diperlukan untuk meningkatkan daya ikat dan kemampuan pembentukan bata. IP yang rendah juga berpengaruh pada daya tahan bata terhadap perubahan kadar air dan beban mekanis.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pemeriksaan Bahan

Dalam pemeriksaan bahan baik agregat halus maupun tanah yang dilakukan di laboratorium mengikuti panduan yang ada pada SNI tentang pemeriksaan agregat. Data data yang telah didapat selama penelitian berlangsung, akan dilakukan analisis secara kuantitatif dengan metode statistika.

4.2 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai. Secara umum, pasir Binjai memenuhi syarat sebagai bahan bangunan karena memiliki butiran berukuran $5 - 0,074$ mm, bersifat tidak plastis, dan tidak kohesif.

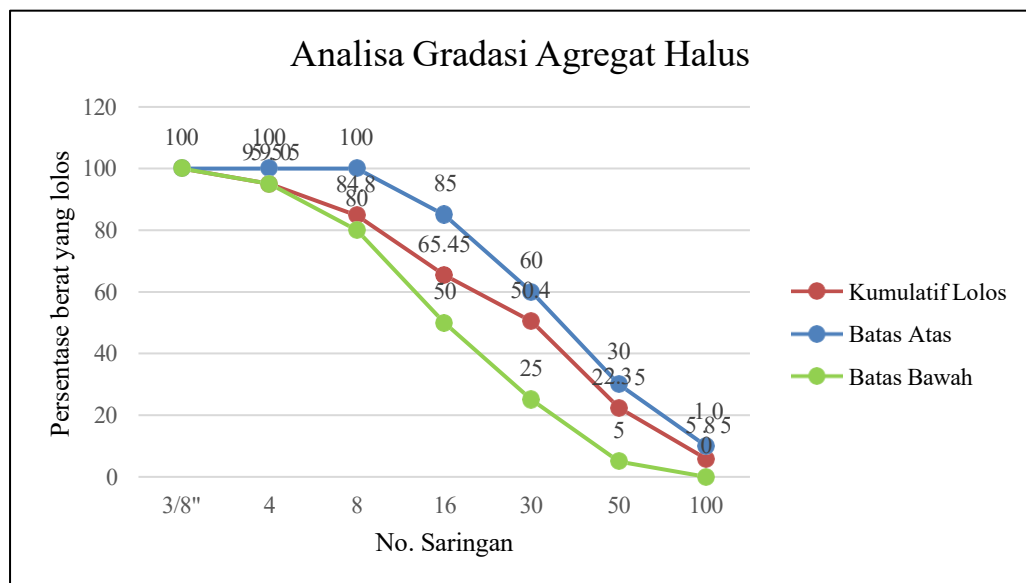
Pasir Binjai berfungsi untuk mengurangi risiko penyusutan serta retak pada bata, mencegah terjadinya pelengkungan setelah pengeringan, serta meningkatkan kuat tekan bata. Berdasarkan standar SNI, pasir Binjai termasuk agregat halus yang layak digunakan dalam pembuatan bata tanpa bakar.

4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Pengujian analisa saringan dilakukan berdasarkan (SK SNI S-04-1989-F, 1989), tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 4.1 dan pada Gambar 4.1 berikut.

Tabel 4.1: Analisa Saringan Agregat Halus.

No. Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8"	0	0	0	100
No. 4	99	4.95	4.95	95.05
No. 8	205	10.20	15.20	84.80
No. 16	387	19.35	34.55	65.45
No. 30	301	15.05	49.60	50.40
No. 50	561	28.05	77.65	22.35
No. 100	330	16.50	94.15	5.85
Pan	117	5.850		0
Total	2000	100	276.1	



Gambar 4.1: Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.

Berdasarkan gambar 4.1, maka nilai modulus kehalusan (finess modulus) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus kehalusan (finess modulus)} = \frac{276.10}{100} = 2.76\%$$

Dari hasil pengujian didapat nilai sebesar 2,76%. Nilai tersebut masih diizinkan untuk masuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diizinkan sebesar 1,5%-3,8%. Agregat tersebut berada di zona 2 (pasir sedang).

4.2.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

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

Tabel 4.2 Kadar lumpur agregat halus

Kadar Lumpur Agregat Halus		
Uraian	Sampel 1	Sampel2
Wadah (W1)	511	507
Berat pasir kering (W2), gr	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	995	992
Berat lumpur (W4), gr	16	15
Kadar lumpur, %	3,2	3,0
Kadar lumpur rata-rata, %	3,1	

Dari hasil uji kadar lumpur pada tabel 4.2 didapat persentase kadar lumpur rata rata 3,1%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F, 1989), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.2.2 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering.

Tabel 4.3: Pemeriksaan kadar air agregat halus.

Pemeriksaan	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6991	7436
Berat contoh SSD	gr	6480	6928
Berat contoh kering oven dan berat wadah	gr	6722	7012
Berat wadah	gr	511	508
Berat air	gr	269	424
Berat contoh kering	gr	6211	6504
Kadar air	gr	4,33	6,52
Rata-rata	gr	5,43	

Dari pengujian kadar air pada Tabel 4.3, agregat halus yang menggunakan 2 sampel dengan hasil kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6,52% sehingga nilai rata-rata yang didapat sebesar 5,43%. Hasil tersebut memenuhi standard yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20%.

4.3 Pemeriksaan Tanah

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

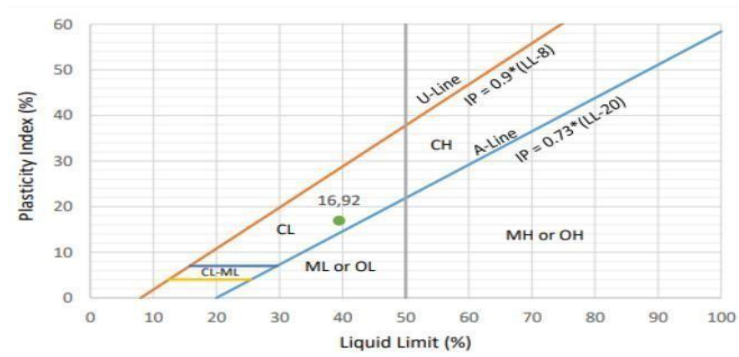
4.3.1 Uji Indeks Plastisitas Tanah Lanau

Uji indeks plastisitas tanah digunakan untuk menentukan sifat plastis dari tanah yang digunakan. Pengujian indeks plastisitas tanah melibatkan pengujian batas cair (liquid limit) dan batas plastis (plastic limit) suatu tanah, yang kemudian digunakan untuk menghitung Indeks Plastisitas (PI). Batas cair (LL) adalah nilai kadar air pada tanah pada keadaan cair dengan keadaan plastis tanah, atau nilai batas pada daerah plastis. Metode Casagrande merupakan metode umum yang digunakan untuk menentukan batas cair tanah. Tanah dalam keadaan batas cair yaitu apabila diperiksa dengan alat casagrande, sampel tanah dalam mangkok yang dipisahkan oleh alurcolet selebar 2mm akan berhimpit kembali pada 25

ketukan. Batas plastis (PL) merupakan kadar air didalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Sampel tanah dicampur dengan air hingga mencapai konsistensi plastis dan kemudian dibentuk lempengan tipis. Batas plastis dicapai ketika sampel tersebut tidak dapat lagi digulung tanpa mengalami retak atau pecah. Indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara nilai batas cair dan batas plastis (LL-PL).

Nilai PI dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tanah sebagai tanah lempung, tanah berlempung, atau tanah liat sesuai dengan klasifikasi tanah. Gambar 4.2 memberikan hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas tanah, yang mana dikenal dengan grafik plastisitas (plasticity chart) Casagrande. Hal yang penting dalam grafik plastisitas ini adalah garis pembagi (Garis-A) yang membedakan derajat plastisitas dari tanah menjadi plastis dari tanah menjadi plastisitas tinggi dan rendah. Garis-A memiliki persamaan garis lurus: $PI = 0,73(LL-20)$. Garis-A ini memisahkan antara lempung inorganik dan lanau inorganik. Lempung inorganik akan berada di atas Garis-A, dan lanau inorganik berada di bawah Garis-A.

Lanau organik berada dalam bagian yang sama (di bawah Garis A dan dengan LL berkisar antara 30-50%) yang mana merupakan lanau inorganik dengan derajat pemampatan sedang. Lempung organik berada dalam bagian yang sama dimana memiliki derajat penampatan yang tinggi (di bawah Garis-A dan LL lebih besar dari 50%). Selain Garis-A, terdapat pula Garis- U (ULine) yang merupakan batas atas dari hubungan antara indeks plastisitas dan batas cair untuk suatu tanah. Garis-U mengikuti persamaan garis lurus: $PI = 0,9(LL-8)$ (Mudjiono, n.d.). Hasil pengujian plastisitas tanah galong dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2: Grafik Plastisitas Tanah Lanau.



Gambar 4.3: Uji Plastisitas Tanah Galong.

Untuk nilai uji plastisitas tanah lanau sebagai berikut:

Tabel 4.4: Tabel Batas Cair

Batas Cair (Liquid Limit) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Lanau									
No.	Nomor Contoh		Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1	Banyak pukulan			22	23	35	45		
2	Nomor Cawan			I	II	III	IV	I	II
3	Berat Cawan (W1)		gr	47	47	43	48	22	20
4	Cawan+T.Bas(W2)		gr	36	38	33	38	20	18
5	Cawan+T.Ker (W3)		gr	11	9	10	10	2	2
6	Berat Air (Ww)		gr	10	8	8	10	10	10
7	Berat T. Ker (W5)		gr	26	30	25	28	10	8
8	Kadar Air		%	42.3	30	40	35.7	20	25
9	Kadar Air Rata2		%	39				22.5	
LL	PL	PI							
39	22.5	16.9							

Dari hasil pengujian plastisitas tanah galong dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.3. Diperoleh Batas cair (Liquid Limit) 39,42% sedangkan Batas Plastis (Plastic Limit) 22,5%, maka didapat Indeks Plastisitas (Plasticity Index) dari tanah galong sebesar 16,92%. Berdasarkan nilai Indeks plastisitas yang diperoleh maka tanah pada penelitian ini termasuk tanah lempung inorganik dengan indeks plastistas sedang.

4.3.2 Uji Kadar Air Tanah

Uji kadar air tanah dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan air yang terdapat di dalam sampel tanah. Pengujian ini penting karena kadar air sangat memengaruhi sifat fisik dan mekanik tanah, seperti kekuatan geser, plastisitas, serta daya dukungnya. Proses pengujian dilakukan dengan cara menimbang sampel tanah basah, kemudian mengeringkannya di dalam oven pada suhu 105–110°C hingga mencapai berat konstan, lalu ditimbang kembali. Selisih antara berat basah dan berat kering dibandingkan dengan berat kering tanah akan menghasilkan nilai kadar air dalam persen.

Hasil uji kadar air tanah galong, didapat nilai rata-rata 24,9%. Nilai tersebut masih memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 20%-100%. Hasil uji kadar air agregat halus dapat dilihat pada lampiran Tabel 4.4.

Tabel 4.5: Indeks Plastis Tanah Galong.

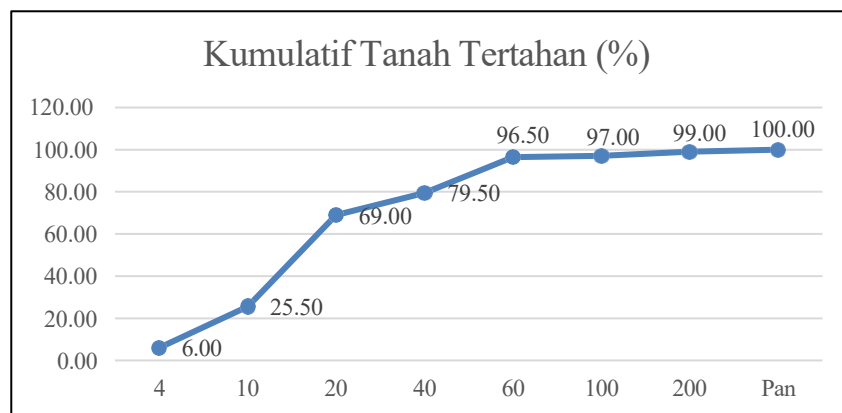
Kadar air tanah lanau		
No. cawan	Sampel 1	Sampel 2
Berat cawan (W1)	9	9
Berat cawan + tanah basah (W2)	60	59
Berat cawan + tanah kering (W3)	48	51
Berat air	12	8
Berat tanah kering (W3-W1)	39	42
Kadar air (w)	30.8	19
Rata-rata (%)	24.9	

4.3.3 Analisa Butiran Tanah Lanau

Analisa butiran tanah lanau dilakukan dengan cara pengayakan, yaitu menggetarkan sampel tanah melalui satu set ayakan dengan ukuran diameter lubang yang tersusun berurutan dari besar ke kecil. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah dan klasifikasi gradasinya. Pada analisa saringan ini, pengamatan difokuskan pada tanah yang tertahan pada ayakan No. 200, karena butiran tanah lanau umumnya berukuran lebih halus dari 0,075 mm. Hasil analisa ini kemudian digunakan untuk menentukan persentase fraksi pasir, lanau, dan lempung, sehingga dapat diketahui jenis tanah dominan serta karakteristik gradasinya yang berpengaruh terhadap sifat teknis tanah, seperti kepadatan, permeabilitas, dan daya dukung. Hasil pemeriksaan butiran tanah galong dapat dilihat pada lampiran Tabel 4.5 dan gambar 4.3 seperti berikut:

Tabel 4.6: Analisa Butiran Tanah Lanau.

No.	Diameter	Berat tanah	Berat tanah	Kumulatif	Tanah
Saringan	lubang	tertahan	tertahan	dari tanah	lolos
	saringan	saringan	saringan	tertahan	saringan
	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
4	4.57	60	6.00	6.00	94.00
z10	2	195	19.50	25.50	74.50
20	0.85	435	43.50	69.00	31.00
40	0.425	105	10.50	79.50	20.50
60	0.25	170	17.00	96.50	3.50
100	0.15	5	0.50	97.00	3.00
200	0.075	20	2.00	99.00	1.00
Pan		10	1.00	100.00	0.00
Jumlah		1000			

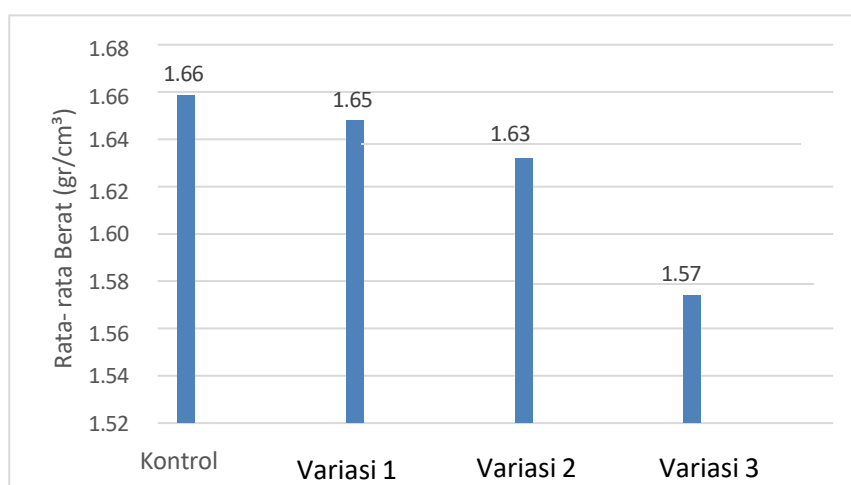


Gambar 4.4: Grafik Analisa Butiran Tanah Galong.

Berdasarkan Gambar 4.3 yang menunjukkan grafik hasil analisa butiran tanah lanau, terlihat bahwa sebagian besar butiran tanah berada pada ukuran yang halus, dengan persentase kumulatif tertahan yang meningkat tajam pada ayakan No. 200 hingga pan. Hal ini menunjukkan bahwa tanah lanau didominasi oleh butiran halus dengan ukuran $< 0,075$ mm. Kondisi ini memperkuat klasifikasi tanah lanau sebagai tanah bertekstur halus dengan plastisitas rendah.

4.4 Hasil Analisa Pengujian Bata Tanpa Bakar

Pada sub bab ini akan dipaparkan hasil serta analisa dari berbagai pengujian yang telah dilakukan terhadap bata tanpa bakar, meliputi uji daya tahan, penyerapan air, kadar garam, berat jenis, dan sifat tampak. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik maupun kualitas bata tanpa bakar sehingga dapat dievaluasi kelayakannya sebagai material konstruksi.



Gambar 4.5: Grafik Berat Jenis.

Hasil pengujian massa jenis bata kontrol memiliki nilai tertinggi sebesar 1.66 gr/cm³, menunjukkan bahwa nilai massa jenis bata kontrol lebih tinggi daripada bata campuran Kalsium Hidroksida.

4.5 Kadar Garam Bata Tanpa Bakar

Adapun hasil pengujian kadar garam yang terkandung pada bata tanpa bakar untuk tanah lanau dengan penambahan kalsium hidroksida adalah nol.



Gambar 4.6: Kondisi Bata Setelah Di Uji Kadar Garam.

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa permukaan bata tanpa bakar yang telah diuji tidak menunjukkan adanya tanda-tanda keberadaan garam, seperti bercak putih atau kristal yang biasanya muncul akibat proses efflorescence. Permukaan bata tampak bersih dan tidak mengalami perubahan warna yang berarti setelah pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa bata hasil penelitian memiliki ketahanan yang baik terhadap kandungan garam dan tidak mengalami masalah efflorescence.

4.6 Sifat Tampak Bata

Hasil pengujian sifat tampak bata tanpa bakar yang diperoleh dapat dilihat dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Benda Uji Sifat Tampak Tanah Galong.

Dari gambar 4.10 dapat dilihat hasilnya bahwa sifat tampak pada bata yang menggunakan campuran kalsium hidroksida dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 6 cm memiliki sifat tampak yang sesuai dengan SNI.

4.7 Kuat Tekan Pasangan Batu Bata Tanpa Bakar

Pengujian kuat tekan pasangan bata dilakukan berdasarkan standar SNI 03-4164-1996. Prosedur pengujian dimulai dengan menempatkan benda uji pada mesin uji kuat tekan. Selanjutnya, mesin dioperasikan dengan terlebih dahulu mengatur jarum penunjuk beban pada posisi nol. Pengamatan dilakukan dengan mencatat besarnya beban maksimum saat benda uji mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan pasangan bata kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$f_i = \frac{f_{i \max}}{A_i} \quad (4.1)$$

Keterangan :

f_i : Kuat tekan pasangan bata (N/mm²)

$F_{i \max}$: Beban maksimum benda uji (N).

A_i : Luasan permukaan tekan benda uji (mm²)



Gambar 4.8: Proses Pengujian Kuat Tekan.



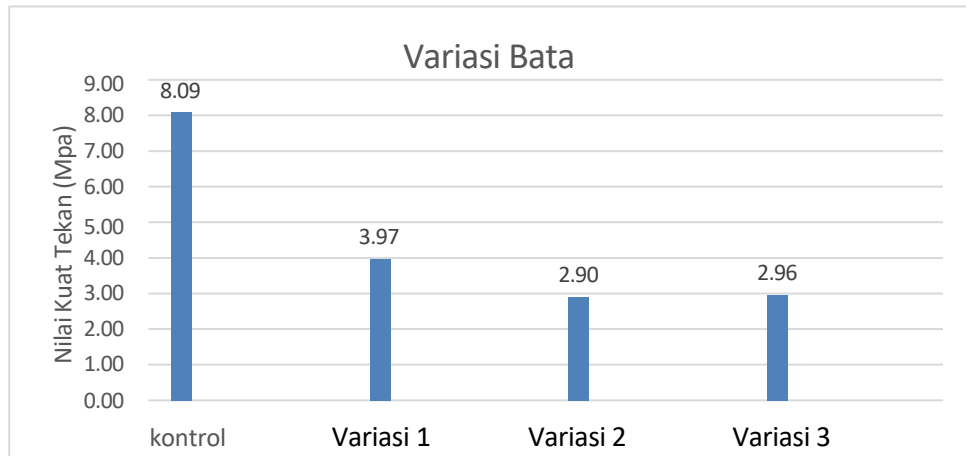
Gambar 4.9: Setelah Pengujian Kuat Tekan.

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

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan pasangan bata tanpa bakar dengan bahan tambah kalsium hidroksida yang dapat dilihat pada tabel 4.7 seperti dibawah ini :

Tabel 4.7: Analisa Kuat Tekan.

Variasi	Sampel	Maximum Load		Dimension		Sectional Area A (mm ²)	Compressive Strength σ (Mpa)	Rata-rata σ (Mpa)
		P (Kg)	P (N)	length (mm)	width (mm)			
Kontrol	1	16500	161811	100	200	20000	8.09	8.09
	2	16000	156907	100	200	20000	7.85	
	3	17000	166714	100	200	20000	8.34	
1	1	8250	80905.3	100	200	20000	4.05	3.97
	2	7350	72079.2	100	200	20000	3.60	
	3	8700	85318.3	100	200	20000	4.27	
2	1	7200	70608.2	100	200	20000	3.53	2.90
	2	6000	58840.2	100	200	20000	2.94	
	3	4500	44130.2	100	199	19900	2.22	
3	1	6000	58840.2	100	199	19900	2.96	2.96
	2	6000	58840.2	100	199	19900	2.96	
	3	6000	58840.2	100	198	19800	2.97	

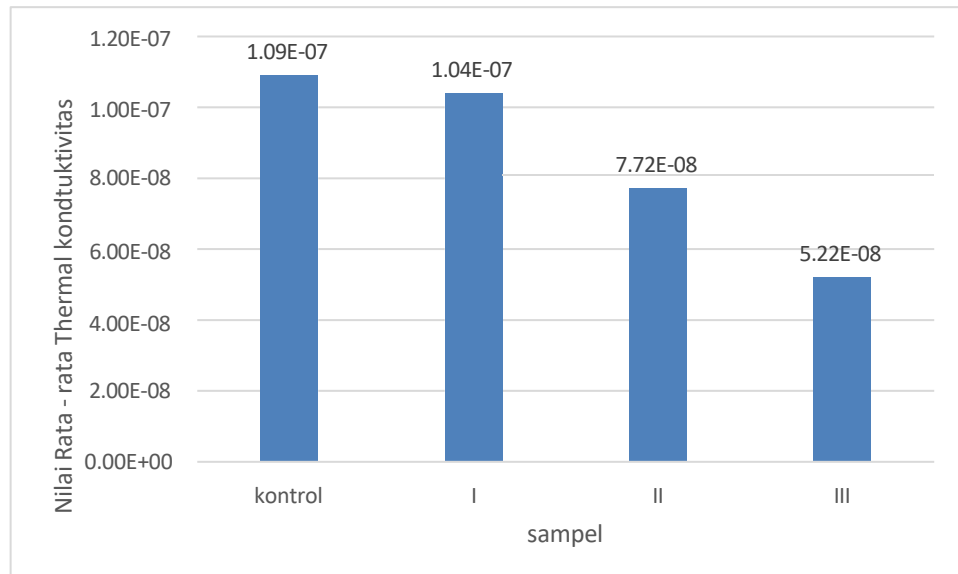


Gambar 4.10: Grafik Kuat tekan Bata.

Berdasarkan hasil uji kuat tekan yang terlihat pada grafik, bata kontrol menunjukkan nilai paling tinggi sebesar 8,09 MPa. Sementara itu, bata dengan penambahan campuran kalsium hidroksida pada variasi 1, 2, dan 3 mengalami penurunan nilai kuat tekan, masing-masing menjadi 3,97 MPa, 2,90 MPa, dan 2,96 MPa. Penurunan ini memperlihatkan bahwa penggunaan kalsium hidroksida berpengaruh terhadap penurunan daya tekan bata, sehingga kemampuan bata dalam menahan beban tekan lebih rendah dibandingkan bata kontrol tanpa campuran.

4.7 Pengujian Konduktivitas Termal

dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata tanpa bakar dalam menghantarkan panas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai konduktivitas termal bata tanpa bakar dengan campuran tanah silt dan kalsium hidroksida berada pada kisaran yang sangat rendah, sehingga menunjukkan karakteristik sebagai material insulasi yang baik.



Gambar 4.11: Grafik Data Konduktivitas Thermal.

Dari hasil pengukuran, diperoleh nilai konduktivitas termal tertinggi pada sampel kontrol sebesar $1,09 \times 10^{-7} \text{ W/m}\cdot\text{K}$, kemudian terjadi penurunan pada sampel pertama dengan nilai $1,04 \times 10^{-7} \text{ W/m}\cdot\text{K}$, dan terus menurun pada sampel kedua dengan nilai $7,72 \times 10^{-8} \text{ W/m}\cdot\text{K}$ hingga mencapai nilai terendah pada sampel ketiga sebesar $5,22 \times 10^{-8} \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Penurunan nilai konduktivitas termal pada setiap variasi sampel mengindikasikan bahwa semakin tinggi persentase campuran kalsium hidroksida yang ditambahkan, semakin kecil kemampuan bata untuk menghantarkan panas. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin rapatnya ikatan antarpartikel yang mengurangi ruang untuk perpindahan panas secara konduksi, sekaligus menambah jumlah pori-pori mikro yang berfungsi sebagai perangkap udara, sehingga menghambat pergerakan panas. Fenomena ini sesuai dengan prinsip dasar perpindahan panas, di mana material dengan porositas tinggi dan kerapatan yang terkontrol akan memiliki konduktivitas termal yang lebih rendah.

Hasil ini sangat menguntungkan jika bata tanpa bakar akan digunakan pada bangunan, karena bata dengan konduktivitas termal rendah akan membantu menjaga kestabilan suhu ruangan, mengurangi kebutuhan pendinginan maupun pemanasan, serta meningkatkan efisiensi energi bangunan. Dengan demikian, Berikut ini grafiknya

4.8 Pengujian Daya Serap Bata

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan batu bata dalam menyerap air pada masing-masing variasi persentase serbuk cangkang kerang dengan cara merendam pada suatu wadah yaitu baskom berisi air selama 24 jam.

Pada penelitian pengujian daya serap bata yang di uji adalah nilai Daya Serap bata dari masing-masing sampel. Adapun dari hasil penelitian dapat dilihat pada gambar dan grafik berikut ini.



Gambar 4.12: Proses Pengeringan Benda Uji

Gambar 4.12 diatas menjelaskan proses pengeringan benda uji menggunakan oven selama 12 jam dengan suhu 199,5-200 °C untuk kemudian masuk ke tahap pengujian selanjutnya.



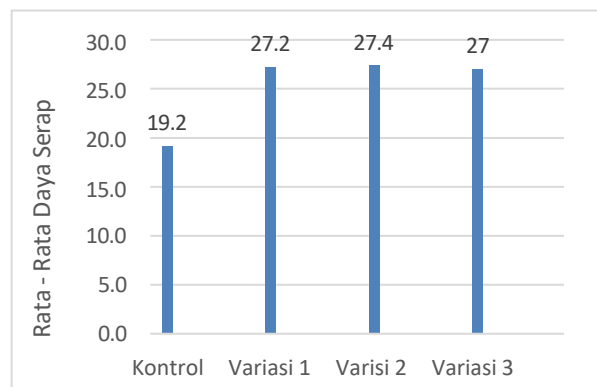
Gambar 4.13 Proses Perendaman Benda Uji

Gambar 4.13 diatas menjelaskan proses perendaman benda uji setelah pengeringan menggunakan oven, perendaman dilakukan diwadah berisi air bersih selama 24 jam dan pastikan benda uji terendam dengan keseluruhan.



Gambar 4.14 Benda Uji Setelah Direndam

Gambar 4.14 menjelaskan proses setelah perendaman selama 24 jam kemudian benda uji di timbang untuk melihat hasil penyerapan air nya. Pada penelitian pengujian daya serap bata yang di uji adalah nilai Daya Serap bata dari masing-masing sampel. Adapun dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut ini.



Gambar 4.15: Grafik pengujian daya serap bata

Berdasarkan Gambar 4.15 yang menunjukkan hasil pengujian daya serap bata, terlihat adanya perbedaan nilai rata-rata daya serap air pada setiap variasi sampel. Pada sampel kontrol diperoleh nilai rata-rata daya serap sebesar 19,2%, yang merupakan nilai terendah dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa bata tanpa perlakuan tambahan memiliki tingkat penyerapan

air yang lebih kecil.

Sementara itu, pada variasi 1 nilai daya serap meningkat cukup signifikan menjadi 27,2%, dan pada variasi 2 daya serap mencapai 27,4%, yang merupakan nilai tertinggi dari keseluruhan sampel. Selanjutnya, variasi 3 memiliki nilai daya serap sebesar 27%, sedikit lebih rendah dibanding variasi 1 dan variasi 2, namun tetap jauh lebih tinggi daripada sampel kontrol.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perlakuan variasi yang diberikan pada bata berpengaruh terhadap peningkatan daya serap air. Meskipun ketiga variasi memiliki nilai yang hampir sama, kecenderungan yang tampak adalah adanya peningkatan rata-rata daya serap dibandingkan kontrol. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penambahan variasi material dalam pembuatan bata cenderung membuat pori-pori bata lebih terbuka sehingga memudahkan proses penyerapan air.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pembuatan bata tanpa bakar dengan campuran tanah silt, semen, pasir, dan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kelayakan Material

Tanah silt yang digunakan memiliki indeks plastisitas rendah ($\pm 6\%$), sehingga memerlukan bahan pengikat tambahan. Penambahan kalsium hidroksida terbukti mampu meningkatkan daya ikat partikel tanah, sehingga menghasilkan bata dengan bentuk, tekstur, dan kepadatan yang baik.

2. Kualitas Fisik dan Mekanik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bata tanpa bakar yang dicampur kalsium hidroksida memenuhi standar fisik berdasarkan SNI 15-2094-2000, dengan sifat tampak yang seragam, tidak retak, dan warna permukaan yang merata. Nilai kuat tekan yang diperoleh mendekati atau sesuai standar mutu bata bangunan, menjadikannya layak sebagai bahan konstruksi non-struktural.

3. Daya Tahan dan Ketahanan Garam

Pengujian kadar garam menunjukkan tidak adanya tanda efflorescence (bercak putih) pada permukaan bata. Hal ini membuktikan bahwa bata memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan garam dan tidak menurunkan kualitas estetika maupun kekuatan.

4. Keunggulan Lingkungan dan Ekonomi

Proses produksi dilakukan tanpa pembakaran, sehingga mengurangi emisi karbon dioksida dan lebih ramah lingkungan. Selain itu, pemanfaatan tanah silt lokal dan proses pengeringan alami menjadikan produk ini lebih ekonomis dan dapat diterapkan oleh industri skala kecil.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Optimalisasi Komposisi Campuran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba variasi campuran yang lebih luas, khususnya proporsi kalsium hidroksida dan semen, untuk mendapatkan kombinasi yang menghasilkan kuat tekan maksimal namun tetap ekonomis.

2. Pengujian Tambahan

Perlu dilakukan pengujian tambahan seperti uji ketahanan terhadap beku-cair, uji serapan air jangka panjang, dan uji konduktivitas termal lebih mendetail untuk mengetahui performa bata terhadap perubahan iklim ekstrem.

3. Peningkatan Skala Produksi

Disarankan untuk menguji produksi bata tanpa bakar ini dalam skala industri kecil atau menengah, sehingga dapat dianalisis efisiensi waktu produksi, biaya, serta kemungkinan penerapan teknologi pada proyek konstruksi nyata.

4. Pemanfaatan Bahan Tambahan Lokal

Perlu dikaji pemanfaatan limbah industri seperti fly ash, abu sekam padi, atau serbuk kaca sebagai bahan substitusi sebagian semen atau pasir agar produk lebih ramah lingkungan dan biaya lebih rendah.

5. Sosialisasi dan Implementasi

Hasil penelitian ini sebaiknya disosialisasikan kepada masyarakat, kontraktor lokal, serta pemerintah daerah agar dapat diterapkan sebagai alternatif bahan bangunan di daerah dengan ketersediaan tanah silt yang melimpah.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, A., Yuliet, R., & Fernandez, F. L. (2012). Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai Cbr Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 8(1), 29. <https://doi.org/10.25077/jrs.8.1.29-44.2012>
- Ardi, A. W., Iswadi, & L, M. S. (2016). Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Densitas Material Batu Bata dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 3(1), 69–80.
- Ariyani, N., & Nugroho, A. C. (2007). Pengaruh Kapur Dan Abu Sekam Padi Padanilai Cbr Laboratorium Tanah Tras Dari Dusun Seropan Untuk Stabilitas Subgrade Timbunan. *Majalah Ilmiah UKRIM*, 1–16.
- ARSO. (2018). *African Standard WD-ARS. 1333*, 1–11.
- Bhawan, M., Shah, B., & Marg, Z. (2019). *Product Manual for Pulverized Fuel Ash- Cement Bricks According To Is 16720 : 2018. July*, 1–7.
- Damayanti, A. S., & Khatulistiani, U. (2022). Pemanfaatan Limbah Bata Ringan Sebagai Bahan Campuran Pasir Pada Pembuatan Paving Block. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 10(2), 061. <https://doi.org/10.30742/axial.v10i2.2481>
- Farabi, A. (2017). *Dukung Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Semen*. 5(1), 1–10.
- Handayani, S. (2010). Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(1), 41–50.
- Harahap, D., & Hariyanto, B. (2013). Pengaruh Varian Suhu Air Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Karakteristik Beton. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 2(2). <https://doi.org/10.36055/jft.v2i2.1723>
- Haryanti, N. H., & Wardhana, H. (2019). Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara. *Jurnal Fisika Indonesia*, 21(3), 11. <https://doi.org/10.22146/jfi.42443>

- Idris, M., & Ibrahim, A. (2020). Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Semen PCC dan OPC Tipe I terhadap Kuat Tekan Beton. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 15, 160–165.
- Ketut Sudarsana, I., Made Budiwati, I. A., & Wijaya, Y. A. (2011). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Terbuat Dari Abu Sekam Padi Dan Serbuk Batu Tabas Characteristic of Unburnt Brick Made of Rice Husk Ash and Rock-Tabas Powder. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 93–101.
- Pah, J. J. S., Tulle, P. M., Bella, R. A., & Sina, D. A. T. (2022). Hubungan Faktor Air- Semen dan Fakto Air-Foam terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Bara Ringan CLC. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 119–132.
- Piggin, S. (2006). The properties of concrete. In *Meanjin* (Vol. 65, Issue 4). <https://doi.org/10.11129/detail.9783034614740.19>
- Riyanto, D. P., -, S., Prasetyo, W., & Arisanto, P. (2021). Pemanfaatan Sedimen Sungai Untuk Bahan Baku Unfired Bricks (Bata Tanpa Bakar). *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(2), 101–114. <https://doi.org/10.33558/bentang.v9i2.2863>
- Ruliyansyah, A. (2015). Susunan Redaksi. *Perkebunan Dan Lahan Tropika*, 4(2). <https://doi.org/10.26418/plt.v4i2.9376>
- Samodera, S. A. B., Setianto Poernomo, Y. C., Ridwan, A., & Candra, A. I. (2019). Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(2), 256. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v2i2.517>
- Setiawan, A., Sugiarto, A., & Riyanto, S. (2021). Penggunaan Limbah Ban Bekas Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Bata Beton Ringan Ditinjau Kuat Tekannya. *Jurnal JOS-MRK*, 2(3), 156–161. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.03.156-161>
- Solikin, M., & Nabiilah, M. (2016). Analisis Pengaruh Penggunaan Variasi Fly Ash Terhadap Karakteristik Beton Dengan Penambahan Kapur Tohor. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022 Teknik Sipil*

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 116–123.

- Sudarman, A. R., Afriani, L., & Iswan, I. (2016). Korelasi antara Kuat Tekan Bebas dengan Kuat Tekan Geser langsung pada Tanah Lanau Disubstitusi dengan Pasir. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(2), Syahland, S. J. (2016). Pengaruh Proses Pembuatan Batu Bata Merah Asal Terhadap karakteristik Batu Bata Yang Dihasilkan. *Jurnal Kelitbangan*, 04(01), 72– 82.
- Umar, M. (2018). *Uji Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata*. 37–47.
- Widodo, B., & Artiningsih, N. K. A. (2021). Optimasi Semen Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 32–40. <https://doi.org/10.23917/dts.v14i1.15277>
- Wisnumurti, A. S. K. A. P. (2007). Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1(1), 2532. [https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=310249&val=7370&title=Optimalisasi Penggunaan Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah/1000](https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=310249&val=7370&title=Optimalisasi%20Penggunaan%20Komposisi%20Campuran%20Mortar%20Terhadap%20Kuat%20Tekan%20Dinding%20Pasangan%20Bata%20Merah/1000)
- Zulmi, K. Apriliani Puspita, Setyanto, S., & Afriani, L. (2018). Pengaruh variasi waktu pemeraman terhadap nilai uji kuat tekan bebas pada tanah lempung dan lanau yang distabilisasi menggunakan kapur pada kondisi tanpa rendaman (Unsoaked). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 5(1), 236255. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v5i1.558> Lampung 318 – 327. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v4i2.384>

LAMPIRAN

Lampiran 1: Bahan pembuatan bata tanpa bakar



Tanah Lanau



Pasir



Kapur Hidroksida



Air



Semen

Lampiran 2: Alat yang digunakan dalam pembuatan bata tanpa bakar



Tempat Pencetakan Bata



Mesin Hidrolik Press (Pompa Hidrolik).



Alat Kuat Tekan Bata



Timbangan Digital



Saringan



Sekop

Lampiran 3: Analisa Saringan Agregat Halus.

No. Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8"	0	0	0	100
No. 4	99	4.95	4.95	95.05
No. 8	205	10.20	15.20	84.80
N0. 16	387	19.35	34.55	65.45
No. 30	301	15.05	49.60	50.40
N0. 50	561	28.05	77.65	22.35
No. 100	330	16.50	94.15	5.85
Pan	117	5.850		0
Total	2000	100	276.1	

Lampiran 4 : Kadar lumpur agregat halus

Kadar Lumpur Agregat Halus		
Uraian	Sampel 1	Sampel2
Wadah (W1)	511	507
Berat pasir kering (W2), gr	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	995	992
Berat lumpur (W4), gr	16	15
Kadar lumpur, %	3,2	3,0
Kadar lumpur rata-rata, %	3,1	

Lampiran 5: Pemeriksaan kadar air agregat halus.

Pemeriksaan	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6991	7436
Berat contoh SSD	gr	6480	6928

Lanjutan Lampiran 5: Pemeriksaan kadar air agregat halus

Pemeriksaan	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh kering oven dan berat wadah	gr	6722	7012
Berat wadah	gr	511	508
Berat air	gr	269	424
Berat contoh kering	gr	6211	6504
Kadar air	gr	4,33	6,52
Rata-rata	gr	5,43	

Lampiran 6: Tabel Batas Cair

Batas Cair (Liquid Limit) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Lanau									
No.	Nomor Contoh		Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1	Banyak pukulan			22	23	35	45		
2	Nomor Cawan			I	II	III	IV	I	II
3	Berat Cawan (W1)		gr	47	47	43	48	22	20
4	Cawan+T.Bas(W2)		gr	36	38	33	38	20	18
5	Cawan+T.Ker (W3)		gr	11	9	10	10	2	2
6	Berat Air (Ww)		gr	10	8	8	10	10	10
7	Berat T. Ker (W5)		gr	26	30	25	28	10	8
8	Kadar Air		%	42.3	30	40	35.7	20	25
9	Kadar Air Rata2		%	39				22.5	
LL	PL	PI							
39	22.5	16.9							

Lampiran 7: Indeks Plastis Tanah Galong.

Kadar air tanah lanau		
No. cawan	Sampel 1	Sampel 2
Berat cawan (W1)	9	9
Berat cawan + tanah basah (W2)	60	59
Berat cawan + tanah kering (W3)	48	51
Berat air	12	8

Lanjutan Lampiran 7: Indeks Plastis Tanah Galong

Kadar air tanah lanau		
Berat tanah kering (W3-W1)	39	42
Kadar air (w)	30.8	19
Rata-rata (%)	24.9	

Lampiran 8: : Analisa Kuat Tekan.

Variasi	Sampel	Maximum Load		Dimension		Sectional Area	Compressive Strength	Rata-rata
		P (Kg)	P (N)	length (mm)	width (mm)	A (mm ²)	σ (Mpa)	σ (Mpa)
Kontrol	1	16500	161811	100	200	20000	8.09	8.09
	2	16000	156907	100	200	20000	7.85	
	3	17000	166714	100	200	20000	8.34	
1	1	8250	80905.3	100	200	20000	4.05	3.97
	2	7350	72079.2	100	200	20000	3.60	
	3	8700	85318.3	100	200	20000	4.27	
2	1	7200	70608.2	100	200	20000	3.53	2.90
	2	6000	58840.2	100	200	20000	2.94	
	3	4500	44130.2	100	199	19900	2.22	
3	1	6000	58840.2	100	199	19900	2.96	2.96
	2	6000	58840.2	100	199	19900	2.96	
	3	6000	58840.2	100	198	19800	2.97	

Lampiran 9: pengujian daya serap bata

Tabel Penyerapan Air Bata					
Variasi	Jumlah Sampel	Wet Weight	Dry Weight	Water Absorption	Rata-rata
		Ww (gr)	Wd (gr)	Ds (%)	
Kontrol	1	1920	1535	25.081	19.2
	2	1890	1615	17.028	
	3	1910	1655	15.408	
Variasi 1	1	1975	1545	27.832	27.2
	2	1945	1535	26.710	
	3	1945	1530	27.124	
Variasi 2	1	1920	1510	27.152	27.4
	2	1955	1525	28.197	
	3	1945	1535	26.710	

Lanjutan lampiran 9: pengujian daya serap bata

Variasi 3	1	1965	1545	27.184	27
	2	1945	1535	26.710	
	3	1940	1525	27.213	



DATA DIRI PENULIS

Nama Lengkap : Celly Loviqne

Tempat Tanggal Lahir : Ajibaho, 06 Maret 2004

Alamat : Delitua Pasar 1 Sidomulyo, Kec. Biru - Biru,
Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara

Agama : Islam

Nama Orang Tua

Ayah : Sri Mulyono Herlambang

Ibu : Dahlia

No. Telp : 081260012676

Email : cloviqne@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

SD Swasta Singosari	Tahun Lulus 2016
SMP Swasta Singosari	Tahun Lulus 2018
SMA Negeri 1 Deli Tua	Tahun Lulus 2021
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021 - Selesai