TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN KALSIUM HIDROKSIDA SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA BATA TEKAN TANPA BAKAR BERBASIS TANAH LANAU

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

INTAN MAHFUDZA

2107210019

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Intan Mahfudza

Npm : 21072120019

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Dan Kalsium Hidroksida Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Bata Tekan Tanpa Bakar Berbasis Tanah Lanau

Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 25 Agustus 2025

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Intan Mahfudza

Npm : 21072120019

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Dan Kalsium Hidroksida Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Bata Tekan Tanpa Bakar Berbasis Tanah Lanau

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 25 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

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

Dosen Penguji I

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

Dosen Penguji II

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

Ketua Prodi Teknik Sipil

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Intan Mahfudza
Tempat, Tanggal Lahir	: Kw. Begumit, 20 Juli 2003
Npm	: 21072120019
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

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

"Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Dan Kalsium Hidroksida Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Bata Tekan Tanpa Bakar Berbasis Tanah Lanau (Studi Penelitian)."

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

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

Demikan 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 Muhmmaidyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Agustus 2025

Saya yang menyatakan



Intan Mahfudza.

ABSTRAK

PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN KALSIUM HIDROKSIDA SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA BATA TEKAN TANPA BAKAR BERBASIS TANAH LANAU

Intan Mahfudza
2107210019
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan bahan bangunan, bata merupakan salah satu bahan material sebagai pembuatan dinding dengan bahan utama tanah yang proses pembuatannya melalui pembakaran yang dapat menghasilkan karbon dioksida sehingga dapat mencemari udara, Penelitian ini bertujuan sebagai solusi dari pencemaran udara dan pencegahan pengeksploitasian tanah lempung dengan pembuatan bata tekan tanpa bakar menggunakan bahan utama tanah lanau serta memanfaatkan serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida sebagai bahan stabilisasi pada proses pembuatan bata. Metode yang digunakan pada pembuatan sampel dengan variasi konsentrasi serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida, akan dilakukan pengujian mekanik sesuai dengan standar SNI 15-2094-2000, ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* dan ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang telur cenderung menurunkan kekuatan tekan bata, dengan semua variasi berada di bawah 5 MPa, sedangkan daya serap air tetap memenuhi standar (<20%). Namun, kalsium hidroksida tidak menunjukkan peningkatan signifikan dalam stabilisasi sifat mekanik bata. Temuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material bangunan yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Kata kunci: Serbuk Cangkang Telur, Kalsium Hidroksida, Tanah Lanau, Bata Tekan Tanpa Bakar, SNI, ASTM.

ABSTRACT

THE UTILIZATION OF EGGSHELL POWDER AND CALCIUM HYDROXIDE AS STABILIZING MATERIALS IN UNFIRED COMPRESSED EARTH BLOCKS BASED ON SILT SOIL

Intan Mahfudza
2107210019
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

As the demand for building materials increases, bricks are one of the primary materials used for wall construction, made mainly from clay through a burning process that produces carbon dioxide, contributing to air pollution. This research aims to provide a solution to air pollution and prevent the exploitation of clay soil by producing unfired compressed earth blocks using silt soil as the main material, while utilizing eggshell powder and calcium hydroxide as stabilizing agents in the brick-making process. The method involves creating samples with varying concentrations of eggshell powder and calcium hydroxide, followed by mechanical testing in accordance with SNI 15-2094-2000, ASTM C67 - "Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile," and ASTM C177-97 – "Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus." The results indicate that the addition of eggshell powder tends to reduce the compressive strength of the bricks, with all variations below 5 MPa, while the water absorption remains within acceptable limits (<20%). However, calcium hydroxide did not show a significant improvement in stabilizing the mechanical properties of the bricks. These findings are expected to contribute to the development of more environmentally friendly and economical building materials.

Keywords: *Eggshell Powder, Calcium Hydroxide, Silt Soil, Unfired Compressed Earth Blocks, SNI, ASTM.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur Alhamdulillah saya ucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan pentuntuk-Nya, sehingga Laporan Tugas Akhir yang bejudul "*Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Dan Kalsium Hidroksida Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Bata Tekan Tanpa Bakar Berbasis Tanah Lanau*" dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat beriring salam kita hadiahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita ke zaman yang penuh rahmat ini dan membawa keselamatan dalam kehidupan dan akhirat.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) dijurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Yetno Sobo dan Ibunda tercinta Enny Andriawati yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis
2. Ibu Dr. Fetra Venny Riza S.T., M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal S.T., MS.c, Ph.D selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc selaku Kepala Jurusan Prodi Teknik Sipil yang ikut andil dalam proses administrasi penelitian.

7. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Prodi Teknik Sipil yang ikut andil dalam proses administrasi penelitian.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas vii Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Terimakasih juga saudara kandung saya Yoga Alamsyah Putra yang selalu dan terus mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir sayaa ini.
11. Teman-teman penulis yaitu Dewi Putriani Br Tarigan, Salsa Azizah, Fatima Zuhra, dan Yofalia Dwi Lestari yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Teman teristimewa Zaky Hanafi yang telah membantu saya dalam setiap proses saya dalam penyelesaian tugas akhir ini yang dimulai dari penelitian hingga akhir.
12. Diriku sendiri, terimakasi karena sudah berjuang, bertahan, dan tidak pernah menyerah disaat semuanya terasa berat. Terimakasih karena sudah menjadi pribadi yang kuat dan terus berusaha menjadi lebih baik, dan bangga dengan semua yang sudah dilalui sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 25 Agustus 2025

Penulis



Intan Mahfudza.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING i
LEMBAR PENGESAHAN ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR NOTASI xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Ruang Lingkup 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Pembahasan 5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Definisi Bata 6
2.2 Bata Tekan Tanah Tanpa Bakar 7
2.3 Material Penyusun Bata Tekan Tanah Tanpa Bakar (BT3B) 8
2.3.1 Tanah Lanau 9
2.3.2 Pasir 11
2.3.3 Air 13
2.3.4 Semen 14
2.3.5 Serbuk Cangkang Telur 16
2.3.6 Kalsium Hidroksida [$Ca(OH)_2$] 17
2.4 Stabilisasi 18
2.5 Syarat Mutu dan Pengujian Bata 19
2.5.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*) 19

2.5.2 Massa Jenis (*Density*) 21
2.5.3 Penyerapan Air (*Water Absorption*) 22
2.5.4 Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*) 23
2.5.5 Kadar Garam (*Efflorescence*) 24
2.5.6 Uji Daya Tahan (*Durability Test*) 25
BAB 3 METODE PENELITIAN 27
3.1 Diagram Alir Penelitian 27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 28
3.3 Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian 28
3.3.1 Data Primer 28
3.3.2 Data Sekunder 29
3.4 Tahapan Penelitian 29
3.5 Bahan dan Peralatan. 30
3.5.1 Bahan 30
3.5.2 Peralatan 32
3.6 Rencana Campuran dan Kebutuhan Bahan 33
3.7 Tahapan Pembuatan Sampel 34
3.8 Tahapan Pengujian Sampel 35
3.8.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*) 35
3.8.2 Massa Jenis (*Density*) 37
3.8.3 Penyerapan Air (*Water Absorption*) 38
3.8.4 Kadar Garam (*Efflorescence*) 38
3.8.5 Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*) 39
3.8.6 Uji Daya Tahan (*Durability Test*) 40
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Analisa Pemeriksaan Bahan 42
4.1.1 Indeks Plastisitas Tanah Lanau 42
4.1.2 Analisa Butiran Tanah Lanau 43
4.1.3 Uji Kadar Air Tanah Lanau 45
4.1.4 Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir) 45
4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir) 46
4.1.6 Kadar Air Agregat Halus (Pasir) 46

4.1.7 Analisa Uji *X-Ray Fluorosence* Serbuk Cangkang Telur 46
4.1.8 Analisa Uji *X-Ray Difraction* Serbuk Cangkang Telur 48
4.1.9 Analisa Uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* Serbuk Cangkang Telur 49
4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Bata 50
4.2.1 Kuat Tekan Bata (*Compressive Strength*) 50
4.2.2 Massa Jenis (*Density*) 53
4.2.3 Penyerapan Air (*Water Absorption*) 54
4.2.4 Kadar Garam (*Efflorescense*) 58
4.2.5 Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*) 61
4.2.6 Uji Daya Tahan (*Durability Test*) 66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 70
5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran 71
DAFTAR PUSTAKA 72
LAMPIRAN 76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Hubungan indeks plastis dengan tingkat plastisitas dan jenis tanah menurut *Atterrberg*. 9

Tabel 2.2: Kuat tekan dan koefisien variasi untuk bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094-2000). 20

Tabel 3.1: Jadwal penelitian. 28

Tabel 3.2: Spesifikasi kandungan kapur. 31

Tabel 3.3: Persentase komposisi campuran benda uji. 33

Tabel 3.4: Jumlah sampel untuk pengujian. 35

Tabel 4.1: Hasil uji XRF serbuk cangkang telur. 47

Tabel 4.2: Hasil uji kuat tekan bata tanpa bakar. 52

Tabel 4.3: Hasil uji massa jenis bata tanpa bakar. 53

Tabel 4.4: Hasil uji penyerapan air bata tanpa bakar. 56

Tabel 4.5: Hasil uji kadar garam. 61

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Konduktivitas Termal. 63

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Daya Tahan. 68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian 27
Gambar 3.2 : Compression Test 37
Gambar 3.3: Alat Uji Konduktivitas Termal 40
Gambar 4.1 : Tanah lanau. 42
Gambar 4.2 : Grafik casagrande untuk tanah lanau. 43
Gambar 4.3 : Satu set ayakan untuk analisa butiran tanah. 44
Gambar 4.4 : Garfik gradasi tanah galong. 44
Gambar 4.5 : Garfik gradasi agregat halus 45
Gambar 4.6 : Difraktogram uji XRD serbuk cangkang telur. 48
Gambar 4.7 : Garfik uji FTIR serbuk cangkang telur. 49
Gambar 4.8: Proses pengujian kuat tekan bata 51
Gambar 4.9: Kondisi bata setelah pengujian 51
Gambar 4.10: Grafik uji kuat tekan bata tanpa bakar 52
Gambar 4.11: Grafik uji penyerapan bata tanpa bakar 54
Gambar 4.12: Proses perendaman 55
Gambar 4.13: Proses penimbanagn setelah perendaman 55
Gambar 4.14: Proses pengovenan 55
Gambar 4.15: Proses penimbangan akhir 56
Gambar 4.16: Grafik uji penyerapan air bata tanpa bakar 57
Gambar 4.17: Proses perendaman sampel 58
Gambar 4.18: Tampak setelah 7 hari perendaman 58
Gambar 4.19: Proses pengovenan 59
Gambar 4.20: Tampak depan sejauh 10 ft 59
Gambar 4.21: Tampak depan sejauh 2 ft 59
Gambar 4.22: Tampak atas sejauh 2 ft 60
Gambar 4.23: (a) dan (b) Proses pengujian konduktivitas termal 62
Gambar 4.24: Grafik pengujian konduktivitas termal 62
Gambar 4.25: Proses perendaman 67
Gambar 4.26: Proses pengovenan 67

Gambar 4.27: Proses penimbangan 67
Gambar 4.28: Grafik pengujian daya tahan bata 69

DAFTAR NOTASI

σ	=	Kuat tekan bata merah (kg/cm^2)
P	=	Beban maksimum (kg)
A	=	Luas penampang benda uji (cm^2)
ρ	=	Densitas bata (gr/cm^3)
m	=	Beban maksimum (gr)
v	=	Luas penampang benda uji (cm^2)
D_S	=	Daya serap bata
A	=	Berat bata basah (gr)
B	=	Berat bata kering (gr)
k	=	Konduktivitas termal bahan (Kcal/mh˚C)
$\frac{dT}{dL}$	=	Gradien suhu pada penampang (^{o}C/m)
A	=	Luas penampang yang dialiri panas secara konduksi (m^2)
q	=	Laju perpindahan kalor
G	=	Kadar Garam (%)
Ag	=	Luasan kandungan garam (cm^2)
W_0	=	Berat awal bata (gr)
W_{12}	=	Berat akhir bata setelah 12 siklus (gr)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan akan rumah atau tempat tinggal juga meningkat cukup pesat. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan pembangunan, maka semakin besar pula penggunaan bahan bangunan khususnya batu bata, karena strukturnya yang kuat dan memiliki harga yang terjangkau pula sehingga membuat bata tetap menjadi salah satu pilihan sebagai bahan utama dinding yang terbuat dari tanah. Namun, untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu ditunjang dari berbagai faktor seperti penyediaan bahan yang memenuhi persyaratan teknis dan mudah didapat dengan harga yang terjangkau sehingga dapat menghasilkan bata yang berkualitas dengan harga yang lebih ekonomis untuk masyarakat banyak terutama bagi golongan berpenghasilan menengah dan rendah (Kurniaty, 2010).

Salah satu batu bata yang digunakan dalam pembangunan yang cukup meningkat saat ini adalah bata bakar. Bata ini memiliki sifat mekanis yang cukup baik dan daya tahan yang tinggi, serta memilik kemampuan isolasi termal yang memadai akibat jaringan halus pori-pori nano dan dari permukaan spesifik tanah liat yang dimiliki cukup besar, sehingga menguatkan kecendrungan bahan ini untuk menyerap dan melepaskan uap dari lingkungan basah dan kering, saat dilepaskan maupun disimpan pada panas laten (Bali dkk, 2024). Namun, pada proses pembuatannya memerlukan bahan bakar sehingga harganya menjadi lebih mahal, disamping itu sumber bahan baku seperti tanah liat juga telah terjadi eksploitasi berlebihan yang dilakukan di berbagai daerah yang mengakibatkan bahan sulit dicari dan memiliki harga yang mahal. Bila dieksploitasi secara massif dan tidak terkendali, maka industri bata bakar akan menimbulkan dampak kerusakan berupa kerusakan tanah (Poerwodihardjo dan Istiningsih, 2015). Selain itu dampak lingkungan dari pembakaran bata juga dapat menghasilkan emisi karbon, dimana zat tersebut dapat mengakibatkan peningkatan suhu global serta perubahan kualitas udara yang buruk.

Namun baru-baru ini, tanah kembali menjadi bahan konstruksi yang telah menarik perhatian karena sifat-sifatnya yang menguntungkan dan bahkan memiliki dampak negatif yang minim terhadap lingkungan. Bahkan penggunaan tanah juga diketahui dapat menghemat sumber daya alam, dengan menggunakan lebih sedikit energi yang terkandung dapat meningkatkan kenyamanan dalam ruangan didaerah beriklim panas (Sambo dkk., 2024).

Dari beberapa pertimbangan tersebut, maka perlu dicari bahan alternatif lain sebagai pengganti bata bakar yang bahannya mudah didapat, serta tidak perlu mengalami proses pembakaran saat produksi. Salah satu inovasi yang bisa dikembangkan pada material bangunan ini adalah bata tekan tanpa bakar, dimana bata ini memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan energi dalam proses produksinya dibandingkan dengan bata bakar. Pembuatan bata tanpa bakar ini juga sangat sesuai dengan konsep *green bulding* karena dapat mencegah polusi udara akibat asap pembakaran, dan mencegah penggunaan bahan bakar kayu (Widodo dan Artiningsih, 2021).

Mengingat bata bakar merupakan bata yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan energi dalam proses produksinya, maka perlu bahan tambahan yang bersifat mengikat, agar proses pengerasan pada bata dapat dilakukan hanya dengan pengeringan disuhu ruang selama ± 28 hari tanpa perlu melakukan proses pembakaran. Salah satu alternatif yang menjanjikan sebagai bahan pengikat tersebut adalah dengan menggunakan semen atau dengan mamanfaatkan serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida.

Cangkang telur adalah salah satu bahan limbah potensial yang tersedia dalam jumlah besar dari berbagai sumber seperti peternakan, industri makanan, dan rumah tangga. Sekitar 110 miliar cangkang telur diproduksi secara global, dan sebagian besarnya berakhir ditempat pembuangan sampah. Cangkang telur umumnya dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, meskipun mengandung banyak asam amino dan mineral. Namun, kandungan kalsium yang dimiliki cangkang telur umumnya lebih mudah diserap dibandingkan kalsium dari karang atau batu kapur. Oleh karena itu, cangkang telur telah menjadi bahan penguat alami yang popular di industri karena karakteristik ini (Jannat dkk., 2022).

Dengan mengindentifikasi permasalahan-permasalahan tersebut, maka penulis dapat merumuskan fokus penelitian yang lebih mendalam dan relevan untuk memajukan teknologi material bangunan yang berkelanjutan. Oleh sebab itu diambilah judul **"**PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG TELUR DAN KALSIUM HIDROKSIDA SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA BATA TEKAN TANPA BAKAR BERBASIS TANAH LANAU". Penulis berharap penelitian ini dapat membantu mencegah pencemaran lingkungan dan juga memajukan industri material bata yang berkualitas dengan harga ekomonis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi serbuk cangkang telur terhadap kekuatan tekan dan daya serap air pada bata tekan tanpa bakar berbasis tanah lanau?
2. Sejauh mana kalsium hidroksida dapat meningkatkan stabilisasi dari sifat mekanik bata tekan tanpa bakar yang menggunakan serbuk cangkang telur?
3. Apakah kombinasi proporsi antara serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida dapat mempengaruhi kualitas bata tekan tanpa bakar berbasis tanah lanau?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dilakukan dengan tujuan untuk mempersempit ruang pembahasan agar penelitian ini lebih terfokus dalam pembahasan dalam batasan yang telah ditentukan. Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya fokus pada serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida sebagai bahan tambahan, serta tanah lanau sebagai bahan utama dalam pembuatan bata tekan tanpa bakar.
2. Fokus penelitian hanya pada sifat mekanik (*Density, Water Absorption, Effluorescence, Compressive Strength, Thermal Conductivity, Durability*

Test) bata yang dihasilkan, tanpa mempertimbangkan estetika atau kemudahan produksi.

3. Pengujian pada penelitian mengacu pada SNI 15-2094-2000; ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* dan ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi serbuk cangkang telur terhadap kekuatan tekan dan daya serap air pada bata tekan tanpa bakar berbasis tanah lanau?
2. Untuk mengetahui sejauh mana kalsium hidroksida dapat meningkatkan stabilisasi dari sifat mekanik bata tekan tanpa bakar yang menggunakan serbuk cangkang telur?
3. Untuk mengetahui apakah kombinasi proporsi antara serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida dapat mempengaruhi kualitas bata tekan tanpa bakar berbasis tanah lanau?

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pemgembangan ilmu untuk bata tekan tanpa bakar berbasis tanah lanau dan pengaruh pada kualitas bata dengan penambahan serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida untuk mendapatkan campuran bata yang baik serta diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penelitian selanjutnya, baik dalam penggunaan dilapangan ataupun dikembangkan pada penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Pembahasan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang serta rumusan masalah yang akan dibahas, maksud dan tujuan penulisan laporan, hingga ruang lingkup pembahasan, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini beirisi tentang ulasan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang dibahas, menjelaskan konsep-konsep dasar yang mendasari penelitian seperti menjelaskan definisi dan beberapa jenis bata, menjelaskan sifat dan komposisi tanah lanau serta peran dari serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida dalam menstabilkan material bata. Memaparkan rumus-rumus yang digunakan dalam pengumpulan data yang sesuai dengan standar yang sudah ditentukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tempat dan waktu penelitian serta tahapan penelitian, mulai dari pelaksanaan dan peralatan yang digunakan pada pembuatan sampel, teknik pengumpulan data, jenis-jenis data yang diperlukan, dan pengambilan data.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang proses pengolahan data, dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan dalam memecahkan rumusan masalah pada penelitian ini dan menarik kesimpulan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari pemabahasan dan hasil analisa data yang telah didapat seta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Bata

Batu bata adalah bahan bangunan campuran pertama yang digunakan oleh manusia yang diproduksi dengan cara dibakar atau dikeringkan untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahannya. Batu bata cukup murah dan mudah diperoleh sebagai bahan baku, serta dapat diproduksi dalam jumlah besar dengan standar yang sama, dan juga tahan lama sebagai bahan bangunan dan pelapis insulasi (Suharjanto, 2011). Sering kali konsumen mengalami kesulitan dalam menentukan pilihan untuk memilih bata yang lebih baik dalam kegunaanya. Meskipun ada banyak alternatif bahan bangunan lain, bata tetap menjadi salah satu bahan yang paling banyak digunakan, salah satunya bata konvesional.

Bata konvesional ini merupakan bata yang dibakar pada suhu tinggi dan terbuat dari tanah liat (lempung), yang merupakan bahan bangunan penting terutama dalam pembuatan dinding. Bata ini cenderung lebih berat, namun memiliki kekuatan tekan yang tinggi, sehingga baik untuk struktur yang membutuhkan daya tahan yang baik (Goritman dkk., 2012). Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, membuat para ahli konstruksi menciptakan inovasi baru sebagai pengganti bata konvesional, yaitu berupa bata terkompresi.

Bata terkompresi adalah inovasi modern dari blok tanah cetak, yang lebih dikenal sebagai blok adobe. Bata ini terbuat dari kombinasi tiga bahan utama yaitu, tanah, semen, dan pasir yang dicampur dengan air dalam proporsi tertentu. Meskipun menggunakan bahan dasar yang sama dengan bata lumpur yang tidak distabilkan, bata ini menawarkan keunggulan signifikan, terutama dalam hal kekuatan tekan basah. Penambahan semen portland biasa ke dalam tanah dapat mengubah sifat-sifatnya, terutama melalui pembentukan berbagai senyawa seperti kalsium silikat hidrat, kalsium aluminium hidrat, serta perubahan pada struktur mikronya (reaksi pozzolan). Kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminium hidrat adalah produk dari semen yang mirip dengan yang terbentuk dalam semen Portland,

dan keduanya membentuk matriks yang meningkatkan kekuatan lapisan tanah yang distabilkan oleh semen (Kuma dkk., 2020).

2.2 Bata Tekan Tanah Tanpa Bakar

Bata tekan tanah tanpa bakar (BT3B) atau *Unfired Brick* adalah salah satu batu bata terkompresi yang menggabungkan tanah, stabilisator, dan air untuk membuat blok tanah, tanpa melalui proses pembakaran atau biasa dikenal sebagai *"Compressed Stabilized Earth Blocks"* (CSEB). Dalam proses pembuatan bata ini melibatkan teknik tekanan tinggi sehingga menghasilkan batu bata dengan kepadatan yang cukup baik dan daya tahan yang tinggi (Elavarasan dkk., 2023). Selain itu, penggunaan teknik stabilisasi kimia dan mekanis sangat penting dalam pembuatan bata tanpa bakar yang memilki sifat rekayasa yang baik.

Di banyak negara berkembnag, semen menjadi salah satu metode lokal yang sederhana dan merupakan stabilisator kimia yang paling umum digunakan. Biasanya, tujuan dari studi eksperimental ini adalah untuk menilai karakteristik struktural dan ketahanan tertentu dari bata tanpa bakar. Penggunaan semen secara teratur sebagai agen stabilisator perlu diperhatikan agar mendapatkan bata dengan kekuatan sesuai yang dibutuhkan (Dulal dkk., 2023). Dengan demikian, penelitian mengenai bata tanpa bakar yang menggunakan stabilisator ini dapat memberikan manfaat bagi produsen lokal.

Pentingnya mengetahui sifat-sifat rekayasa BT3B yang distabilkan dengan semen menjadi berguna dalam konteks manufaktur, konstruksi, dan domain bisnis terkait, terutama ditingkat lokal. Karena itu, menemukan cara untuk menggunakan lebih sedikit semen sambil tetap mempertahankan kekuatan kering dan daya tahannya adalah hal yang penting. Dengan begitu, penggunaan material sub semen sebagai pengganti sebagian atau seluruh semen merupakan salah satu solusi praktis yang tersedia untuk mengurangi emisi karbon dioksida dan pemanasan global yang disebabkan oleh hutan beton. Karena aksesibilitas dan keramahan lingkungannya, limbah dan residu pertanian telah mendapatkan popularitas untuk digunakan dalam pembuatan bahan bangunan, menjadikannya pilihan yang efektif untuk mencapai keberlanjutan di sektor konstruksi.

Menurut Harnadi (2022) tentang pembuatan bata merah tanpa bakar dengan campuran *sludge* (limbah padat) yaitu, bata tanpa bakar menunjukkan bahwa bata merah yang dibuat tanpa proses pembakaran memiliki kekuatan tekan maksimal 10,60 MPa, lebih kecil dari rata-rata kekuatan tekan batu bata merah normal yang sekitar 10,80 MPa. Dengan penambahan sludge dalam berbagai persentase (70%, 60%, 50%, 40%, 30%) memberikan hasil kekuatan tekan dengan nilai tertinggi tercatat pada campuran 30% sludge yang mencapai 10,30 MPa. Kekuatan batu bata ini juga masih lebih rendah dibandingkan dengan batu bata merah yang dibakar, dimana varian normal menunjukkan nilai tertinggi. Sedangkan Frapanti dkk. (2024) yang meneliti tentang analisa pembuatan bata tanpa bakar dari limbah pertanian abu ampas tebu untuk mengurangi polusi udara, menyatakan bahwa bata tanpa bakar menunjukkan nilai kuat tekan batu bata yang dihasilkan adalah 3,949 MPa, yang artinya tidak memenuhi standar SNI minimal 5 MPa. Namun, kadar garam dan kadari air masing masing sebesar 0,00064% dan 0,232% memenuhi standar SNI. Sifat tampak batu bata tanpa bakar ini juga lebih baik dibandingkan dengan batu bata tradisional, berkat penggunaan alat cetak dari baja di pompa hidrolik.

2.3 Material Penyusun Bata Tekan Tanah Tanpa Bakar (BT3B)

Umumnya, material penyusun batu bata merah adalah tanah liat (lempung), pasir, semen (opsional), dan air. Namun, pada penelitian kali ini material yang digunakan pada campuran BT3B ini adalah tanah, pasir, air, dan bahan pengikat lainnya. Pada penelitian bata tanpa bakar ini akan menggunakan tanah lanau, semen, kalsium hidroksida [$Ca(OH)_2$] dan serbuk cangkang telur (SCT) sebagai bahan pengikat tambahan atau penggati pada campuran bata tanpa bakar tersebut. Dalam pembuatan campuran BT3B berbasis tanah lanau ini, tentunya menggunakan material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan bata yang mempunyai stabilitas yang baik. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.3.1 Tanah Lanau

Pada penelitian ini bahan dasar dalam pembuatan bata ialah tanah lanau. Tanah lanau adalah jenis tanah berbutir halus yang memiliki ukuran partikel lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200). Menurut *Atterberg*, tanah lanau memiliki indeks plastisitas kurang dari 7 yang artinya tingkat plastisitas yang dimiliki rendah (Fahriana dkk., 2019).

Tabel 2.1: Hubungan indeks plastis dengan tingkat plastisitas dan jenis tanah menurut *Atterrberg*.

PI	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah
0	Tidak Plastis	Pasir
0 < PI < 7	Plastisitas Rendah	Lanau
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lanau -Lempung
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung

Banyak karya peneliti menemukan bahwa tanah dengan indeks plastisitas dibawah 15 cocok untuk stabilisasi semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Biasanya, pengikat semen ditambahkan antara 4 dan 10% dari berat kering tanah. Namun, jika kandungan semen lebih besar dari 10% maka menjadi tidak ekonomis untuk memproduksi bata terkompresi. Meskipun tanah terbaik untuk stabilisasi adalah tanah yang memliki plastisitas rendah, keuntungan penggunaan semen untuk tanah dengan plastisitas rendah dapat digantikan dengan kapur. Ketika kapur ditambahkan, pertama-tama kapur akan diserap oleh mineral sampai afinitas tanah terhadap mineral berkurang. Kapur yang diperoleh disebut fiksasi kapur, dimana dengan penambahan kapur seteleah fiksasi berkontribusi dalam menghasilkan gel hidrasi (Riza dkk., 2010).

Selain itu, sifat plastis tanah juga dapat menurun dengan diberikannya bahan additive seperti semen dan kapur. Dimana, penurunan indeks plastisitas tanah akan sebanding dengan peningkatan banyaknya presentase semen dan kapur yang digunakan. Dengan bertambahnya persentase semen dan kapur pada tanah saat

proses pemadatan dapat memberikan perilaku yang berlawanan, yaitu tanah mempunyai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum, bila distabilisasi menggunakan semen, maka berat isi kering akan makin naik dan kadar air optimum akan makin turun. Sedangkan bila tanah di stabilisasi kan dengan kapur akan mempunyai perilaku sebaliknya dimana semakin bertambahnya kapur maka berat isi kering makin turun dan kadar air optimum makin naik (Marasabessy dkk., 2024).

Terdapat dua jenis tanah lanau yaitu:

1. Lanau Anorganik

   Jenis tanah ini merupakan jenis tanah halus dengan plastisitas rendah dan mengandung butiran kuarsa, sering disebut sebagai tepung batuan (*rockflour)*.

2. Lanau Organik

   Berbeda dengan lanau anorganik, jenis tanah lanau organic ini agak plastis dan terdiri dari campuran partikel bahan organik yang halus dengan warna yang bervariasi dari abu-abu terang hingga abu-abu gelap.

Karena tanah lanau bersifat rendah plastis, maka dapat memberikan kontribusi positif dalam campuran bahan bangunan, seperti batu bata. Biasanya dalam pembuatan bata, tanah lanau diharapkan dapat mengurangi keplastisan tanah lempung dan memberikan kestabilan yang lebih baik pada produk akhir. Menggunakan tanah lanau sebagai variasi atau pengganti dalam campuran bahan bangunan dapat mengurangi ketergantungan pada tanah lempung, yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (Elianora, 2010).

Namun, salah satu tantangan dalam penggunaan tanah lanau adalah kestabilan dan kekuatan mekaniknya yang cenderung rendah dibandingkan dengan material konvesional. Meskipun demikian dibandingkan dengan batu yang di bakar, batu bata berbasis tanah lanau membutuhkan lebih sedikit energi untuk sintesis, sehingga membuatnya lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dengan menghilangkan proses pembakaran.

Menurut Elianora (2010) tentang variasi tanah lempung, tanah lanau dan pasir sebagai bahan campuran batu bata, menyatakan bata yang dihasilkan memenuhi standar kekuatan SNI, antara 26,67 kg/cm^2 hingga 104,67 kg/cm^2 . Kekuatan tekan tinggi tercapai dengan komposisi 3:2:1/8 yang dilapisan bawah tungku. Namun,

penyerapan air rata-rata melebihi batas maksimum 20%, dengan nilai tinggi tertinggi pada komposisi 1:1:1/8, yang menunjukkan perlunya pengaturan proporsi untuk mengurangi kelembapan. Tanah lanau berkontribusi positif terhadap plastisitas, tetapi kadar yang terlalu tinggi bisa mengurangi daya tahan bata. Menurut Malkanthi dkk. (2020) pula tentang *lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt*, bahwa jika tanah lanau dipadukan dengan tanah liat akan mempengaruhi sifat mekanis bata, dimana pengurangan kandungan lempung dan lanau (5%, 10%, dan 15%) dapat meningkatkan kekuatan tekan bata. Bata dengan kandungan lempung dan lanau 10% dan 15% memenuhi spesifikasi kekuatan dan penyerapan air. Penyerapan air meningkat seiiring dengan kandungan peningkatan fines.

2.3.2 Pasir

Pasir adalah material granula yang terdiri dari partikel-partikel kecil yang berasal dari pemecahan batuan. Umumnya, ukuran partikel pasir berkisar antara 0,063 mm hingga 2 mm. Pasir dapat diklasifikasikan sebagai material yang bergradasi baik, buruk, seragam, atau timpang *(gap-graded)*, yang artinya jenis tanah ini memiliki kelebihan atau kekurangan ukuran pada partikel tertentu. Pasir tergolong sebagai tanah non kohesif, yang berarti butirannya tidak saling melekat. Tanah non kohesif tidak memilki batas yang jelas antara keadaan plastis dan non plastis, karena jenis tanah ini tidak menunjukkan sifat plastis pada semua kadar air (Hutabarat dkk., 2021).

Pasir merupakan komponen penting dalam pembuatan bata, baik bata merah maupun bata beton. Dalam proses pembuatan bata bakar dan bata tanpa bakar, umumnya digunakan tanah lempung yang mengandung pasir, yang sering disebut sebagai tanah lempung berpasir. Tanah ini biasa berasal dari lokasi setempat atau didatangkan dari daerah lain. Keberadaan pasir sangat penting sebagai bahan tambahan karena dapat mengurangi keplastisan tanah lempung, sehingga meminimalkan penyusutan yang terjadi pada batu bata. Namun, jika kadar pasir halus terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan batu bata yang dibakar mengalami retakan atau pecahan (Elianora, 2010).

Meskipun pasir penting untuk stabilitas tanah, proporsi yang tepat tetap perlu diperhatiakn untuk menjaga kekuatan tanah. Karena penambahan kadar pasir yang cukup tinggi dapat menurukan kekuatan mekanik yang lebih signifikan. Dimana penambahan campuran pasir dapat menurunkan nilai energi tekan bebas (qu) dan nilai gaya abrasi (cu) tanah asal (Girsang, 2022). Karena itu, dalam penelitian disarankan untuk menguji variasi campuran pasir yang lebih tinggi dan meningkatkan pengawasan dalam pengujian laboratorium.

Menurut Herlina dan Elhusna (2015), penambahan pasir dapat mengurangi penyusutan volume dan berat bata merah. Hal ini menunjukkan bahwa pasir membantu dalam mengurangi deformasi saat pengeringan dan pembakaran. Namun pada hasil penelitiannya menunjukkan bahwa meskipun penggunaan pasir dapat mengurangi penyusutan, kualtis bata merah yang dihasil belum tentu memenuhi standar. Hal ini menandakan perlunya kajian lebih lanjut untuk menemukan komposisi campuran yang optimal.

Menurut Daniswara dan Walujodjati (2022) tentang pengaruh campuran pasir terhadap batu bata merah menyatakan, penambahan pasir pada batu bata mengurangi porositas. Campuran 20% pasir memiliki rata-rata porositas 8,05%, lebih baik daripada 0% pasir, sementara campuran 40% mencapai 20,97%. Nilai susut bakar untuk campuran 0% adalah 1,13% setelah 24 jam, sedangkan untuk 20% dan 40% masing-masing 2,28% dan 1,60% semua dibawah batas maksimal 2,5% menunjukkan penurunan kuat tekan di atas 20% pasir. kuat tekan batu bata dengan 0% pasir rata-rata 1,17 N/mm^2, sedangkan dengan 20% dan 40% masing-masing 0,79 N/mm^2 dan 0,97 N/mm^2. Sedangkan menurut Girsang (2022) tentang pengaruh penambahan pasir terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung, bahwa penambahan pasir berdampak negatif pada kuat tekan bebas (qu) dan kuat geser (cu) tanah lempung. Nilai qu turun dari 0,805 kg/cm^2 menjadi 0,485 kg/cm^2 setelah penambahan 12,5% pasir, dengan penurunan 46,58%. Nilai cu juga menurun dari 0,4025 kg/cm^2 menjadi 0,2425 kg/cm^2. Penurunan kekuatan mekanik lebih signifikan pada kadar campuran yang lebih tinggi.

2.3.3 Air

Air adalah bahan yang sangat penting dalam proses reaksi pengikatan material yang digunakan untuk pembuatan bata. Untuk memudahkan pencetakan bata, perlunya penambahan kadar air yang sesuai dengan jenis bata yang dihasilkan. Air yang ditambahkan dalam campuran bata adalah konstan, yang artinya setiap kadar air yang digunakan tidak berubah-ubah.

Selain itu, sebelum menggunakan air perlu dilakukan pemeriksaan visual untuk memastikan bahwa air tersebut memenuhi standar, seperti air tawar yang jernih, bebas dari minyak, garam, asam, alkali serta tidak mengandung banyak sampah, kotoran, atau bahan organik lainnya. Hasil pemeriksaan harus menunjukkan bahwa air dalam kondisi tidak berwarna dan tidak berbau dengan PH 7 sesuai standar air bersih, sehingga dapat digunakan karena sesuai pada SK-SNI-S-04-1989-F (Alfa dkk., 2016).

Faktor air merupakan rasio berat air terhadap berat total semen pada campuran bata ringan. Rasio ini berpengaruh pada kekuatan dan proses pembuatan bata ringan. Dengan memvariasikan nilai faktor air, akan menghasilkan bata ringan yang berbeda-beda. Selain itu, faktor air juga berkaitan erat dengan kuat tekan bata dan jumlah air semen yang digunakan akan menentukan kuat tekan, asalkan campuran bata cukup plastis dan mudah dikerjakan (Tholabi dkk., 2024).

Menurut Bella dkk. (2020) tentang pengaruh faktor air-semen pada bata ringan jenis clc dengan substitusi tanah putih yaitu, hasil kuat tekan tertinggi (0,630 MPa) dicapai pada sampel dengan 10% dan 70% tanah putih pada umur 21 hari dengan FAS 0,6. Peningkatan terbesar terlihat pada bata ringan dengan 10% tanah putih untuk FAS 0,5 dan 0,6. Kemudahan pengerjaan meningkat seriing bertambahnya jumlah air, tetapi sampel dengan 100% tanah putih sulit dicampur karena terlalu kaku. Namun, Tholabi dkk. (2024) tentang pengaruh faktor air semen terhadap bata ringan interlock menggunakan pasir sungai progo menyatakan variasi FAS 0,4 menghasilkan kuat tekan 1,795 MPa, sedangkan FAS 0,5 mencapai 2,435 MPa, memenuhi SNI 03-0349-1989. FAS 0,6 dan 0,7 masing-masing menghasilkan 2,1 MPa dan 1,35 MPa. Bobot isi tertinggi (1008,61 kg/m^3) pada FAS 0,6 dan terendah (913,17 kg/m^3) pada FAS 0,4. Daya serap air tertinggi (20,828%) pada FAS 0,4, sementara FAS 0,7 mencatat 12,155%. Semua variasi memenuhi syarat

penyerapan air dibawah 25%. Penelitian ini menekankan proporsi air yang tepat (FAS 0,5 dan 0,6) untuk kualitas optimal bata ringan interlock.

2.3.4 Semen

Semen adalah bahan pengikat yang digunakan untuk merekatkan material padat sehingga membentuk satu kesatuan yang kuat. Biasanya semen ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu klinker, gipsum, serta bahan tambahan lainnya seperti fly ash, silica fume atau slag yang berfungsi untuk meningkatkan sifat kekuatan, ketahanan terhadap sulfat, sampai mengurangi panas hidrasi. Namun, dalam pembuatan bata biasanya digunakan jenis semen Portland. Semen Portland merupakan bahan pengikat anorganik, umumnya sifat utama yang dimilki adalah mengikat dengan adanya air sehingga mengeras secara hidrolik (Widodo dan Artiningsih, 2021). Jenis semen ini memiliki komposisi utama yang terdiri dari batu kapur, silikat aluminia, oksida besi, dan terak sulfur.

Ketika semen di campur dengan air, maka mineral di dalamnya mulai beraksi dengan air dalam proses yang disebut reaksi hidrolisis. Biasanya faktor yang mempengaruhi reaksi ini adalah dari tingkat kehalusan semen, jumlah air yang digunakan, serta suhu dari aditif yang ditambahkan. Kekuatan semen tergantuk dari jumlah penambahan air yang digunakan pada proses hidrasi yang berlangsung. Pada dasarnya, penambahan air sekitar 25% dari berat semen yang digunakan.

Menurut Widodo dan Artiningsih (2021), penambahan semen akan mempengaruhi sifat fisik tanah, dimana penggumpalan dapat menyebabkan perubahan yang jelas pada grafik distribusi ukuran butir. Namun, perubahan ini sulit untuk diukur, karena metode hidrometik yang umum digunakan tidak memberikam gambaran yang akurat. Dengan penambahan semen, perubahan bentuk tanah akan berkurang, dan kadar air optimum akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi semen, sementara isi keringnya akan berkurang. Fenomena ini disebabkan oleh penggumpalan tanah yang terjadi akibat penambahan semen. Selain itu terdapat keuntungan tambahan berupa peningkatan kekuatan dan daya tahan pada bata.

Namun, produksi dan penggunaan semen menyumbang 8% dari emisi Co_2 global, dengan 50% berasal dari poses produksinya, 40% dari pembakaran bahan

bakar, dan 10% dari aktifitas transportasi, persiapan bahan baku, pendinginan, penggilingan, dan pencampuran. Proyek infrastruktur berlangsung diseluruh dunia, dan karena ketersediaan bahan baku semen secara geologis yang luas, penurunan penggunaan semen dalam waktu dekat tampaknya tidak memungkinkan. Diperkirakan sekitar 0,9 kg Co_2 dihasilkan untuk setiap kg semen yang diproduksi, dan lebih dari 90% dari emisi ini berasal dari proses kalsinasi dan pembakaran bahan bakar (Sathiparan, 2021).

Karena itu, para ahli dan peneliti berupaya mencari solusi inovatif untuk mengatasi isu yang semakin mendesak ini. Beberapa penelitian yang dipublikasikan menunjukkan upaya untuk menemukan bahan alternatif sebagai pengganti semen, dengan mengkonversi limbah menjadi pengganti semen dapat mengurangi serta mengatasi masalah lingkungan akibat pembuangan limbah yang tidak terkelola dengan baik. Limbah ini bisa didapatkan dari 2 kategori yaitu, limbah industri dan limbah pertanian.

Menurut Widodo dan Artiningsih (2021) tentang optimasi semen pada pembuatan batu bata tanpa bakar, menyatakan proporsi penggunaan campuran semen sebesar 17% pada bata semen-lempung tanpa proses pembakaran menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu 52 kg/cm^2. Ini menunjukkan bahwa penambahan semen yang sesuai dapat meningkatkan mutu bata. Dengan demikian, penggunaan semen dalam pembuatan bata tanpa bakar dapat berfungsi sebagai alternatif yang efisien. Menurut Dulal dkk. (2023) pula tentang *Engineering Properties Of Cement-Stabilized Compressed Earth Bricks* bahwa dengan penambahan kadar semen, baik kekuatan tekan kering maupun basah dari bata meningkat secara signifikan. Kadar semen yang lebih tinggi juga berkontribusi pada penurunan penyerapan air, yang menunjukkan peningkatan ketahan terhadap kelembapan. Penelitian ini menekankan pentingnya penggunaan semen dalam meningkatkan sifat teknik bata tanah padat, serta potensi penerapannya diindustri konstruksi lokal, karena bata yang distabilkan dengan semen dapat memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk aplikasi konstruksi.

2.3.5 Serbuk Cangkang Telur

Cangkang telur mengandung 94% kalsium karbonat ($CaCO_3$), 1% kalsium fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$), 1% magnesium karbonat ($MgCO_3$), dan 4% bahan organik yang menggantikan batu kapur. Komposisi dari serbuk cangkang telur (SCT) ini mirip dengan batu kapur. Bubuk batu kapur merupakan bahan pengisi dalam semen, beton, dan batu bata. Mengganti semen dengan SCT dapat meningkatkan proses hidrasi, memberikan kekuatan awal yang lebih baik serta meningkatkan kekuatan tarik, tekan, dan lentur (Paruthi dkk., 2023). Sejak tahun 1999, SCT telah dimanfaatkan sebagai sumber kalsium dalam sintesis kalsium fosfat, meskipun penelitian tentang pengaruhnya terhadap sifat beton masih terbatas. Selain itu, SCT juga sangat berguna untuk menstabilkan tanah sebagai bahan dasar jalan. Walaupun SCT sering digunakan dalam berbagai material bangunan karena kandungan kalsiumnya yang tinggi, studi mengenai efek penambahan bubuk cangkang telur dalam berbagai persentase terhadap sifat beton masih belum memadai.

Meskipun SCT memiliki kepadatan yang cenderung lebih rendah dibandingkan tanah liat, penambahan SCT tidak mengurangi kepadatan bata adobe yang distabilkan SCT atau bata tanah liat yang dibakar. Hal ini dikarenakan partikel SCT halus yang digunakan dalam fase penguatan mengisi pori-pori yang terdapat dalam tanah liat yang dibakar. Akibatnya, ditingkat penyerapan air berkurang drastis dengan penambahan SCT. Namun, penambahan SCT diatas tingkat optimum mengakibatkan penurunan kekuatan. Hal ini mungkin disebabkan oleh reaksi pozzolan yang tidak terjadi pada SCT tambahan dan karena partikel SCT tambahan tidak terikat, sehingga mengurangi kekuatan tekan tanah. Komposisi kimia SCT sangat dipengaruhi oleh proses penggilingan, suhu kalsinasi, dan proses perlakuannya. Kalsinasi mempengaruhi perubahan fase, dimana pada suhu sekitar 700 - 800˚C, sebagian besar $CaCO_3$ dalam kulit telur akan berubah menjadi kalsium oksida (CaO). SCT yang dikalsinasi dengam perlakuan pemutihan mengahasilkan komposisi kalsium yang lebih murni. Berat jenis SCT berkisar antara 2,07 hingga 2,50 gr/cm^3, lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis semen yang berkisar 3,15 gr/cm^3. Luas permukaan spesifik SCT bervariasi antara 300 – 1400 m^2/kg dan sangat dipengaruhi oleh suhu kalsinasi (Sathiparan, 2021). Meskipun penelitian tentang SCT sebagai prekursor dalam mengikat yang diaktifkan alkali masih

terbatas, tetapi SCT menunjukkan bahwa dapat digunakan dalam semen *geopolymer* dan sintesis *geopolymer*.

Menurut Paruthi dkk. (2023) tentang *Sustainable Cement Replacement Using Waste Eggshells: A Review On Mechanical Properties Of Eggshell Concrete And Strength Prediction Using Artificial Neural Network*, yaitu mengganti 20% semen dengan serbuk cangkang telur dapat ningkatkan kekuatan beton. Penelitian menunjukkan peningkatan kuat tekan maksimum hingga 68,4 MPa pada penggatian 10% serbuk cangkang telur. Pendekatan jaringan syaraf tiruan menunjukkan efesiensi tinggi dalam memprediksi kekuatan beton yang mengandung serbuk cangkang telur, dengan nilai R^2 mecapai 0,96, yang dapat mengurangi waktu serta biaya pengujian. Serbuk cangkang telur juga mempercepat proses hidrasi semen melalui pembentukan monokarboaluminat, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan awal beton. Jannat dkk. (2022) pula juga menyatakan bahwa penambahan serbuk cangkang telur (10 – 40%) meningkat kekuatan mekanik blok tanah liat melalui reaksi pozzolanic antara kalsium dan mineral tanah liat. Selain itu, blok dengan serbuk cangkang telur menunjukkan penurunan koefisien penyerapan air kapiler, meningkatkan ketahanan terhadap kelembapan. Penyusutan liner juga berkurang dan megurangi deformasi saat pengeringan.

2.3.6 Kalsium Hidroksida [$Ca(OH)_2$]

Kalsium Hidroksida atau $Ca(OH)_2$, yang lebih dikenal sebagai kapur padam, memiliki peran yang sangat krusial dalam berbagai aplikasi, terutama dalam industri kontrsuksi. Kapur padam atau $Ca(OH)_2$ adalah hasil perendaman kapur tohor dengan air, sifat kapur ini adalah plastis, mudah mengeras dengan cepat, sehingga mudah dikerjakan dan mempunyai sifat rekatan yang baik (Halim dkk., 2017). Sebagai bahan pengikat, $Ca(OH)_2$ menawarkan sejumlah manfaat dan karakteristik unik yang membuatnya menjadi pilihan populer yang dimana $Ca(OH)_2$ sendiri memiliki kemampuan fiksasi karbon yang kuat, dan volume molarnya meningkat setelah karbonasi sehingga menghasilkan ukuran pori yang lebih halus. Saat ini, penggunaan $Ca(OH)_2$ sebagai aktifator telah mendapat perhatian, namun dosisnya terbatas karena pengaruh kekuatan awal yang rendah. Menurut penelitian sebelumnya, $Ca(OH)_2$ dosis tinggi telah teraktivasi sekitar (30%) - (70%) berhasil

dikembangkan menggunakan $NaHCO_3$ sebagai aktifator tambahan dan penyemaian karbonat sekitar 13% - 15% $Ca(OH)_2$ tersisa setelah reaksi hidrasi (Zhao dkk., 2024). $Ca(OH)_2$ merupakan senyawa yang bisa didapatkan dengan cara mencampurkan air dengan senyawa CaO. Terdapat juga dalam penelitian mengenai penambahan senyawa kalsium hidroksida ke dalam campuran beton sudah beberapa kali dilakukan, yang dimana hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa menggunkan senyawa $Ca(OH)_2$ sebagai tambahan terbukti dapat meningkatkan kuat tekan dari beton (Setiono dkk., 2019).

Menurut Halim dkk. (2017) tentang penambahan $caco_3$, cao dan $caoh_2$ pada lumpur lapindo agar berfungsi sebagai bahan pengikat yaitu, dengan penambahan $Ca(OH)_2$ menunjukkan peningkatan kuat tekan mortar. Nilai kuat tekan tertinggi dicapai pada komposisi 8 Ps : 2 LL dengan penambahan 20% $Ca(OH)_2$, yaitu sebesar 6,065 kg/cm^2. Penambahan $Ca(OH)_2$ menghasilkan nilai penyerapan air yang lebih rendah (30,76%) dibandingkan dengan penambahan CaO yang memiliki penyerapan tertinggi (34,74%). Ini menunjukkan bahwa mortae yang mengandung $Ca(OH)_2$ lebih baik dalam mempertahankan kekuatan dan mengurangi porositas. Sedangkan Setiono dkk. (2019) pula tentang pengaruh penggantian sebagian *fly ash* dengan berbagai kalsium hidroksida terhadap karakteristik mortar 100% *fly ash*, menyatakan bahwa penggantian sebagian *fly ash* dengan $Ca(OH)_2$ terbukti meningkatkan kuat tekan mortar. Kadar optimum penggatian *fly ash* tipe C adalah 40% (kuat tekan 41,03 MPa pada 28 hari) dan untuk tipe F adalah 50% (kuat tekan 36,8 MPa). Waktu pengikatan awal mortar dengan *fly ash* tipe C semakin cepat dengan meningkatnya $Ca(OH)_2$, sedangkan pada tipe F relatif konstan. Kebutuhan *superplasticizer* (SP) meningkat seiring bertambahnya $Ca(OH)_2$ untuk kedua tipe *fly ash*. Perbedaan reaktivitas $Ca(OH)_2$ mempengaruhi kuat tekan, semakin tinggi reaktivitas, semakin besar kuat tekan. Penggunaan $Ca(OH)_2$ berpotensi meningkatkan sifat mekanik dan kinerja beton.

2.4 Stabilisasi

Teknik yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan mengurangi tingkat penyerapan air disebut stabilisasi. Tanah dalam keadaan alami tidak memiliki stabilitas dimensi dan daya tahan yang cukup untuk konstruksi. Stabilisasi

mekanis, merupakan metode dalam mengurangi rongga dan meningkatkan kepadatan tanah, sehingga meningkatkan kekuatan dan daya tahannya. Teknik ini memastikan bahwa material yang dipadatkan tetap kuat bahkan setelah pengeringan sehingga mendukung stabilitas konstruksi. Selain itu, Tingkat stabilisasi mekanis berpengaruh pada jumlah aditif semen yang dibutuhkan untuk stabilisasi kimia efektif. Kombinasi semen dengan tanah, baik dengan atau tanpa pasir, secara signifikan meningkatkan sifat rekayasa bata atau balok, sehinnga menghasilkan peningkatan kekuatan dan kinerja keseluruhan (Dulal dkk., 2023).

2.5 Syarat Mutu dan Pengujian Bata

Standarisasi menjadi syarat dan acuan penting dalam sebuah industri disuatu negara, salah satu standarisasi penting dari sebuah industri adalah standarisasi dalam pembuatan bata. Dalam memastikan batu bata berkualitas, maka memenuhi syarat mutu pada salah satu standarisasi sangat penting, salah satunya adalah SNI 15-2094-2000. Penggunaan Standar Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan untuk bata merah pejal pasangan dinding. Selain itu standar lain yang digunakan yaitu ASTM C67 *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* dan ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*. Syarat-syarat batu bata dalam stantar tersebut meliputi beberapa aspek yaitu:

2.5.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan bata adalah beban maksimum yang dapat diterima batu bata tersebut per satuan luas permukaan yang dikenai tekanan, dimana kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis tersebut sampai terjadinya kegagalan (Utari dkk., 2014). Umumnya, besar kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan dalam SNI ini adalah:

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

Kelas	Kuat Tekan Rata-Rata Minimum dari 30 Bata yang di Uji Kg/cm^3 (MPa).	Koefisien Variasi dari Kuat Tekan Rata-Rata yang Diuji %
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Dalam SNI-15-2094-2000 juga menyatakan bahwa besarnya kuat tekan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad (2.1)$$

Keterangan:

σ = Kuat tekan bata merah (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

Menurut Masdiana (2019) tentang studi perilaku tekan batu bata tanpa bakar menggunakan abu sekam sebagai bahan subtitusi, menyatakan pada komposisi I (30% abu sekam) mencapai kuat tekan 9,41 MPa pada umur 14 hari dengan peningkatan sebesar 27,27% dari umur 7 hari, namun pada umur 28 hari kuat yekan pada komposisi ini 8,54 MPa. Pada komposisi II (24% abu sekam) mencapai kuat tekan 8,80 MPa pada umur 28 hari dengan peningkatan sebesar 21,36% dari umur 7 hari, sedangkan pada komposisi III dengan (45% abu sekam) menunjukkan kuat tekan mencapai 10,34 MPa dengan peningkatan yang signifikan sebesar 47,50% dari umur 7 hari. Menurut Frapanti dkk. (2024) tentang analisa pembuatan bata tanpa bakar dari limbah pertanian abu ampas tebu untuk mengurangi polusi udara pula, hasil penelitian, rata-rata uji kuat tekan tanpa bakar menunjukkan nilai tertinggi mencapai 5,873 MPa, sementara bata yang ditambahkan abu ampas tebu menghasilkan nilai 3,949 MPa yang artinya tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000 yang menetapkan syarat minimum kekuatan sebesar 5 MPa.

2.5.2 Massa Jenis (*Density*)

Densitas biasa dikenal sebagai massa jenis atau kerapatan bahan, hal tersebut merujuk pada massa berat bata yang dihitung dengan per satuan volume (Ardi dkk., 2016). Menurut SNI 15-2094-2000, massa jenis minimum batu bata yang memenuhi syarat adalah 1,2 gram/cm^3. Dalam (SNI-15-2094, 2000) juga menyatakan bahwa besarnya densitas pada bata dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (2.2)$$

Keterangan:

ρ = Densitas bata (gr/cm^3)

m = Beban maksimum (gr)

v = Volume benda uji (cm^3)

Menurut Masdiana (2019) tentang studi perilaku tekan batu bata tanpa bakar menggunakan abu sekam sebagai bahan subtitusi, menyatakan pada komposisi I (45% tanah liat, 30% abu sekam, 11% semen, 4% soil stabilizer) memiliki densitas sebesar 1,128 gr/cm^3. Pada komposisi II (60% tanah liat, 24% abu sekam, 12% semen, 4% soil stabilizer) memilki densitas terbesar yaitu 1,50 gr/cm^3. Sedangkan komposisi III (36% tanah liat, 45% abu sekam, 15% semen, 4% soil stabilizer) menunjukkan densitas terendah sebesar 1,17 gr/cm^3. Menurut Margareta dkk. (2021) tentang kajian mekanik batu bata dengan metode pembakaran dan tanpa dibakar menggunakan limbah lumpur PDAM pula, campuran variasi 1 (lumpur PDAM 17%, tanah liat 50%, semen 17%, dan air 16%) memiliki densitas sebesar 1,31 gr/cm^3, variasi 2 (lumpur PDAM 25%, tanah liat 42%, semen 17%, dan air 16%) memiliki densitas sebesar 1,30 gr/cm^3, variasi 3 (lumpur PDAM 33%, tanah liat 33%, semen 17%, dan air 16%) memiliki densitas sebesar 1,22 gr/cm^3, variasi 4 (lumpur PDAM 42%, tanah liat 25%, semen 17%, dan air 16%) memiliki densitas sebesar 1,11 gr/cm^3, dan variasi 5 (lumpur PDAM 50%, tanah liat 17%, semen 17%, dan air 16%) memiliki densitas sebesar 0,95 gr/cm^3. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hanya variasi 1,2,3 yang memenuhi standar SNI 10-2094-2000 dengan minimum 1,2 gr/cm^3.

2.5.3 Penyerapan Air (*Water Absorption*)

Daya serap air adalah suatu kemampuan bahan untuk menyerap air. Daya serap air merupakan faktor penting yang dikontrol untuk mencegah kehilangan air yang sedang digunakan untuk menjaga kekuatan suatu pekerjaan batu bata (Hasanah dkk., 2021). Penyerapan air maksimum bata dalam SNI-15-2094-2000 ini adalah 20%. Dengan begitu pengujian daya serap bata dapat ditentukan berdasarkan berat bata basah yang direndam dan berat bata kering oven, dimana masing-masing proses dilakukan selama 24 jam dan di analisa menggunakan persamaan:

$$D_S = \frac{A-B}{B} \times 100\% \qquad (2.3)$$

Keterangan:

D_S = Daya serap bata

A = Berat bata basah (gr)

B = Berat bata kering (gr)

Menurut Frapanti dkk. (2024) tentang analisa pembuatan bata tanpa bakar dari limbah pertanian abu ampas tebu untuk mengurangi polusi udara analisis, mendapatkan hasil pada sampel 1 = 0,149 %, sampel 2 = 1,121 %, sampel 3 = 0,073 %, sampel 4 = 0,068 %, sampel 5 = 0,146 %, sampel 6 = 0,180 %, sampel 7 = 0,068 %, dan sampel 8 = 0,060 %. Dengan kadar air rata – rata 0,233 % yang artinya sesuai dengan standar SNI 15-2094-2000 dengan penyerapan maksimum dibawah 20%. Menurut Masdiana (2019) tentang studi perilaku tekan batu bata tanpa bakar menggunakan abu sekam sebagai bahan subtitusi pula menyatakan bahwa komposisi III (36% tanah liat, 45% abu sekam, 15% semen, 4% *soil stabilizer*) memiliki penyerapan air terbaik dengan nilai sebesar 21,8% pada umur 7 hari, 28,81% pada umur 14 hari dan 26,33% pada umur 28 hari. Pada komposisi II (60% tanah liat, 24% abu sekam, 12% semen, 4% soil stabilizer) memiliki penyerapan air dengan nilai sebesar 16,19 % pada umur 7 hari, 19,22% pada umur 14 hari dan 19,69% pada umur 28 hari. Sedangkan pada Pada komposisi I (45% tanah liat, 30% abu sekam, 11% semen, 4% soil stabilizer) memiliki penyerapan air dengan nilai sebesar 19,23% pada umur 7 hari, 18,72% pada umur 14 hari dan 18,34% pada umur 28 hari.

2.5.4 Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*)

Konduktivitas termal adalah kemampuan suatu material untuk menghantarkan panas. Nilai konduktivitas termal sangat dipengaruhi oleh perbedaan suhu (Utari dkk., 2014). Metode ini dilakukan dengan cara meletakkan sampel material diantara dua pelat panas, lalu membiarkan sampel melewati gradien suhu. Setelah itu, aliran suhu panas diukur menggunakan alat uji konduktivitas termal. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C177-97, maka persamaan yang digunakan yaitu:

$$q = -kA\frac{dT}{dL} \qquad (2.4)$$

Keterangan:

k = Konduktivitas termal bahan (Kcal/mh˚C)

$\frac{dT}{dL}$ = Gradien suhu pada penampang (°C/m)

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

q = Laju perpindahan kalor

Menurut Siswanto (2019) tentang perbandingan nilai *heat transfer* pada penambahan material composit batu bata sebagai upaya efisiensi energi bangunan gedung, menyatakan bahwa konduktivitas termal pada batu bata dengan penggantian *fly ash*, abu sekam padi dan abu jerami dengan persentase dari 0% sampai 15% mengalami penurunan dari 0,362 Kcal/mh°C, menjadi 0,264 Kcal/mh°C. Sedangkan pada pesentase 30% mengalami kenaikan menjadi 0,282 Kcal/mh°C. Namun pada persentase 40% sampai 50% kembali mengalami penurunan menjadi 0,215 Kcal/mh°C dan 0,201 Kcal/mh°C. Namun menurut Muhammad dan Efendi (2019) tentang pengaruh penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara terhadap nilai *thermal properties* sebagai upaya memetakan material batu bata yang ramah lingkungan pula menunjukkan bahwa konduktivitas termal pada batu bata dengan penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batu bara dengan persentase dari 0% sampai 15% mengalami penurunan dari 0,362 Kcal/mh°C, menjadi 0,264 Kcal/mh°C. Sedangkan pada pesentase 30% mengalami

kenaikan menjadi 0,282 Kcal/mhºC. Namun pada persentase 40% sampai 50% kembali mengalami penurunan menjadi 0,215 Kcal/mhºC dan 0,201 Kcal/mhºC.

2.5.5 Kadar Garam (*Efflorescence*)

Kadar garam atau disebut dengan *efflorescence* adalah suatu fenomena yang sering ditemui pada permukaan material bangunan, dimana fenomena ini muncul pada permukaan material berupa bercak-bercak putih yang diakibatkan oleh pengkristalan garam-garam yang dapat larut (Ardi dkk., 2016). Menurut ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* tidak ada informasi yang disajikan mengenai presisi atau bias metode pengujian kadar garam karena hasil pengujian bersifat nonkuantitatif.

Jika lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lasipan putih tebal karena pengkristalan garam-garam yang larut, maka bagian-bagian dari permukaan bata dapat menjadi bubuk atau terlepas (Frapanti dkk., 2023).

Menurut Frapanti dkk. (2024) tentang analisa pembuatan bata tanpa bakar dari limbah pertanian abu ampas tebu untuk mengurangi polusi udara pula, menunjukkan bahwa pada sampel 1 (0,00010 %), sampel 2 (0,00015 %), sampel 3 (0,00015 %), sampel 4 (0,00010 %), sampel 5 (0,00045 %), sampel 6 (0,00075 %), Sampel 7 (0,00160 %), dan sampel 8 (0,00180 %). Sehingga diperoleh kadar garam rata-rata sebesar 0,00064 %, berarti tidak membahayakan karena masih sesuai dengan standar SNI 15-2094-2000 dibawah 50%. Sedangkan menurut Fitriani (2022) tentang pengaruh penambahan abu sekam padi dan semen portland ada batu bata tanpa pembakaran terhadap sifat fisis dan mekanik, menyatakan variasi bata tanpa bakar yang diantaranya variasi A (55% tanah liat, 15% abu sekam padi, 30% semen portland), variasi B (55% tanah liat, 30% abu sekam padi, 15% semen portland), variasi C (70% tanah liat, 10% abu sekam padi, 20% semen portland), dan variasi D (70% tanah liat, 20% abu sekam padi, 10% semen portland) ini tidak ditemukan kandungan garam yang membahayakan.

2.5.6 Uji Daya Tahan (*Durability Test*)

Uji daya tahan dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan material dengan mengukur kemampuan untuk menahan pelapukan dan disintergrasi, terutama mengalami proses pelapukan dalam waktu singkat (Sanggalangi dkk., 2022). Namun dalam SNI 15-2094-2000 tidak mencantumkan secara spesifik istilah "uji daya tahan". Tetapi dalam ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"*, pengujian uji daya tahan dilakukan dengan pembasahan dan pengeringan selama 12 siklus atau pengulangan. Dimana dalam satu kali siklus bata mengalami perendaman dalam air pada suhu ruang (biasanya sekitar 20˚C atau sesuai spesifikasi standar) selama 24 jam. Setelah itu bata basah yang sudah direndam diletakkan didalam oven pengering yang diatur pada suhu 105˚C hingga 110˚C selama 24 jam (atau keringkan di udara jika ditentukan dalam standar pengujian.

Perensentase pengujian daya uji tahan bata kemudian dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Persentase Kehilangan Massa} = \frac{W_0 - W_{12}}{W_0} \times 100\% \qquad (2.5)$$

Keterangan:

W_0 = Berat awal bata (gr)

W_{12} = Berat akhir bata setelah 12 siklus (gr)

Menurut Sanggalangi dkk. (2022) tentang analisis pengaruh *number of cycles* terhadap pengujian durabilitas batu lanau di sidomulyo samarinda eva menyatakan pengujian durability pada penelitian tersebut didapatkan nilai *slake durability index* pada 10 kali siklus pengujian (ld_{10}) yaitu sampel 1 (78,6 %), sampel 2 (82,5 %), sampel 3 (87,4 %), sampel 4 (91,5 %), sampel 5 (87,5 %), sampel 6 (90,5 %), dan sampel 7 (92,5 %), dengan rata-rata 87,87% yang artinya nilai *index durability* batu lanau pada penelitian termasuk klasifikasi sangat tinggi. Penelitian tersebut dilakukan dengan standar pengujian SNI 3406 Tahun 2011. Menurut Afni dkk. (2022) tentang analisis pengaruh ph air terhadap ketahanan batu lempung dengan pengujian *durability* lokasi PT. RCI, Samarinda, Kalimantan Timur pula, pengujian durability pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa pH air asam dengan nilai

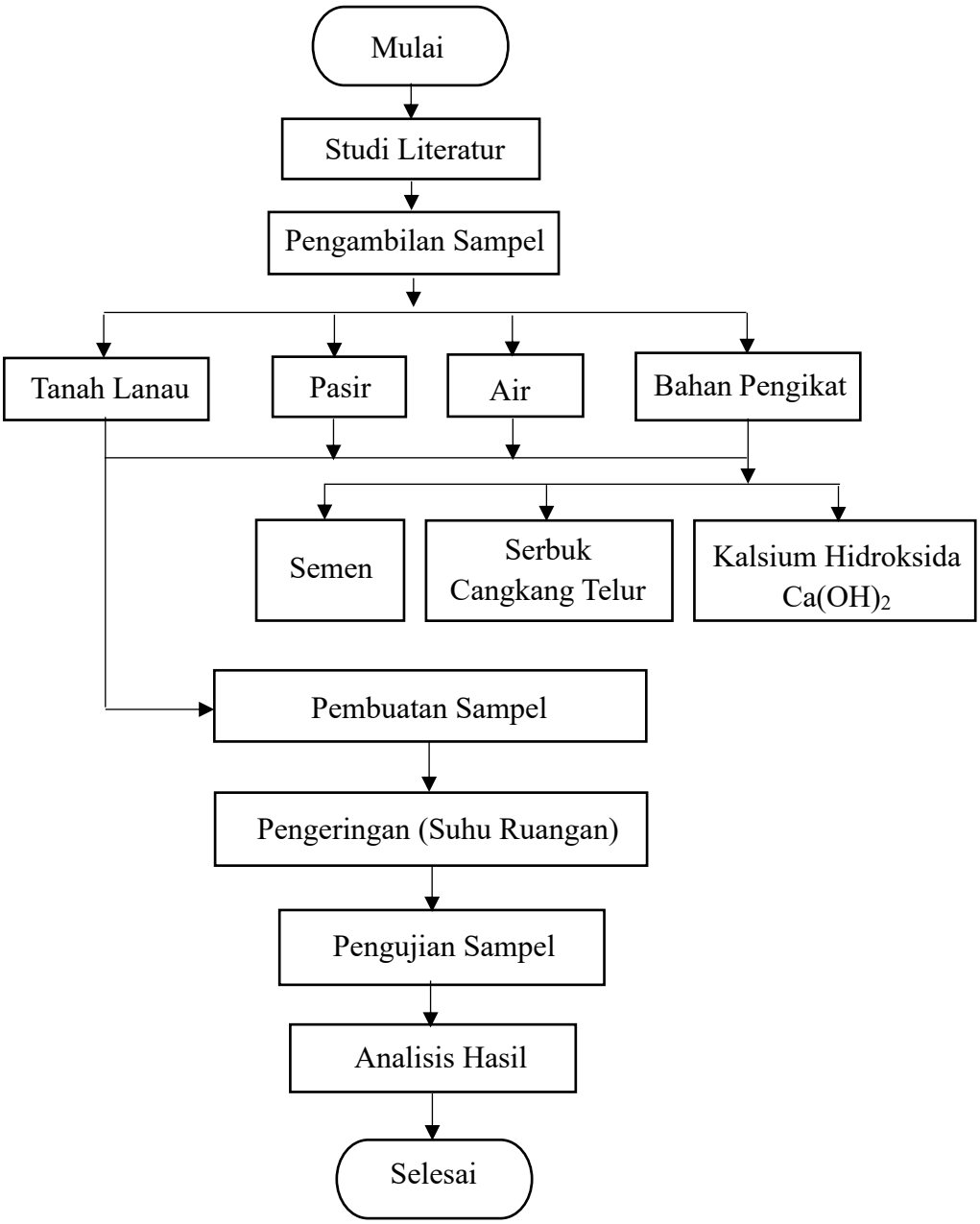
3,7 didapatkan nilai *slake durability index* pada 5 kali siklus pengujian (ld_5) yaitu, sampel 1 (tidak ada), sampel 2 (1,1 %), sampel 3 (2,0 %), dan sampel 4 (3,4 %). Dengan rata-rata 2,2 % yang artinya nilai *index durability* batu lempung pada penelitian termasuk klasifikasi sangat rendah. Sedangkan pada pH air basa dengan nilai 10,8 didapatkan nilai slake durability index pada 5 kali siklus pengujian (ld_5) yaitu sampel 1 (25,7 %), sampel 2 (16,6 %), sampel 3 (31,4%), dan sampel 4 (14,7 %). Dengan rata-rata 22,1 % yang artinya nilai index durability batu lempung pada penelitian termasuk klasifikasi rendah. Penelitian ini dilakukan dengan standar pengujian SNI 3406 Tahun 2011.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilaksanankan dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan sampel hingga pengujian sifat mekanik pada penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan. Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu ± 3 (tiga) bulan.

Tabel 3.1: Jadwal penelitian.

No	Jenis Kegiatan	Bulan															
		I				II				III				IV			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Perencanaan Mix Design																
2	Persiapan Bahan																
3	Pemeriksaan Bahan																
4	Pembuatan Sampel																
5	Pengeringan Sampel																
6	Pengujian Density																
7	Pengujian Compressive Strength																
8	Pengujian Termal Conductivity																
9	Pengujian Water Absorption																
10	Pengujian Efflorescence dan Durability Test																

3.3 Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian

Sumber-sumber data dalam penelitian merupakan suatu hal penting yang dapat digunakan sebagai langkah untuk memecahkan permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari hingga menganalisis yang diperoleh. Sebagai acuan dalam menyelesaikan penelitian ini tidak terlepas dari data pendukung yang ada.

3.3.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium, yaitu:

1. Pengujian Massa Jenis (*Density*),

2. Pengujian Penyerapan Air (*Water Absorption*),
3. Pengujian Kadar Garam (*Effluorescence*),
4. Pengujian Kuat Tekan (*Compressive Strength*),
5. Pengujian Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*),
6. Pengujian Uji Daya Tahan (*Durability Test*).

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan karya ilmiah yang berhubungan dengan teknik pembuatan bata tekan tanpa bakar dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang sudah ditentukan. Data teknis mengenai standar yang digunakan seperti SNI 15-2094-2000, ASTM C67 (U.S.)ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* dan ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*, serta literatur lainnya sebagai penunjang untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan bata berbahan dasar tanah lanau dengan variasi campuran serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida yang diuji sesuai dengan SNI 15-2094-2000, ASTM C67 (U.S.)ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* dan ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*. Sampel tersebut nantinya akan diuji untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi campuran serbuk cangkang telur dan kalsium hidroksida sebagai bahan stabilisasi terhadap sifat mekanik bata. Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan antara lain sebagai berikut:

1. Mempersiapkan bahan pembuatan bata seperti tanah, pasir, semen, SCT, $Ca(OH)_2$, dan juga air.

2. Pembuatan sampel dengan penambahan $Ca(OH)_2$ dan SCT.
3. Pencetakan sampel tanah menggunakan cetakan baja berukuran 20 cm × 10 cm yang kemudian ditekan menggunakan mesin manual pompa hidraulik dengan kuat tekan sebesar 5 MPa sampai stabil.
4. Pengeringan sampel selama ± 28 hari.
5. Pengujian sifat-sifat mekanik bata.
6. Kemudian dilakukan analisis data dari pembahasan hasil pengujian yang nantinya akan dapat diambil kesimpulan pada akhir penelitian.
7. Setelah mendapatkan data hasil pengujian, maka pembuatan laporan hasil penelitian dapat dilaksanakan.

3.5 Bahan dan Peralatan.

3.5.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan BT3B ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah Lanau

Tanah lanau merupakan bahan utama dalam pembuatan bata pada penelitian ini. Tanah tersebut diambil dari satu titik agar mendapatkan indeks plastisitas yang sama. Tanah yang digunakan adalah tanah yang diambil di Kecamatan Patumbak, Kab. Deli Serdang, Desa Sidourip. Tanah yang akan digunakan memiliki indeks plastisitas kurang lebih sebesar 25% - 30%, tanah tersebut dihaluskan dengan cara ditumbuk sehingga lolos saringan no. 8.

2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian yaitu pasir yang bersih dan tidak mengandung lumpur serta bahan organic lainnya. Pasir yang digunakan adalah pasir yang telah lolos pada saringan no. 8.

3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen padang tipe 1 PPC (Portland Pozolan Cement) dikarenakan memenuhi standar yang bersifat mengikat dengan adanya air sehingga mengeras secara hidrolik

4. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang bersumber dari PDAM Tirtanadi yang ada di Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Air sangat diperlukan pada pembuatan bata ini agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan pada bata serta memudahkan pada proses pencetakan.

5. Serbuk Cangkang Telur

Pada penelitian ini menggunakan bahan tambahan yaitu dari limbah cangkang telur. Cangkang telur diperoleh dari warung sarapan pagi yang menjual mie. Dimana sebelum digunakan limbah cangkang telur harus melewati proses pencucian dan pengeringan menggunakan oven, setelah itu cangkang telur dihaluskan menggunakan blender hingga mencapai lolos saringan no. 30.

6. Kalsium Hidroksida [$Ca(OH)_2$)

Kalsium hidroksida merupakan jenis kapur yang berbentuk bubuk putih, biasa digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian bata tekan tanpa bakar. Penelitian ini menggunakan kapur merk niraku dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.2: Spesifikasi kandungan kapur.

ASSAY (complexometric; calculated on dried substance)	
Substance insoluble in acetic acid	< 0.3 %
Substance insoluble in hydrochloric acid	< 0.3 %
Chloride (Cl)	< 0.02 %
Fluoride (F)	< 0.005 %
Sulphate (SO_4)	< 0.05 %
Heavy Metals (as Pb)	< 0.002 %
As (Arsenic)	< 0.0003 %
Ba (Barium)	Passes test
Fe (Iron)	< 0.002 %
Hg (Mercury)	< 0.00005 %

Tabel 3.2: *Lanjutan*.

ASSAY (complexometric; calculated on dried substance)	
Pb (Lead)	< 0.0003 %
Magnesium and alkali metals	< 0.2 %
Apppearance	White Powder
Fineness: #	
Residu on a 45 um sive (ISO 787/7)	0.5 %
Top cut (d97)	10 μm
Particles < 5 um	40 %
Whiteness:#	
Brightness (Ry, C/2, DIN 53163)	93 %
Moisture, ex works (ISO 787/2)	0.5 %
Bulk Density	0.5 gm/cc
Ca (OH)2	93.66 %
Ca	70 %
pH	13

3.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan didalam pembuatan sampel ini antara lain:

1. Cangkul dan palu, digunakan untuk menghancurkan bongkahan tanah yang akan di jemur.
2. Saringan/ ayakan, digunakan untuk menyaring bahan yang akan digunakan seperti tanah, pasir, dan serbuk cangkang telur.
3. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang berat setiap komposisi dalam bata yang berbeda persentase nya.
4. Ember dan alat pengaduk, digunakan sebagai wadah pencampuran bahan-bahan yang sudah ditimbang.
5. Gelas ukur, sebagai wadah air dan pengukur seberapa banyak air yang digunakan dalam campuran.

6. Skrap dan Pan, digunakan untuk mencampurkan bahan dengan air agar memudahkan proses pencetakan dan mengaktifkan zat pengikat yang terkandung.
7. Cetakan baja dengan ukuran Panjang 20 cm, lebar 10 cm sebagai cetakan untuk sampel benda uji yang dibuat.
8. Mesin alat cetak bata manual dengan pompan hidraulik digunakan untuk menekan campurann bahan yang sudah terisi didalam cetakan.
9. Penggaris, sebagai alat pengukur ketebalan bata yang sudah dicetak sesuai atau tidak.

3.6 Rencana Campuran dan Kebutuhan Bahan

Umumnya, sebagian besar peneliti menemukan bahwa kepadatan batu bata tanah stabil terkompresi berada dalam kisaran 1500 hingga 2000 kg/cm^3 (Riza et al., 2010). Maka, pada penelitian ini penulis ingin menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran bata yang diinginkan. Dari hasil percobaan pemeriksaan dasar yang telah dilakukan di Laboratoriun Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Kepadatan BT3B Rencana : 1600 kg/m^3

Dimensi Bata : $0{,}2 \times 0{,}1 \times 0{,}05 = 0{,}001\ m^3 \times 1600\ kg/m^3$

$$= 1{,}6\ kg$$

Maka, dari hasil tersebut didapat total berat satu buah bata yaitu 1,6 kg.

Jumlah diatas dimaksudkan untuk satu buah batu bata, dan jumlah air disesuaikan dengan jenis tanah dan campuran bahan yang digunakan, dikarenakan tanah yang dipakai masih mengandung kadar air yang cukup tinggi.

Tabel 3.3: Persentase komposisi campuran benda uji.

No	Zat Pengikat			Tanah Lanau	Pasir	Air	Ket
	Semen	$Ca(OH)_2$	Serbuk Cangkang Telur				
1	15%	-	-	75%	10%	380 ml	Kontrol
2	5%	5%	5%	75%	10%	370 ml	Variasi 1

Tabel 3.3: *Lanjutan*.

No	Zat Pengikat			Tanah Lanau	Pasir	Air	Ket
	Semen	$Ca(OH)_2$	Serbuk Cangkang Telur				
3	-	5%	10%	75%	10%	370 ml	Variasi 2
4	-	10%	5%	75%	10%	370 ml	Variasi 3

3.7 Tahapan Pembuatan Sampel

Adapun proses pembuatan batu bata tekan tanpa bakar dengan tanah lanau dan bahan campuran lainnya adalah:

1. Seluruh bahan yang sudah dihaluskan serta disaring kemudian ditimbang berdasarkan persentase yang sudah ditentukan dengan berat seluruh total bahan sekitar 1600 gram.
2. Kemudian seluruh bahan dicampurkan dalam satu wadah pengadukan dan diaduk sambil menambahkan air secara bertahap hingga campuran merata.
3. Pengecekan dilakukan dengan cara meremas adonan dengan tangan.
4. Setelah dirasa adonan menjadi cukup liat, kemudian adonan dimasukkan ke dalam cetakan baja yang berukuran 20 cm × 10 cm.
5. Setelah itu pada bagian atas cetakan diberi beban yang sama agar tekanan pada saat mencetak konstan dan di press hingga tekanan 5 MPa.
6. Setelah diberi tekanan, bata yang sudah padat kemudian dikeluarkan dari cetakan dan diukur untuk melihat ketebalan yang diinginkan yaitu ± 5 cm.
7. Setelah sesuai, bata diletakkan ke rak yang sudah disediakan untuk proses pengeringan yang memanfaatkan suhu ruang saja.
8. Pengeringan batu bata dilakukan dengan menggunakan dua sisi miringnya.
9. Bata dikeringkan selama ± 28 hari.

Jumlah sampel tiap variasi adalah 12 buah, dimana dalam pengujian akan menggunakan 3 bata tiap variasinya dan 3 bata kontrol:

Tabel 3.4: Jumlah sampel untuk pengujian.

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel				Total
		Kontrrol	Variasi I	Variasi II	Variasi III	
1	Pengujian Massa jenis	3	3	3	3	12 Buah
2	Pengujian Penyerapan Air	3	3	3	3	12 Buah
3	Pengujian Kadar Garam	3	3	3	3	12 Buah
4	Pengujian Kuat Tekan	3	3	3	3	12 Buah
5	Pengujian Konduktivitas termal	3	3	3	3	12 Buah
6	Pengujian Uji Daya Tahan	3	3	3	3	12 Buah

3.8 Tahapan Pengujian Sampel

Sifat mekanik yang dimiliki bata tekan tanpa bakar menjadi hal yang sangat diperhatikan baik pada segi arsitektur ataupun struktur yang tahan lama dalam konstruksi. Kondisi ini harus diuji berdasarkan standar yang ada seperti SNI 15-2094-2000, ASTM C67 (U.S.)ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* dan ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*. Standar penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

3.8.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pengujian kuat tekan bata dengan menggunakan alat (*compression test*). Prinsip kerja mesin uji tekan ini didasarkan pada penerapan beban yang terkontrol untuk mengukur kekuatan material terhadap tekanan. Beban ini diterapkan pada permukaan sampel hingga material mengalami deformasi atau keruntuhan. Kuat tekan bata dapat disesuaikan dengan standar yang diizinkan yaitu SNI 15-2094-2000, yang dinyatakan dengan (Pers. 2.1):

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

Keterangan:

σ = Kuat tekan bata merah (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

Pengujian kuat tekan pada BT3B dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berikut langkah-langkah pengujian kuat tekan yaitu:

1. Pastikan mesin uji tekan dalam kondisi baik dan siapkan semua komponen yang diperlukan termasuk plat penyangga dan pengukur beban.
2. Sebelum diletakkan pada mesin uji, ukur terlebih dahulu panjang dan lebar sampel untuk mengetahui luas penampang pada bata.
3. Kemudian tempatkan sampel dan pastikan posisi sampel stabil dan rata.
4. Nyalakan mesin dan mulai terapkan beban secara perlahan pada sampel. Beban akan diterapkan secara terus-menerus hingga sampel mengalami keruntuhan.
5. Selama pengujian, mesin akan mencatat nilai beban yang diterapkan sampai sampel menjadi retak.
6. Setelah sampel pecah, mesin akan menghentikan penerapan beban dan catat beban maksimum yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kuat tekan material menggunakan rumus yang sesuai.
7. Setelah pengujian, bersihkan area mesin dari sisa material sebelum melanjutkan pengujian untuk sampel selanjutnya.



Gambar 3.2: *Compression test*.

3.8.2 Massa Jenis (*Density*)

Pengujian massa jenis bata hanya dengan menggunakan timbangan digital dan alat ukur saja seperti penggaris. Prinsip pengujian ini didasarkan pada massa sampel yang dibagi dengan besar volume yang dimiliki sampel. Pengujian ini diterapkan pada pengujian massa jenis bata yang disesuaikan dengan standar yang diizinkan yaitu SNI 15-2094-2000, yang dinyatakan dengan (Pers. 2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan:

ρ = Densitas bata (gr/cm^3)

m = Beban maksimum (gr)

v = Volume benda uji (cm^3)

Pengujian massa jenis pada BT3B dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berikut langkah-langkah pengujian massa jenis yaitu:

1. Ambil sampel yang akan diuji dan pastikan sampel dalam kondisi baik dan tidak ada kerusakan.
2. Setelah itu ukur panjang, lebar, dan tebal bata untuk menghitung volume yang dimiliki pada sampel.

3. Kemudian timbang sampel menggunakan timbangan digital dan catat hasilnya dalam satuan gram (gr).
4. Lakukan seterusnya pada setiap sampel hingga selesai.

3.8.3 Penyerapan Air (*Water Absorption*)

Pengujian penyerapan air pada bata hanya dengan timbangan digital, oven dan bak perendam/ember yang diisi hingga bata terendam sepenuhnya. Prinsip pengujian ini didasarkan pada massa sampel sebelum diuji dibagi dengan massa sampel setelah diuji dan dikali dengan 100%. Pengujian ini diterapkan pada pengujian penyerapan air bata yang disesuaikan dengan standar yang diizinkan yaitu SNI 15-2094-2000, yang dinyatakan menggunakan (Pers. 2.3):

$$D_S = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

D_S = Daya serap bata
A = Berat bata basah (gr)
B = Berat bata kering (gr)

Pengujian penyerapan air pada BT3B dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berikut langkah-langkah pengujian penyerapan air yaitu:

1. Siapkan sampel yang akan diuji, setelah itu masing-masing sampel direndam dalam bak perendam sampai jenuh (selama 24 jam).
2. Setelah 24 jam timbang berat sampel dan keringkang dalam oven pengering pada suhu 100-110^{o}C selama 24 jam.
3. Setelah itu keluarkan sampel dalam oven dan masing-masing sampel ditimbang beratnya.

3.8.4 Kadar Garam (*Efflorescence*)

Pengujian kadar garam pada bata menggunakan oven dan bak peremdam/ember yang diisi air suling. Pengujian ini diterapkan pada pengujian

kadar garam bata yang disesuaikan dengan standar yang diizinkan yaitu ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"*.

Pengujian kadar garam pada BT3B dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berikut langkah-langkah pengujian pengujian kadar garam yaitu:

1. Bersihkan permukaan bata agar tidak mengganggu proses penyerapan air suling, kemudian ukur batas perendaman pada bata setinggi 1 inci (25 mm).
2. Rendam bata dari masing-masing spesimen dalam air suling hingga kedalaman 1 inci (25 mm) selama 7 hari.
3. Pada akhir hari ke 7, periksa kumpulan benda uji kemudian keringkan kumpulan benda uji menggunakan oven pengering dengan suhu antara 60˚C - 70˚C tanpa kontak dengan air selama tidak kurang dari 24 jam
4. Setelah kering, periksa setiap benda uji, amati keempat sisi permukaan bata dengan jarak 10 ft (3 m) dibawah penerangan yang cukup.
5. Ambil foto dokumentasi apabila terdapat perbedaan yang disebabkan oleh efflorescense.
6. Catat penampilan dan distribusi efflorescense.

3.8.5 Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*)

Pengujian pada bata ini diuji dengan alat uji konduktivitas termal. Prinsip pengujian ini didasarkan pada laju perpindahan kalor dikali ketebalan material (m) dan dibagi dengan perkalian dari perubahan suhu (^oC) dan luas penampang yang dialiri panas secara konduksi (m^2). Pengujian ini diterapkan pada pengujian konduktivitas termal material yang disesuaikan dengan standar yang diizinkan yaitu ASTM C177-97 – *"Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus"*, yang dinyatakan dengan (Pers. 2.5):

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

Keterangan:

k = Konduktivitas termal bahan (Kcal/mh˚C)

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

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

q = Laju perpindahan kalor

Pengujian konduktivitas termal pada BT3B dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berikut langkah-langkah pengujian konduktivitas termal yaitu:

1. Siapkan sampel dan alat pengujian konduktivitas termal.
2. Setelah itu masukkan sampel diantara dua plat panas yang tertanam pada pelindung.
3. Hidupkan alat konduktivitas termal selama 40 menit pemanasan kemudian ambil data temperatur melalui sampel dalam setiap 5 menit.
4. Lakukan pengujian hingga semua sampel habis.



Gambar 3.3: Alat uji konduktivitas termal.

3.8.6 Uji Daya Tahan (*Durability Test*)

Pengujian uji daya tahan pada bata hanya dengan timbangan digital, oven dan bak peremdam/ember yang diisi hingga bata terendam sepenuhnya. Prinsip

pengujian ini didasarkan pada berat bata sebelum diuji dikurang dengan berat bata setelah diuji selama 12 kali pengulangan dibagi dengan berat bata sebelum diuji dan dikalikan dengan 100%. Pengujian ini diterapkan pada pengujian uji daya tahan bata yang disesuaikan dengan standar yang diizinkan yaitu , ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"*, yang dinyatakan dengan (Pers. 2.6):

$$\text{Persentase Kehilangan Massa} = \frac{W_0 - W_{12}}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 = Berat awal bata (gr)

W_{12} = Berat akhir bata setelah 12 siklus (gr)

Pengujian uji daya tahan pada BT3B dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berikut langkah-langkah pengujian uji daya tahan yaitu:

1. Bersihkan permukaan bata agar tidak mengganggu proses penyerapan dan pengeringan.
2. Timbang batu bata kering sebelum pengujian menggunakan timbangan digital.
3. Setelah itu rendam bata sepenuhnya dalam air selama 24 jam.
4. Setelah 24 jam, angkat bata dari air dan bersihkan sisa air, kemudian letakkan bata basah dalam oven pengering yang sudah diatur pada suhu 105-110^{o}C selama 24 jam.
5. Setelah selesai dikeringkan, keluarkan bata dari oven dan biarkan dingin hingga mencapai suhu ruangan.
6. Timbang kembali batu bata tersebut dan catat berat keringnya.
7. Lakukan selama 12 kali pengulangan dan catat beratnya satiap 1 kali pengulangan.

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pemeriksaan Bahan

Dalam pemeriksaan bahan baik agregat halus maupun tanah dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

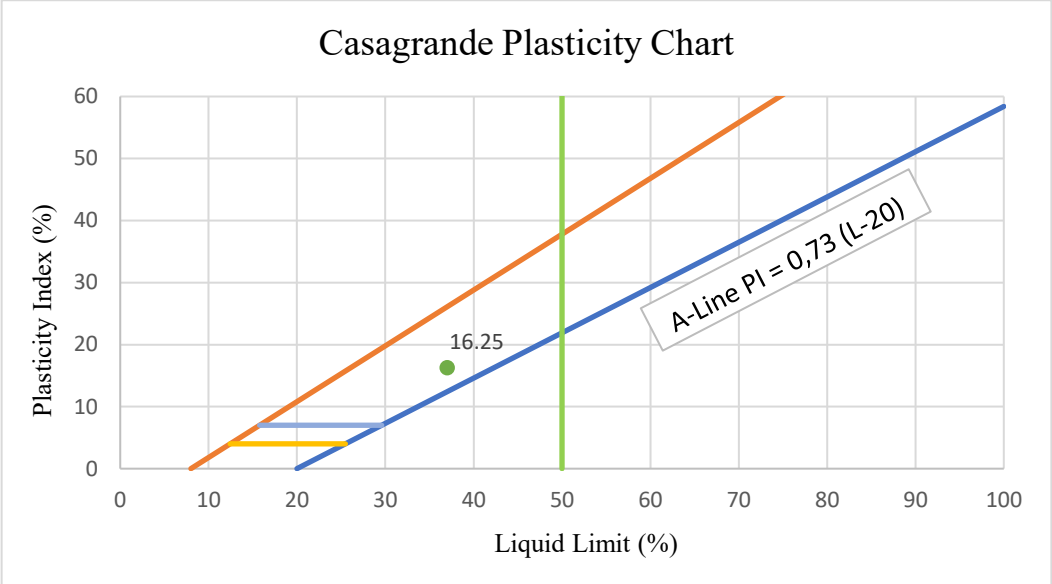
4.1.1 Indeks Plastisitas Tanah Lanau

Batas plastis dan batas cair ditentukan dengan pengujian yang sederhana di laboratorium yang mana merupakan parameter yang penting diketahui untuk tanah berbutir halus atau tanah kohesif. Hasil dari pengujian ini sangat sering digunakan untuk menghubungkan dengan parameter fisis tanah seperti identifikasi dan klasifikasi tanah. Hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas tanah, yang mana dikenal dengan grafik plastisitas casagrande. Hal yang penting dalam grafik plastisitas dari tanah menjadi plastisitas ini adalah garis pembagi (Garis – A) yang membedakan derajat plastisitas 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 organik. Dimana lanau organik berada dibawah garis – A dengan LL berkisar 30 – 50% yang merupakan lanau inorganik dengan derajat pemampatan sedang. Selain garis – A, terdapat pula garis – U (U-line) yang merupakan batas dari hubungan antara indeks plastisitas dan batas cair untuk suatu tanah.



Gambar 4.1: Tanah lanau.

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan batas cair contoh tanah. Batas cair adalah kadar air tanah pada keadaan peralihan antara keadaan cair dan keadaan plastis. Sedangkan batas plastis tanah keadaan air minum tanah yang masih dalam keadaan plastis. Tanah dalam keadaan batas cair yaitu apabila diperiksa dengan alat Casagrande, sampel tanah dalam mangkok yang dipisahkan kan oleh alurcolet selebar 2 mm akan berimpit kembali pada 25 kali ketukan.



Gambar 4.2: Grafik casagrande untuk tanah lanau.

Dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.2 batas cair dan batas plastis tanah lanau diperoleh nilai Batas Cair (*Liquid Limit*) dari tanah lanau 37%, sedangkan Batas Plastis (*Plastic Limit*) 20,75%, maka indeks plastisitas (*Plasticity Index*) dari tanah lanau sebesar 16,25%.

4.1.2 Analisa Butiran Tanah Lanau

Analisa ayakan adalah suatu proses pembagian butiran (gradasi) dengan menyaring contoh tanah melalui satu set ayakan, dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan ke bawah, cara ini biasanya digunakan untuk menyaring material atau partikel berdiameter ≥ 0,075 mm.

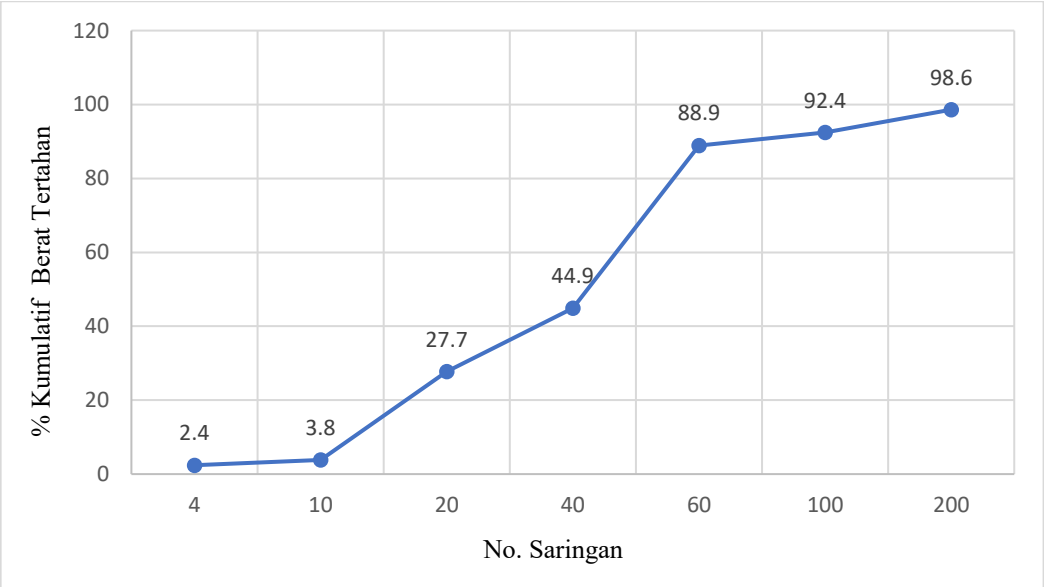
Analisa butiran dilakukan dengan cara mengayak atau menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan, dimana lubang-lubang setiap ayakan berdiameter dari

urutan paling besar hingga paling kecil. Analisa saringan ini dilakukan untuk mengetahui pembagian butiran dari suatu contoh tanah yang berbutir kasar yang tertahan saringan No. 200.



Gambar 4.3: Satu set ayakan untuk analisa butiran tanah.

Dari hasil pengujian analisa butiran tanah lanau, klasifikasi tanah menurut standart SNI tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dan hasil yang diperoleh bisa dilihat dari Gambar dan Gambar, tanah berbutir kasar dengan lolos saringan no. 200 kurang dari 50% yaitu sebesar 1,4%.



Gambar 4.4: Garfik gradasi tanah galong.

4.1.3 Uji Kadar Air Tanah Lanau

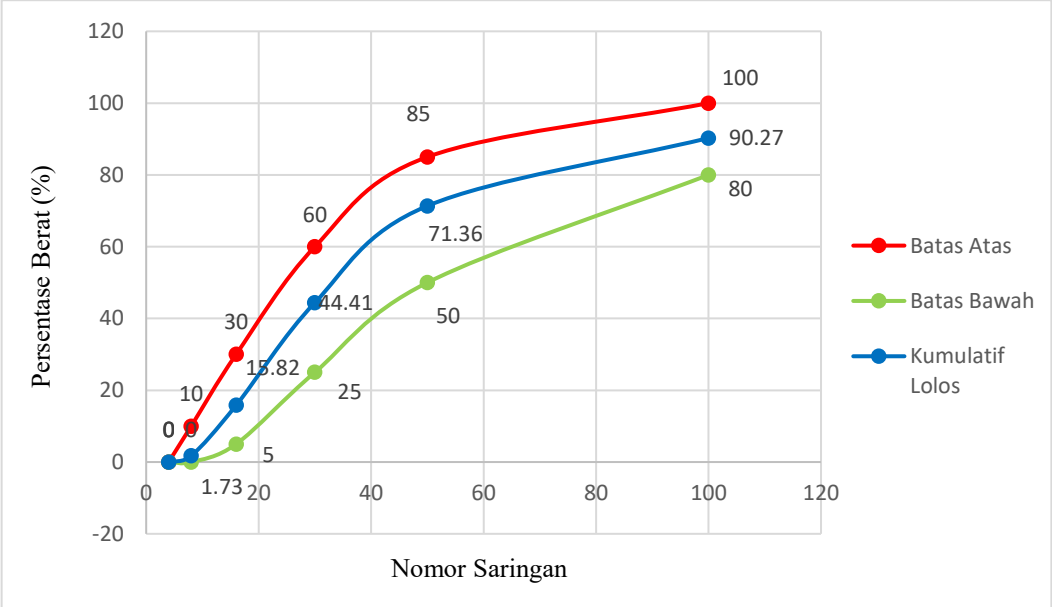
Uji kadar air dilakukan dengan tujuan memeriksa dan menentukan kadar air dari sampel tanah. Kadar air (w) adalah sebuah perbandingan berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah. Kadar air diberi simbol w dan dinyatakan dalam persen (%).

Hasil dari pemeriksaan menjelaskan jika kadar air tanah berkisar antara 20% - 100% berarti tanah tersebut masih dapat dikatakan normal, tetapi jika kadar air melebihi 100%, maka tanah tersebut dikatakan jenuh air dan jika kurang dari 20% tanah tersebut dikatakan kering.

Maka, hasil kadar air dari tanah lanau diatas rata-rata kadar air yaiu 24,9% dimana masih dikatakan normal karena kurang dari 100% dan lebih dari 20%.

4.1.4 Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat.



Gambar 4.5: Garfik gradasi agregat halus.

Dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.5 didapat hasil dari FM sebesar 2,78%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 – 3,8% (menurut SK SNI S – 04-1989-F). Agregat tersebut berada di Zona 2 (pasir sedang).

4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

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

Dari hasil lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,21%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu maksimal 5% (menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak harus dicuci sebelum pengadukan.

4.1.6 Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Kadar air agregat didefinisikan sebagai rasio antara massa air yang terkandung dalam agregat dan massa agregat dalam kondisi kering oven, dimana semakin besar perbedaan massa antara agregat awal dan agregat pengeringan oven maka semakin tinggi kadar airnya. Hal ini menunjukkan kandungan air yang lebih banyak dalam pori-pori agregat, begitu pula sebaliknya. Penentuan kadar air ini penting untuk memastikan agregat sesuai untuk campuran bata.

Bedasarkan hasil uji, didapatkan nilai rata-rata kadar air agregat sebesar 5,43%. Secara spesifik, kadar air pada percobaan pertama adalah 4,33%, sedangkan pada percobaan kedua adalah 6,52%. Kedua nilai ini berada dalam rentang standar yang ditetapkan, yaitu 2% hingga 20%. Oleh karena itu, agregat ini memenuhi standar dan layak untuk digunakan dalam campuran bata, sehingga tidak perlu menambah atau mengurangi dari jumlah air yang dibutuhkan.

4.1.7 Analisa Uji *X-Ray Fluorosence* Serbuk Cangkang Telur.

Analisis *X-Ray Fluorosence* (XRF) merupakan proses pengujian untuk menganalisa elemen kimia dengan menggunakan karakteristik sinar – x. Selain itu,

pengujian ini juga dapat menunjukkan konsentrasi unsur berdasarkan panjang gelombang dan jumlah sinar x yang dipancarkan kembali setelah ditembakkan pada material (Wafa dkk., 2023).

Pada pengujian XRF untuk SCT sebagai campuran BT3B ini dilakukan di Laboratorium Puspitek Serpong, dengan hasil yang didapat sebagai berikut:

Tabel 4.1: Hasil uji XRF serbuk cangkang telur.

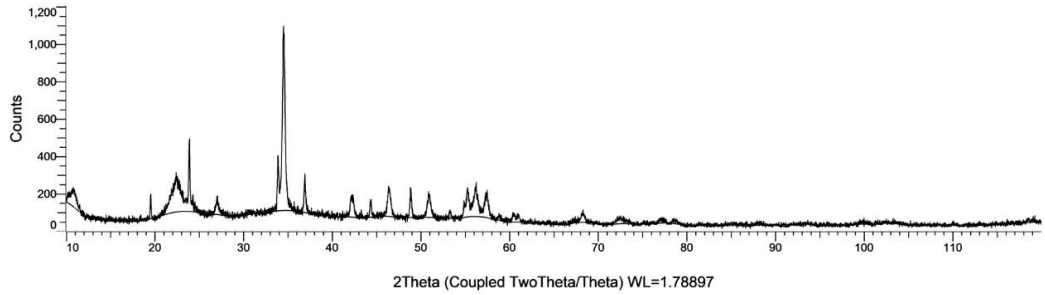
No	Senyawa Kimia	Nilai	Unsur Kimia	Nilai
1	Br	0.30%	Br	0.30%
2	CaO	81.80%	Ca	58.40%
3	Cl	0.70%	Cl	0.70%
4	Fe2O3	0.30%	Fe	0.20%
5	K2O	0.60%	K	0.50%
6	La2O3	0.00%	La	0.00%
7	MgO	3.60%	Mg	2.20%
8	Na2O	0.20%	Na	0.20%
9	P2O5	8.80%	P	3.80%
10	Sb2O3	0.00%	S	0.50%
11	Sc2O3	0.70%	Sb	0.00%
12	SeO2	0.00%	Sc	0.50%
13	SO3	1.10%	Sn	0.00%
14	SrO	1.70%	Sr	1.50%

Berdasarkan Tabel 4.1, hasil karakteristik dari SCT setelah di *Ball Mill* dengan alat XRF menunjukkan, CaO menjadi kandungan senyawa paling tinggi yang terdapat pada SCT yaitu sebanyak 81,80%. Sedangkan kandungan unsur paling tinggi yang didapat yaitu Ca sebesar 58,40%.

4.1.8 Analisa Uji *X-Ray Difraction* Serbuk Cangkang Telur

Uji *X-Ray Difraction* (XRD) dilakukan untuk mengidentifikasi fraksi volume, ukuran kristal dan derajat kristalinitas. Berdasarkan analisis XRD, derajat kristalinitas hidroksiapatit terlihat dari tingginya intensitas dan sempitnya puncak pada pola difraksi, dimana makin sempit dan tinggi puncaknya, maka makin tinggi pula kristalinitas hidroksiapatit (Fariz Prasaja, 2024).

Pada pengujian XRD untuk SCT sebagai campuran BT3B ini dilakukan di Laboratorium Puspitek Serpong, dengan hasil yang didapat sebagai berikut:



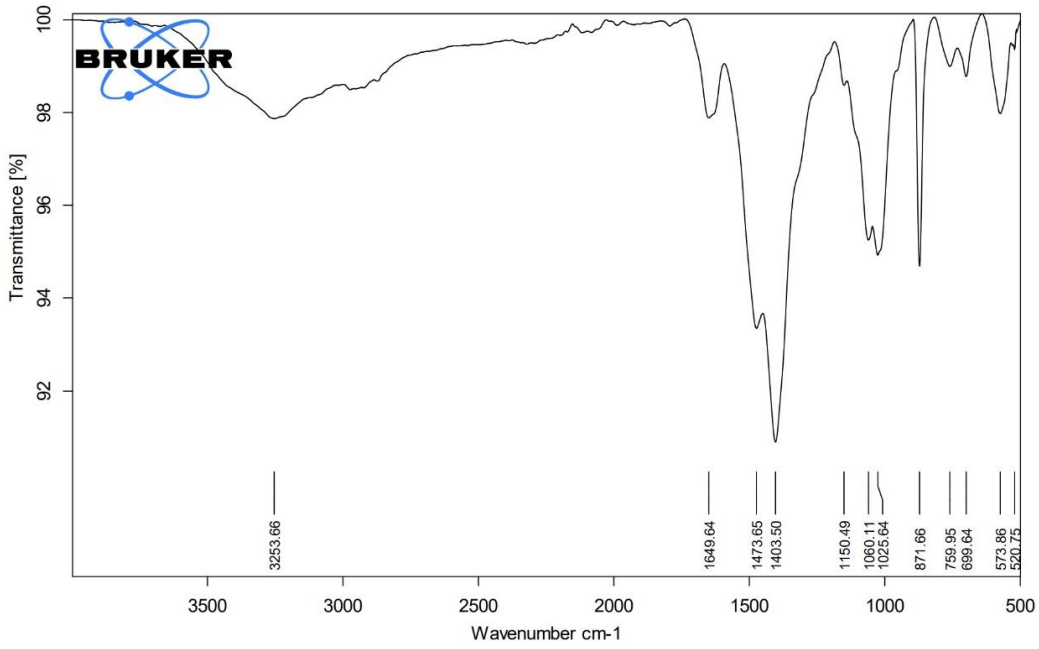
Gambar 4.6: Difraktogram uji XRD serbuk cangkang telur.

Pada uji sampel serbuk hidroksiapatit dari cangkang telur ayam memakai spektrum XRD dengan sudut 2 theta yang dipakai ialah antara sudut 10˚ - 80˚. Pada Gambar 4.6, puncak dominan berada pada sekitar $2\theta \approx 33{,}5^{\circ}$, dimana puncak yang paling intens dan menonjol dalam difraktogram. Puncak ini sangat karakteristik untuk fase kalsit (calcite), yang merupakan bentuk polimorf paling stabil dari kalsium karbonat ($CaCO_3$). Nilai WL =178897 merupakan panjang gelombang (λ) sinar – x yang digunakan dalam percobaan.

4.1.9 Analisa Uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* Serbuk Cangkang Telur

Uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk mengamati gugus fungsi kimia dari serbuk nano cangkang telur ayam (Van Hoten dkk., 2018).

Pada pengujian FTIR untuk SCT sebagai campuran BT3B ini dilakukan di Laboratorium Puspitek Serpong, dengan hasil yang didapat sebagai berikut:



Gambar 4.7: Garfik uji FTIR serbuk cangkang telur.

Hasil karakteristik SCT setelah di *Ball Mill* dengan alat FTIR ditunjukkan pada Gambar 4.7. Pada Gambar 4.7 terdapat peak dari spectrum yang muncul antara 3400-3000 cm^{-1} (termasuk 3253,66 cm^{-1}). Puncak ini merupakan bagian dari pita serapan yang lebar dan mengindikasikan adanya vibrasi ulur O – H (hidroksil), dimana lebar pita menunjukkan kemungkinan adanya ikatan hidrogen. Pada puncak 1649,64 cm^{-1} terindikasi vibrasi ulur C=O (karbonil) dari beberapa jenis senyawa organik yang masih ada sebagai residu dalam cangkang telur. Puncak ini sering dikaitkan dengan vibrasi bending (tekuk) H-O-H dari air teradsorpsi. Kemudian puncak ganda pada 1473,65 cm^{-1} dan 1403,50 cm^{-1}, dimana ini merupakan karakteristik kuat dari keberadaan ion karbonat (CO_3^{2-}). Pada puncak ini juga

menunjukkan vibrasi ulur asimetris C-O dari ion karbonat, ini adalah bukti utama bahwa sampel dari cangkang telur yang digunakan Sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang merupakan komponen utama cangkang telur. Selanjutnya pada puncak 1060,11cm^{-1} termasuk juga 1025,64 cm^{-1}, kemungkinan pada keberadaan sedikit fosfat (PO_4^{3-}). Puncak ini juga mengindikasikan vibrasi ulur C-O dari sisa-sisa matriks organic yang mungkin masih ada dalam cangkang telur. Pada puncak 871,66 cm^{-1}, puncak ini merupakan karakteristik vibrasi tekuk (bending) keluar bidang dari ion karbonat (CO_3^{2-}). Pada puncak 759,95 cm^{-1} dan 699,64 cm^{-1} pula juga merupakan vibrasi tekuk dalam bidang dari ion karbonat (CO_3^{2-}). Dan yang terakhir puncak 573,86 cm^{-1} dan 520,75 cm^{-1}, pada puncak ini vibrasi kiri dari kristal $CaCO_3$ atau vibrasi bending dari gugus lain dalam matriks.

Hasil karakteristik terhadap sampel SCT dapat disimpulkan sebagian besar adalah kalsium karbonat ($CaCO_3$). Puncak-puncak karakteristik dari ion karbonat (CO_3^{2-}) juga sangat jelas dan dominan. Selain itu, adanya hidroksil (O-H) menunjukkan keberadaan air teradsorpsi atau mungkin sedikitnya kandungan kalsium hidroksida.

4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Bata

Pada bab ini akan dijelaskan hasil dan analisa pengujian kuat tekan, massa jenis, penyerapan air, kadar garam, konduktivitas termal, dan pengujian daya tahan material bata yang telah dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.2.1 Kuat Tekan Bata (*Compressive Strength*)

Untuk menghitung kuat tekan sampel diperlukan parameter terukur yaitu beban tekan dan luas bidang sampel bata, penentuan kuat tekan bata dapat dilihat dari Pers. 2.1:



Gambar 4.8: Proses pengujian kuat tekan bata.



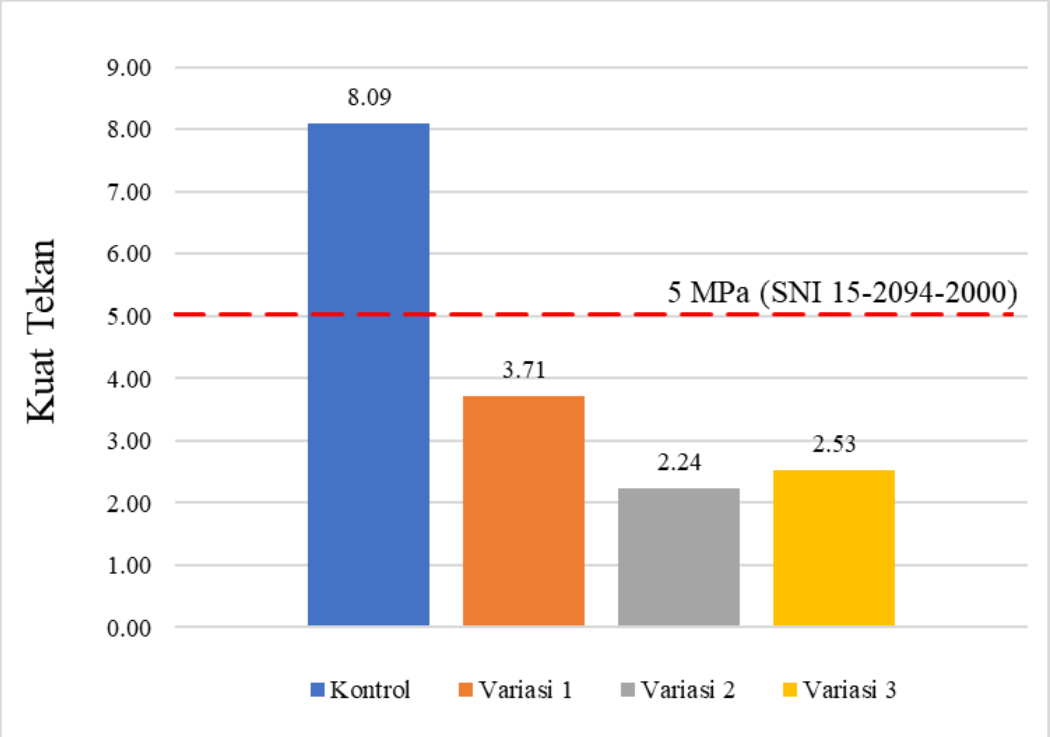
Gambar 4.9: Kondisi bata setelah pengujian.

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

Berdasarkan hasil cetakan, bata yang digunakan dalam pengujian kuat tekan memiliki dimensi panjang dan lebar yang berbeda. Berikut adalah hasil uji kuat tekan bata dari 4 variasi.

Tabel 4.2: Hasil uji kuat tekan bata tanpa bakar.

Variasi	Jumlah Sampel	Beban Tekan	Dimensi		Luas Area	Kuat Tekan	Rata -Rata
		P (kg)	length (mm)	width (mm)	A $(mm)^2$	σ (Mpa)	
Kontrol	1	16500	10	20	200	8.09	8.09
	2	16000	10	20	200	7.85	
	3	17000	10	20	200	8.34	
1	1	7800	10	20	200	3.83	3.71
	2	7500	10	20	200	3.68	
	3	7350	10	19.9	199	3.62	
2	1	2850	10	20	200	1.40	2.24
	2	6000	10	20	200	2.94	
	3	4800	10	19.9	199	2.37	
3	1	6300	10	19.9	199	3.11	2.53
	2	4800	10	20	200	2.35	
	3	4350	10	20	200	2.13	



Gambar 4.10: Grafik uji kuat tekan bata tanpa bakar.

Berdasarkan dari hasil pengujian pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata bata kontrol (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 15%) pada umur 28 hari dengan nilai 8,09 MPa. Sedangkan hasil dari bata variasi

1 (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%, SCT 5%, $Ca(OH)_2$ 5%) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 3,71 MPa, pada variasi 2 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 10%, $Ca(OH)_2$ 5%) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 2,24 Mpa, dan pada variasi 3 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 5%, $Ca(OH)_2$ 10%) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 2,53 MPa.

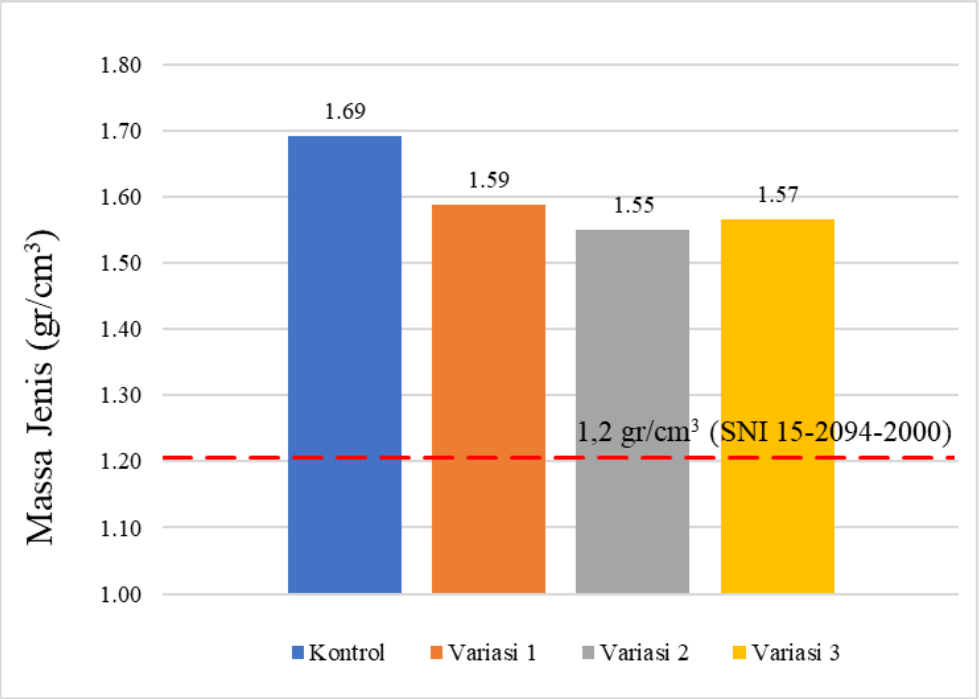
Berdasarkan hasil dari Tabel 4.1 bahwa nilai hasil uji kuat tekan bata campuran SCT dan $Ca(OH)_2$ dibawah 5 MPa, yang berarti tidak memenuhi syarat standar SNI 15-2094-2000 tentang bata bakar.

4.2.2 Massa Jenis (*Density*)

Pengujian massa jenis dilakukan untuk mengetahui besar massa per satuan m^3 pada bata. Semakin ringan material penyusun dinding, maka semakin bagus pula digunakan untuk daerah rawan gempa. Massa jenis batu bata dapat disesuaikan berdasarkan dengan standar yang diizinkan (SNI 15-2094-2000). Berikut adalah hasil uji kuat tekan bata dari 4 variasi:

Tabel 4.3: Hasil uji massa jenis bata tanpa bakar.

Variasi	Jumlah Sampel	Massa	Dimensi		Volume	Massa Jenis	Rata - Rata
		m (gr)	Luas Area (cm^2)	Tinggi (cm)	v (cm^3)	ρ (gr/cm^3)	
Kontrol	1	1675	200	5.0	1000	1.675	1.69
	2	1640	200	4.9	980	1.673	
	3	1690	200	4.9	980	1.724	
1	1	1590	200	5.0	1000	1.590	1.59
	2	1525	200	4.9	980	1.556	
	3	1580	199	4.9	975.1	1.620	
2	1	1600	200	5.2	1040	1.538	1.55
	2	1580	200	5.1	1020	1.549	
	3	1495	199	4.8	955.2	1.565	
3	1	1525	199	5.0	995	1.533	1.57
	2	1575	200	5.0	1000	1.575	
	3	1620	200	5.1	1020	1.588	



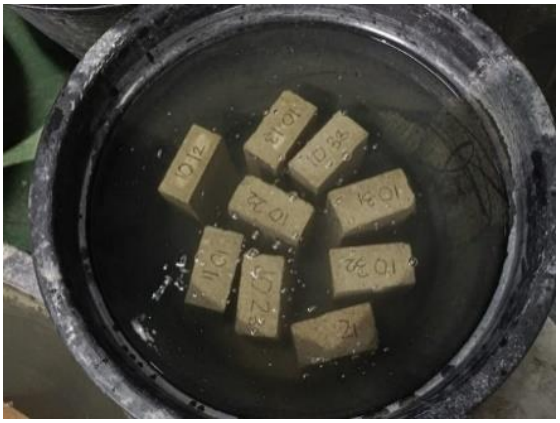
Gambar 4.11: Grafik uji penyerapan bata tanpa bakar.

Dari Tabel dan Gambar, rata-rata berat jenis bata yang paling tinggi adalah bata kontrol (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 15%) dengan nilai 1,69 gr/cm^3. Sedangkan hasil dari berat jenis paling rendah adalah bata variasi 2 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 10%, $Ca(OH)_2$ 5%) dengan nilai 1,55 gr/cm^3. Dan berat jenis pada variasi 1 (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%, SCT 5%, $Ca(OH)_2$ 5%) dan bata variasi 3(tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 5%, $Ca(OH)_2$ 10%) adalah 1,59 gr/cm^3 dan 1,57 gr/cm^3.

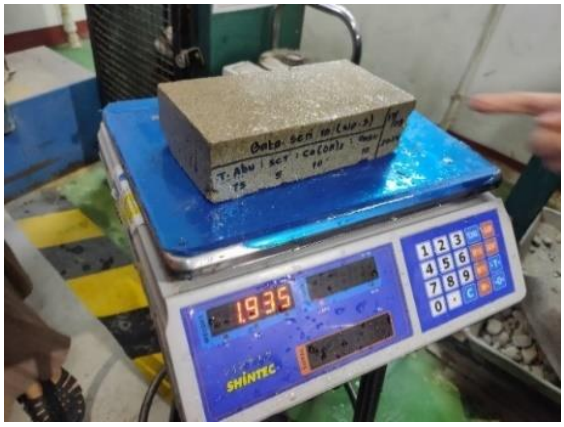
Berdasarkan hasil yang diperoleh, bahwa nilai hasil uji daya serap BT3B dengan campuran SCT dan $Ca(OH)_2$ berada diatas 1,20 gr/cm^3, yang berarti memenuhi syarat standar SNI 15-2094-2000 tentang bata bakar.

4.2.3 Penyerapan Air (*Water Absorption*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata dalam menyerap air pada masing-masing variasi persentase SCT dan $Ca(OH)_2$ dengan cara merendam sampel hingga tenggelam pada suatu wadah berisi air selama 24 jam yang kemudian akan dioven kembali selama 24 jam pada suhu 100-110^{o}C. Penetuan daya serap air pada bata dapat diperoleh dengan Pers. 2.3:



Gambar 4.12: Proses perendaman.



Gambar 4.13: Proses penimbanagn setelah perendaman.



Gambar 4.14: Proses pengovenan.

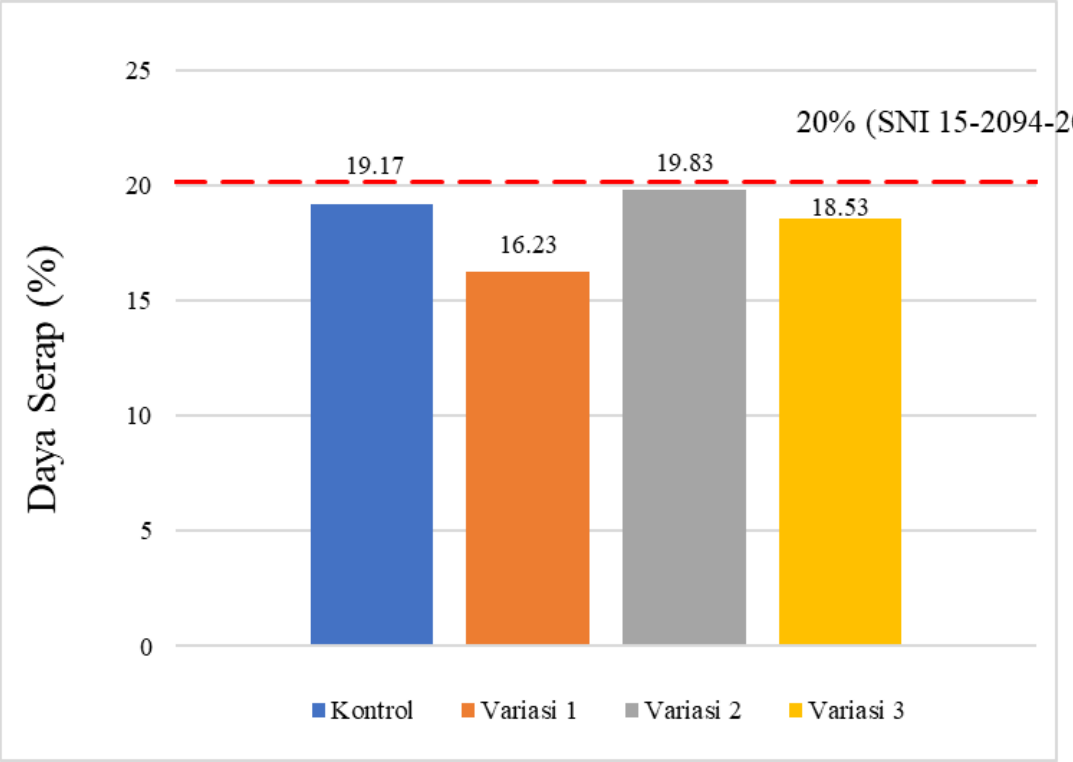


Gambar 4.15: Proses penimbangan akhir.

Hasil pengujian daya serap air pada BT3B yang telah di rendam dan dioven masing-masing selama 24 jam dari seluruh sampel yang digunakan yaitu:

Tabel 4.4: Hasil uji penyerapan air bata tanpa bakar.

Variasi	Jumlah Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air	Rata - Rata
		W_W (gr)	W_D (gr)	D_S (%)	
Kontrol	1	1920	1535	25.08	19.17
	2	1890	1615	17.03	
	3	1910	1655	15.41	
1	1	1900	1550	22.58	16.23
	2	1645	1475	11.53	
	3	1925	1680	14.58	
2	1	1850	1580	17.09	19.83
	2	1930	1575	22.54	
	3	1900	1585	19.87	
3	1	1935	1585	22.08	18.53
	2	1925	1600	20.31	
	3	1800	1590	13.21	



Gambar 4.16: Grafik uji penyerapan air bata tanpa bakar.

Bata merupakan material yang bersifat higrokopis yang artinya mudah menyerap air. Bata yang berkualitas tinggi akan memiliki daya serap yang rendah terhadap air dan kelembapan. Umumnya bata dianggap baik bila memliki daya serap air kurang dari 20%.

Dari hasil penelitian, nilai rata-rata daya serap yang diperoleh dari, masing-masing 4 variasi campuran adalah bata kontrol (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 15%) pada umur 28 hari dengan nilai 19,17%. Sedangkan hasil dari bata variasi 1 (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%, SCT 5%, $Ca(OH)_2$ 5%) memiliki daya serap rata-rata sebesar 16,23%, pada variasi 2 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 10%, $Ca(OH)_2$ 5%) memiliki daya serap rata-rata sebesar 19,83%, dan pada variasi 3 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 5%, $Ca(OH)_2$ 10%) memiliki daya serap rata-rata sebesar 18,53%. Berdasarkan SNI penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%, yang berarti daya serap pada sampel tidak membahayakan karena masih dibawah 20%.

4.2.4 Kadar Garam (*Efflorescense*)

Pelapukan yang disebabkan oleh garam-garam yang larut akan mengakibatkan ikatan pada tembok tidak baik antara bata dengan adukan perekat,. Selain itu daya tahan akan menjadi rendah untuk tembok bata, sehingga akan membahayakan bagi konstruksi tembok penahan beban maupun yang tidak menahan beban. Disamping itu pelapukan yang diakibatkan oleh garam akan mengakibatkan ikatan yang buruk antara plesteran dan tembok dibelakangnya. Berikut merupakan proses dari pengujian kadar garam:



Gambar 4.17: Proses perendaman sampel.



Gambar 4.18: Tampak setelah 7 hari perendaman.



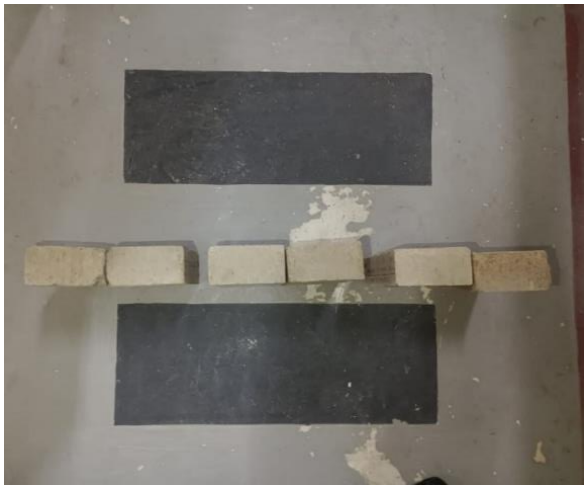
Gambar 4.19: Proses pengovenan.



Gambar 4.20: Tampak depan sejauh 10 ft.



Gambar 4.21: Tampak depan sejauh 2 ft.



Gambar 4.22: Tampak atas sejauh 2 ft.

Dapat dilihat dari gambar diatas proses pengujian kadar garam BT3B ini cukup sederhana. Dalam standart SNI 15-2094-2000 terdapat beberapa kategori untuk kadar garam yang larut dan membahayakan yaitu,

1. Tidak Membahayakan

   Bila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih, karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut.

2. Ada Kemungkinan Membahayakan

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

3. Membahayakan

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

Pengujian ini dilakukan secara visual (penglihatan) berdasarkan standart ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"*, sehingga asumsi setiap orang akan berbeda didalam menentukan jumlah butiran atau kristal yang terdapat pada bata tersebut. Dapat dilihat hasil pengujian kadar garam pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5: Hasil uji kadar garam.

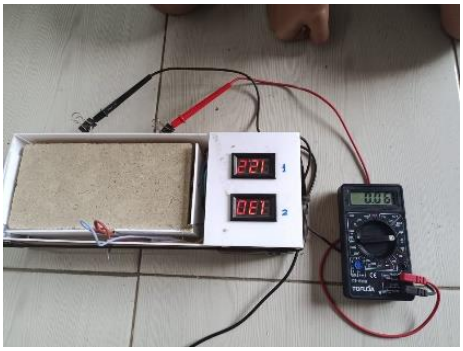
Variasi	Jumlah Sampel	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
		3 meter (10 feet) Tampak Depan		0,61 meter (2 feet) Tampak Depan		0,61 meter (2 feet) Tampak Atas	
Kontrol	1	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	2	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	3	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
1	1	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	2	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	3	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
2	1	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	2	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	3	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
3	1	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	2	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*
	3	*Tidak*	*Tidak*	*Iya*	*Iya*	*Iya*	*Iya*

Dari Tabel tersebut menyatakan, bahwa hasil pengujian kadar garam pada tampak 10 ft tidak terdapat kemekaran atau efflorescence pada bata, namun telihat sedikit efflorescence pada jarak 2 ft pada bata. Sehingga, berdasarkan SNI 15-2094-2000 dapat dikatakan bahwa kadar garam pada bata adalah < 50% yang berarti tidak membahayakan. Sedangkan berdasarkan ASTM C67 (U.S.) ASTM C67 - *"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"* sampel tidak terdapat kadar kadar atau 0% kadar garam.

4.2.5 Konduktivitas Termal (*Thermal Conductivity*)

Pengujian ini merupakan pengujian untuk mengukur kemampuan material dalam menghantarkan panas, material yang memiliki konduktivitas rendah mempunyai isolator yang baik. Sebaliknya material yang mempunyai nilai konduktivitas tinggi merupakan material penghantar panas yang baik.

Pada pengujian ini diperlukana beberapa parameter yang diukur untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas dari sampel BT3B dengan menggunakan Pers. 2.4. Dengan menggunakan metode Guarder Hot Plate (GHP), di dalam penelitian ini menggunakan 3 sampel pada setiap variasinya. Dapat dilihat hasil pada Gambar 4.24 dan Tabel 4.6 dibawah ini:

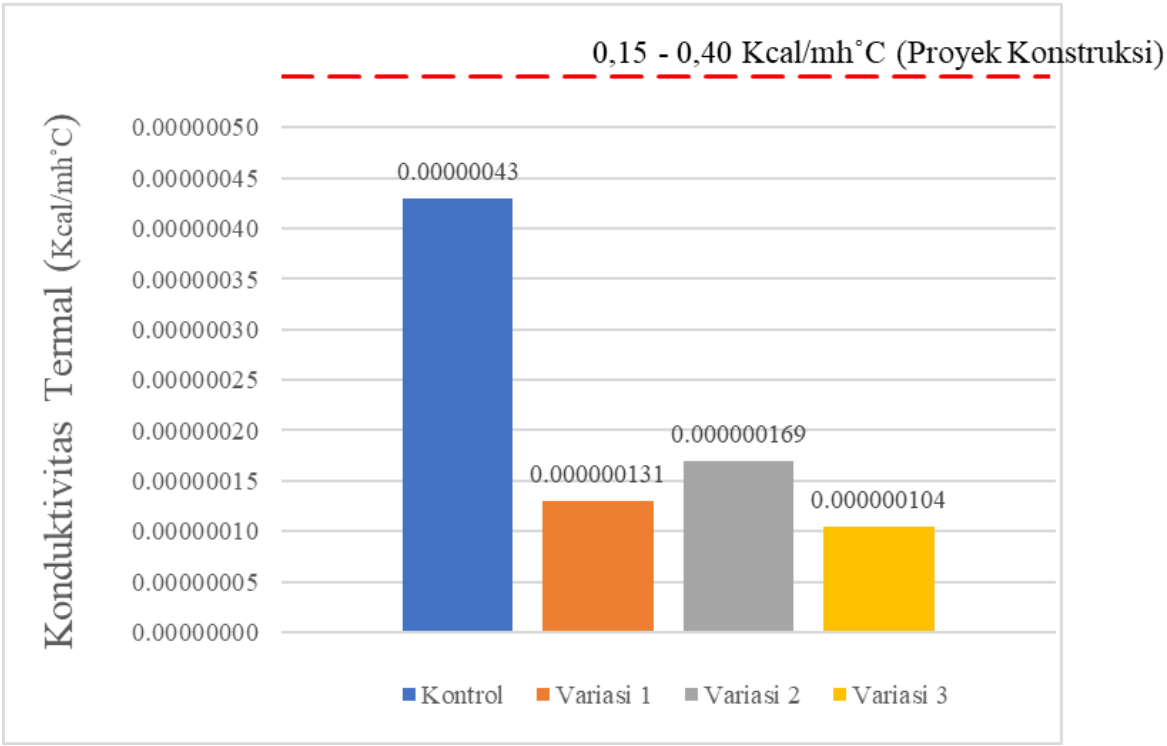


(a)



(b)

Gambar 4.23: (a) dan (b) Proses pengujian konduktivitas termal.



Gambar 4.24: Grafik pengujian konduktivitas termal.

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Konduktivitas Termal.

Variasi	Jumlah Sampel	Waktu (t)	Tegangan Masuk (V)	Tegangan Keluar (V)	Arus (A) I	Tebal Material (Δx) (m)	Suhu Sebelum Uji T_1 C°	Suhu Setelah Uji T_2 C°	Perubahan Suhu (ΔT) C°	Luas Penampang (A) (m2)	Laju Perpindahan Kalor (q)	Thermal Conductivity λ Kcal/mh°C	Rata-Rata	Rata-Rata
Kontrol	1	5 menit	12.2	1.07	0.01	0.048	28.6	28.7	0.1	0.0198	0.00000001	0.00000026	0.00000015	0.00000043
		10 menit	12.2	0.81	0.02	0.048	28.7	28.8	0.1	0.0198	0.00000002	0.00000039		
		15 menit	12.2	0.71	0.01	0.048	28.8	29.0	0.2	0.0198	0.00000001	0.00000009		
		20 menit	12.2	0.71	0.01	0.048	29.0	29.2	0.2	0.0198	0.00000001	0.00000009		
		25 menit	12.2	0.71	0.03	0.048	29.2	29.5	0.3	0.0198	0.00000002	0.00000017		
		30 menit	12.2	0.62	0.01	0.048	29.5	29.8	0.3	0.0198	0.00000001	0.00000005		
		35 menit	12.2	0.49	0.02	0.048	29.8	30.1	0.3	0.0198	0.00000001	0.00000008		
		40 menit	12.2	0.52	0.01	0.048	30.1	30.4	0.3	0.0198	0.00000001	0.00000004		
	2	5 menit	12.2	1.17	0.02	0.049	29.0	29.3	0.3	0.0198	0.00000002	0.00000019	0.00000026	
		10 menit	12.2	0.85	0.01	0.049	29.3	29.4	0.1	0.0198	0.00000001	0.00000021		
		15 menit	12.2	1.11	0.01	0.049	29.4	29.6	0.2	0.0198	0.00000001	0.00000014		
		20 menit	12.2	0.84	0.03	0.049	29.6	29.7	0.1	0.0198	0.00000003	0.00000062		
		25 menit	12.2	0.78	0.04	0.049	29.7	30.0	0.3	0.0198	0.00000003	0.00000026		
		30 menit	12.2	0.85	0.01	0.049	30	30.3	0.3	0.0198	0.00000001	0.00000007		
		35 menit	12.2	0.88	0.04	0.049	30.3	30.5	0.2	0.0198	0.00000004	0.00000044		
		40 menit	12.2	0.75	0.02	0.049	30.5	30.8	0.3	0.0198	0.00000002	0.00000012		
	3	5 menit	12.2	1.37	0.02	0.048	28.8	29.1	0.3	0.0199	0.00000003	0.00000022	0.00000089	
		10 menit	12.2	1.3	0.06	0.048	29.1	29.3	0.2	0.0199	0.00000008	0.00000094		
		15 menit	12.2	1.11	0.21	0.048	29.3	29.5	0.2	0.0199	0.00000023	0.00000281		
		20 menit	12.2	1.01	0.09	0.048	29.5	29.7	0.2	0.0199	0.00000009	0.00000110		
		25 menit	12.2	0.94	0.10	0.048	29.7	30.0	0.3	0.0199	0.00000009	0.00000076		
		30 menit	12.2	0.88	0.09	0.048	30	30.3	0.3	0.0199	0.00000008	0.00000064		
		35 menit	12.2	0.91	0.05	0.048	30.3	30.6	0.3	0.0199	0.00000005	0.00000037		
		40 menit	12.2	0.78	0.07	0.048	30.6	31.1	0.5	0.0199	0.00000005	0.00000026		

Tabel 4.6: *Lanjutan*.

1	1	5 menit	12.2	0.35	0.02	0.051	28.2	28.4	0.2	0.02	0.000000007	0.000000089	0.000000138	0.000000131
		10 menit	12.2	0.35	0.03	0.051	28.4	28.6	0.2	0.02	0.000000011	0.000000134		
		15 menit	12.2	0.39	0.04	0.051	28.6	28.7	0.1	0.02	0.000000016	0.000000398		
		20 menit	12.2	0.29	0.01	0.051	28.7	28.9	0.2	0.02	0.000000003	0.000000037		
		25 menit	12.2	0.29	0.05	0.051	28.9	29.1	0.2	0.02	0.000000015	0.000000185		
		30 menit	12.2	0.32	0.02	0.051	29.1	29.4	0.3	0.02	0.000000006	0.000000054		
		35 menit	12.2	0.32	0.02	0.051	29.4	29.6	0.2	0.02	0.000000006	0.000000082		
		40 menit	12.2	0.32	0.03	0.051	29.6	29.8	0.2	0.02	0.000000010	0.000000122		
	2	5 menit	12.2	0.45	0.02	0.048	28.7	28.8	0.1	0.0199	0.000000009	0.000000217	0.000000149	
		10 menit	12.2	0.58	0.01	0.048	28.8	29.0	0.2	0.0199	0.000000006	0.000000070		
		15 menit	12.2	0.58	0.03	0.048	29.0	29.1	0.1	0.0199	0.000000017	0.000000420		
		20 menit	12.2	0.55	0.02	0.048	29.1	29.4	0.3	0.0199	0.000000011	0.000000088		
		25 menit	12.2	0.55	0.01	0.048	29.4	29.6	0.2	0.0199	0.000000006	0.000000066		
		30 menit	12.2	0.49	0.03	0.048	29.6	29.8	0.2	0.0199	0.000000015	0.000000177		
		35 menit	12.2	0.42	0.03	0.048	29.8	30.1	0.3	0.0199	0.000000013	0.000000101		
		40 menit	12.2	0.42	0.01	0.048	30.1	30.3	0.2	0.0199	0.000000004	0.000000051		
	3	5 menit	12.2	0.42	0.02	0.049	29.7	30.0	0.3	0.02	0.000000008	0.000000069	0.000000106	
		10 menit	12.2	0.42	0.04	0.049	30.0	30.3	0.3	0.02	0.000000017	0.000000137		
		15 menit	12.2	0.42	0.01	0.049	30.3	30.4	0.1	0.02	0.000000004	0.000000103		
		20 menit	12.2	0.32	0.02	0.049	30.4	30.6	0.2	0.02	0.000000006	0.000000078		
		25 menit	12.2	0.45	0.03	0.049	30.6	30.9	0.3	0.02	0.000000014	0.000000110		
		30 menit	12.2	0.35	0.03	0.049	30.9	31.2	0.3	0.02	0.000000011	0.000000086		
		35 menit	12.2	0.39	0.02	0.049	31.2	31.4	0.2	0.02	0.000000008	0.000000096		
		40 menit	12.2	0.45	0.03	0.049	31.4	31.6	0.2	0.02	0.000000014	0.000000165		

Tabel 4.6: *Lanjutan*.

3	1	5 menit	12.2	0.45	0.05	0.05	27.6	27.8	0.2	0.02	0.000000023	0.000000281	0.000000107	0.000000104
		10 menit	12.2	0.49	0.02	0.05	27.8	28.0	0.2	0.02	0.000000010	0.000000123		
		15 menit	12.2	0.45	0.02	0.05	28.0	28.2	0.2	0.02	0.000000009	0.000000113		
		20 menit	12.2	0.39	0.01	0.05	28.2	28.5	0.3	0.02	0.000000004	0.000000032		
		25 menit	12.2	0.42	0.02	0.05	28.5	28.7	0.2	0.02	0.000000008	0.000000105		
		30 menit	12.2	0.35	0.04	0.05	28.7	29.1	0.4	0.02	0.000000014	0.000000087		
		35 menit	12.2	0.39	0.02	0.05	29.1	29.4	0.3	0.02	0.000000008	0.000000065		
		40 menit	12.2	0.39	0.01	0.05	29.4	29.6	0.2	0.02	0.000000004	0.000000049		
	2	5 menit	12.2	0.42	0.02	0.051	30.0	30.2	0.2	0.0199	0.000000008	0.000000108	0.000000154	
		10 menit	12.2	0.45	0.01	0.051	30.2	30.5	0.3	0.0199	0.000000005	0.000000038		
		15 menit	12.2	0.52	0.03	0.051	30.5	30.6	0.1	0.0199	0.000000016	0.000000400		
		20 menit	12.2	0.45	0.01	0.051	30.6	30.8	0.2	0.0199	0.000000005	0.000000058		
		25 menit	12.2	0.32	0.02	0.051	30.8	31.1	0.3	0.0199	0.000000006	0.000000055		
		30 menit	12.2	0.35	0.02	0.051	31.1	31.3	0.2	0.0199	0.000000007	0.000000090		
		35 menit	12.2	0.42	0.02	0.051	31.3	31.4	0.1	0.0199	0.000000008	0.000000215		
		40 menit	12.2	0.35	0.03	0.051	31.4	31.5	0.1	0.0199	0.000000011	0.000000269		
	3	5 menit	12.2	0.29	0.02	0.048	27.2	27.5	0.3	0.0199	0.000000006	0.000000047	0.000000052	
		10 menit	12.2	0.29	0.01	0.048	27.5	27.7	0.2	0.0199	0.000000003	0.000000035		
		15 menit	12.2	0.29	0.04	0.048	27.7	28.0	0.3	0.0199	0.000000012	0.000000093		
		20 menit	12.2	0.29	0.02	0.048	28.0	28.3	0.3	0.0199	0.000000006	0.000000047		
		25 menit	12.2	0.32	0.01	0.048	28.3	28.6	0.3	0.0199	0.000000003	0.000000026		
		30 menit	12.2	0.29	0.02	0.048	28.6	28.9	0.3	0.0199	0.000000006	0.000000047		
		35 menit	12.2	0.29	0.03	0.048	28.9	29.2	0.3	0.0199	0.000000009	0.000000070		
		40 menit	12.2	0.22	0.03	0.048	29.2	29.5	0.3	0.0199	0.000000007	0.000000053		

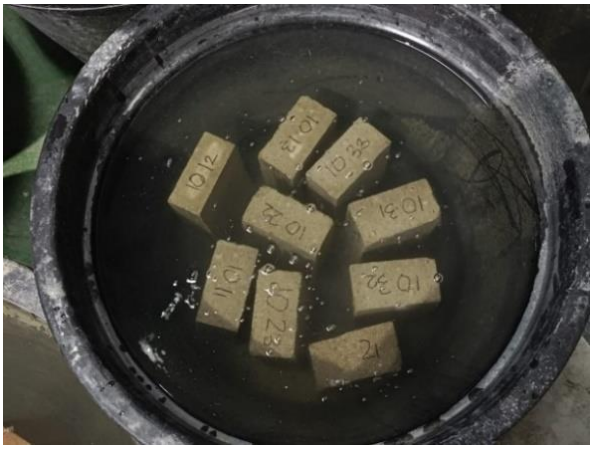
Pada hasil tersebut menjelaskan bahwa pada variasi kontrol dengan campuran (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%) mendapat nilai konduktivitas paling tinggi dengan nilai 0,00000043 Kcal/mh˚C, sedangkan nilai konduktivitas paling kecil terdapat pada sampel variasi 3 dengan campuran (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 5%, dan $Ca(OH)_2$ 10%) yaitu dengan nilai 0,000000104 Kcal/mh˚C. Pada variasi 1 (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%, SCT 5%, dan $Ca(OH)_2$ 5%) mendapatkan nilai konduktivitas sebesar 0,000000131 Kcal/mh˚C dan pada variasi 2 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 10%, dan $Ca(OH)_2$ 5%) mengalami kenaikan nilai konduktivitas yaitu sebesar 0,000000169 Kcal/mh˚C.

Berdasarkan hasil dari grafik, penambahan SCT dan $Ca(OH)_2$ dapat menurunkan nilai konduktivitas pada BT3B. Namun, dengan terlalu banyaknya penambahan SCT pada BT3B dapat meningkatkan kembali nilai konduktivitasnya, sebaliknya jika persentase $Ca(OH)_2$ yang lebih ditingkatkan dapat mengurangi lebih banyak nilai konduktivitas pada BT3B.

Salah satu faktor yang mempengaruhi konduktivitas panas suatu material adalah porositas dan kepadatan material tersebut. Apabila pori-pori bahan semakin banyak maka konduktivitas panasnya makin kecil. Penggunaan SCT yang mempunyai karakteristik halus tentunya akan menimbulkan sedikit porositas. Dengan penambahan SCT yang terlalu banyak pada pembuatan bata akan menyebabkan tertutupnya pori-pori pada bata yang akan mengakibatkan tegangan yang dikeluarkan pada saat pengujian itu hasilnya kecil, yang dimana faktor kepadatan dari material menyebabkan hambatan yang dihasilkan itu besar, sehingga dapat meningkatkan nilai konduktivitas pada bata itu sendiri.

4.2.6 Uji Daya Tahan (*Durability Test*)

Pengujian ini merupakan pengujian untuk mengukur suatu kemampuan dalam daya tahan dari material seperti bata. Pada pengujian ini parameter yang diukur untuk mendapatkan nilai daya tahan dari sampel BT3B menggunakan Pers. 2.5. Dengan menggunakan metode 12 kali pengulangan pengovenan dan perendaman masing-masing 24 jam, di dalam penelitian ini menggunakan 3 sampel pada setiap variasinya.



Gambar 4.25: Proses perendaman.



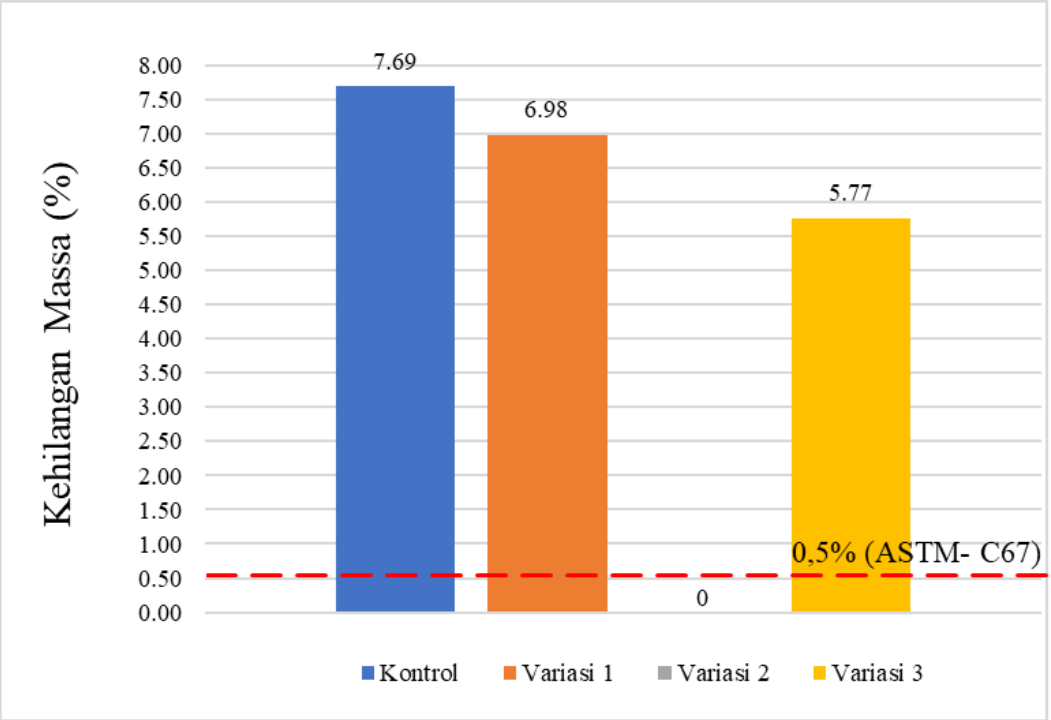
Gambar 4.26: Proses pengovenan.



Gambar 4.27: Proses penimbangan.

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Daya Tahan.

Variasi	Jumlah Sampel	Berat Benda Uji													Kehilangan Massa	Rata-Rata
		Berat Awal Bata	Berat Setiap Benda Uji											Berat Akhir Bata		
		W_0 (gr)	W_1 (gr)	W_2 (gr)	W_3 (gr)	W_4 (gr)	W_5 (gr)	W_6 (gr)	W_7 (gr)	W_8 (gr)	W_9 (gr)	W_{10} (gr)	W_{11} (gr)	W_{12} (gr)	(%)	
Abu	1	1675	1685	1595	1675	1630	1600	1570	1570	1585	1595	1590	1525	1540	8.06	7.69
	2	1640	1635	1535	1515	1560	1580	1560	1585	1530	1585	1540	1515	1525	7.01	
	3	1690	1685	1625	1555	1600	1585	1585	1625	1625	1605	1590	1550	1555	7.99	
1	1	1580	1550	1495	1805	1555	1525	1510	1505	1495	1495	1515	1495	1480	6.33	6.98
	2	1340	1475	1505	1610	1275	1565	1270	1265	1255	1250	1260	1260	1240	7.46	
	3	1610	1680	1510	1850	1545	1520	1520	1520	1515	1535	1515	1510	1495	7.14	
2	1	1570	1580	1390	1340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1585	1575	1515	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	1570	1585	1565	1700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	1615	1585	1625	1835	1600	1605	1565	1560	1555	1540	1545	1545	1530	5.26	5.77
	2	1625	1600	1555	1815	1615	1600	1565	1550	1550	1535	1545	1540	1530	5.85	
	3	1615	1590	1540	1825	1580	1645	1545	1545	1540	1525	1530	1530	1515	6.19	



Gambar 4.28: Grafik pengujian daya tahan bata.

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.28, hasil tersebut menjelaskan, bahwa pada variasi kontrol dengan campuran (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%) mendapat nilai daya tahan paling tinggi dengan nilai 7,69%,. Pada variasi 1 (tanah lanau 75%, pasir 10%, semen 5%, SCT 5%, dan $Ca(OH)_2$ 5%) mendapatkan nilai daya tahan sebesar 6,98% dan pada variasi 2 (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 10%, dan $Ca(OH)_2$ 5%) mengalami kehancuran material pada saat perendaman di pengulangan ke - 4. Sedangkan nilai daya tahan pada sampel variasi 3 dengan campuran (tanah lanau 75%, pasir 10%, SCT 5%, dan $Ca(OH)_2$ 10%) yaitu dengan nilai 5,77%.

Berdasarkan hasil dari grafik, penambahan SCT yang terlalu banyak dapat menurunkan nilai daya tahan dari BT3B, dimana partikel dari SCT yang halus menyebabkan peningkatan rongga udara (porositas) dalam campuran, sehingga bata dengan porositas tinggi cenderung menyerap lebih banyak air dan peningkatan penyerapan air tersebut lah yang dapat mengurangi kekuatan bata, terutama pada kondisi basah, dan membuatnya lebih rentan terhadap kerusakan. Selain itu Cangkang telur sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat (CaCO3) yang sifat reaktivitasnya tidak sama persis dengan semen yang memiliki ikatan yang tinggi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Penambahan serbuk cangkang telur (SCT) pada bata tekan tanpa bakar (BT3B) berbasis tanah lanau menunjukkan pengaruh pada kekuatan tekan dan daya serap air:
   - Peningkatan konsentrasi dari serbuk cangkang telur cenderung menurunkan kekuatan tekan bata. Dimana, semua variasi yang mengandung SCT memiliki kekuatan tekan di bawah 5 MPa, yang artinya tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000. Hal ini disebabkan karena cangkang telur yang merupakan sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat yang menunjukkan sifat reaktivitas yang tidak sebanding dengan semen, sehingga tidak dapat memberikan kontribusi positif pada kekuatan tekan bata.
   - Pada daya serap air BT3B, peningkatan konsentrasi SCT cenderung meningkatkan daya serap air. Hal ini disebabkan karena penambahan SCT yang terlalu banyak dapat meningkatkan rongga udara (porositas) dalam campuran, sehingga bata menyerap lebih banyak air. Meskipun demikian, semua variasi dengan campuran SCT masih memenuhi standar SNI 15-2094-2000 karena daya serap airnya kurang dari 20%.
2. Penambahan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) pada konsentrasi yang lebih tinggi dalam kombinasi dengan SCT tidak menunjukkan peningkatan stabilisasi sifat mekanik pada kekuatan tekan dan daya tahan pada BT3B, justru malah cenderung menurunkannya. Hal tersebut terlihat dari peningkatan $Ca(OH)_2$ dari 5% menjadi 10% seperti pada BT3B pada variasi

1 dan 3 yang menyebabkan penurunan kekuatan tekan bata serta daya tahannya.

3. Kombinasi serbuk cangkang telur (SCT) dan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) berdampak signifikan pada kualitas BT3B, namun cenderung negatif jika dibandingkan dengan bata semen. Seperti peningkatan SCT maupun $Ca(OH)_2$ secara individual cenderung menurunkan kekuatan tekan. Meskipun variasi memenuhi standar daya serap air (<20%), peningkatan proporsi SCT atau $Ca(OH)_2$ cenderung meningkatkan daya serap air yang kurang ideal, seta penambahan SCT yang berlebihan dan peningkatan konsentrasi $Ca(OH)_2$ juga berdampak negatif pada daya tahan.

5.2 Saran

1. Studi lebih lanjut jika ingin memakai serbuk cangkang telur maupun $Ca(OH)_2$, agar memperhatikan persentase bahan tambahan campuran karena mempengaruhi sifat mekanik bata terutama kuat tekan, daya tahan, dan daya serap air.
2. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui ambang batas penambahan serbuk cangkang telur maupun $Ca(OH)_2$, pada campuran batu bata untuk mengetahui hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Afni, N., Dhevy, S. D., Winarno, A., Oktaviani, R., & Nugroho, W. (2022). *Analisis Pengaruh Ph Air Terhadap Ketahanan Batulempung Dengan Pengujian Durability Lokasi Pt. Rci, Samarinda, Kalimantan Timur*. *2*(8), 711–717.

Alfa, A., Gasali, M., & Yanto, R. (2016). Analisa Perbandingan Kuat Desak Batu Bata. *Selodang Mayang*, *2*(2), 103–108.

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.

Bali, Y., Kriker, A., Abimouloud, Y., & Bouzouaid, S. (2024). Improving thermal insulation of fired earth bricks with alfa plant and glass powder additives: Effects on thermo-physical and mechanical properties. *Case Studies in Thermal Engineering*, *53*(July 2023), 103778.

Bella, R. A., Utomo, S., Bunganaen, W., & Pah, J. J. S. (2020). Pengaruh Faktor Air-Semen Pada Bata Ringan Jenis CLC dengan Substitusi Tanah Putih. *Jurnal Teknik Sipil*, *IX*(2), 315–322.

D. Margareta, Apriani, I., & Sutrisno, H. (2021). Kajian Mekanik Batu Bata Dengan Metode Pembakaran Dan Tanpa Dibakar Menggunakan Limbah Lumpur Pdam. *JURLIS: Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura*, *2*(2), 71–80.

Daniswara, & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi*, *20*(1), 95–102.

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

Elavarasan, S., Priya, A. K., Elango, K. S., & Shahithya, S. (2023). A review on addition of egg shell powder to CSEB blocks. *Materials Today: Proceedings*, *xxxx*, 3–6.

Elianora. (2010). Variasi Tanah Lempung, Tanah Lanau Dan PasirSebagai Bahan Campuran Batu Bata. *Jurnal Teknobiologi*, *2*(2), 34–46.

Eva Indriani Sanggalangi, Shalaho Dina Devy, & Windhu Nugroho. (2022). Analisis Pengaruh Number of Cycles Terhadap Pengujian Durabilitas Batulanau di Sidomulyo Samarinda. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 157–162.

Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E. N., & Ariesta, H. (2019). Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode Uscs (Meurandeh Kota Langsa). *Jurnal Ilmiah Jurutera*, *6*(2), 005–013.

Fariz Prasaja, F. (2024). *Pengaruh Suhu Sintesis Terhadap Kemurnian Hidroksiapatit Berdasar Cangkang Telur Ayam Ras Dengan Metode Sol – Gel*. *13*(01), 07–14.

Fitri Herlina, Elhusna, M. I. (2015). *Pengaruh Penambahan Pasir Sungai Pada Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Dan Penyusutan Di Talang Kering Kota Bengkulu*. *7*(April), 15–22.

Fitriani, R. (2022). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Semen Portland pada Batu Bata Tanpa Pembakaran terhadap Sifat Fisis dan Mekanik. *הארץ*, *1*(8.5.2017), 2003–2005.

Frapanti, S., Efrida, R., Dewi, I., Asfiati, S., & Riza, F. V. (2023). Analisis Standar Mutu Batu Bata Merah Tradisional Di Deli Serdang Dengan Indikator SNI 15-2094-2000. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, *13*(1), 163.

Frapanti, S., Vanny Riza, F., Zulkarnain, F., & Rudi Nasution, A. (2024). *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun Analysis of Making Bricks Without Burning From Bagasse Ash Agricultural Waste To Reduce Air Pollution*. *10*(01), 10–19.

Girsang, E. Y. (2022). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung. *Info-Teknik*, *23*(1), 1.

Goritman, B., Irwangsa, R., & Kusuma, J. H. (2012). Studi Kasus Perbandingan Berbagai Bata Ringan dari Segi Material, Biaya, dan Produktivitas. *Pratama Teknik Sipil*, *Clc*, 1–8.

Halim, A., Cakrawala, M., & Fuhaid, N. (2017). Penambahan Caco 3, Cao Dan Caoh 2 Pada Lumpur Lapindo Agar Berfungsi Sebagai Bahan Pengikat. *Prosiding SENTIA*, *9*, 29–34.

Harnadi, I. T. (2022). Pembuatan Batu Bata Merah Tanpa Bakar Dengan Campuran Sludge (Limbah Padat). *Jurnal Sipil Sains*, *12*(2), 132–134.

Hasanah, M. S., Yushardi, Y., & Lesmono, A. D. (2021). Uji Kuat Tekan Daya Serap Air Dan Massa Jenis Batu Bata Merah Berbahan Tambahan Abu Kulit Dan Janggel Jagung Di Wuluhan Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, *10*(2), 41.

Havid, Muhammad ; Efendi, A. ; B. (2019). Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Kejuruan (JIPTEK). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Kejuruan*, *12*(1), 56–64.

Hutabarat, R., Gandi, S., & Yani, M. I. (2021). *Pengaruh Penambahan Pasir Pantai Dan Serbuk Batu Bata Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung*. *4*(C), 9.

Jannat, N., Latif Al-Mufti, R., & Hussien, A. (2022). Eggshell and Walnut Shell in Unburnt Clay Blocks. *CivilEng*, *3*(2), 263–276.

Kurniaty, D. R. (2010). Bata Ekspos Sebagai Sebagai Alternatif Material Dinding Untuk Rancangan Bangunan. *Jurnal Ruang*, *2*(2), 48.

Malkanthi, S. N., Balthazaar, N., & Perera, A. A. D. A. J. (2020). Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt. *Case Studies in Construction Materials*, *12*, e00326. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00326.

Marasabessy, M. J., Latar, S., Istia, P. T., & Ambon, P. N. (2024). *Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Dan Semen Pada Ruas Jalan Dusun Ory – Namaa Kecamatan*. *8*(7), 766–783.

Masdiana. (2019). *Studi Perilaku Tekan Batu Bata Tanpa Bakar*. *April 2020*, 316–322.

Moses Kuma, M., Dongmo, K., Francois, N., Nelson Alakeh, M., Bertille Eulalie, M., & Emmanuel, andYamb. (2020). Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB) As Building Construction Elements. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE*, *17*(November), 42–48..

Paruthi, S., Khan, A. H., Kumar, A., Kumar, F., Hasan, M. A., Magbool, H. M., & Manzar, M. S. (2023). Sustainable cement replacement using waste eggshells: A review on mechanical properties of eggshell concrete and strength prediction using artificial neural network. *Case Studies in Construction Materials*, *18*(March), e02160.

Poerwodihardjo, & Istiningsih. (2015). Pembuatan Bahan Bangunan Bata Merah Secara Berkelanjutan Dengan Meminimalkan Kerusakan Lingkungan. *Teodolita*, *16*(2), 11–17.

Riza, F. V., Rahman, I. A., Mujahid, A., & Zaidi, A. (2010). A brief review of Compressed Stabilized Earth Brick (CSEB). *CSSR 2010 - 2010 International Conference on Science and Social Research*, *January*, 999–1004..

Sambo, W., Kurihara, R., Kien, B. N., Meawad, A., Nemaleu, J. G. D., & Noguchi, T. (2024). Soil cross breeding: Mechanical strength analysis of intermixed soils used as unfired earth brick. *Construction and Building Materials*, *449*(May), 138337.

Sathiparan, N. (2021). Utilization prospects of eggshell powder in sustainable construction material – A review. *Construction and Building Materials*, *293*, 123465.

Setiono, K., Christiono, N., & Hardjito, D. (2019). Effect of Partial Replacement of Fly Ash with Various Calcium Hydroxides on the Characteristics of 100% Fly Ash Mortar. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, *8*(1), 170–177.

Siswanto, B. (2019). Perbandingan Nilai Heat Transfer Pada Penambahan Material Composit Batu Bata Sebagai Upaya Efisiensi Energy Bangunan Gedung. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, *12*(2), 136.

SNI-15-2094. (2000). Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding. In *Badan Standar Nasional Indonesia* (pp. 11–22).

Suharjanto, G. (2011). Bahan Bangunan dalam Peradaban Manusia: Sebuah Tinjauan dalam Sejarah Peradaban Manusia. *Humaniora*, *2*(1), 814.

Tholabi, D. H., Murtopo, A., Agus, D. S., Firmansyah, D., Sipil, J. T., Teknik, F., Tidar, U., Utara, M., Tekan, K., Interlock, B. R., & Ringan, B. (2024). *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Bata Ringan Interlock Menggunakan Pasir Sungai*. *8*(1), 47–57.

Utari, R., Taer, E., & Sugianto. (2014). Penentuan Kualitas Batu Bata Merah Berdasarkan Konduktivitas Termal. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *Vol 1*, *No 2 (2014): Wisuda Oktober 2014*, 7.

Van Hoten, H., Gunawarman, Hari Mulyadi, I., Kurniawan Mainil, A., Bismantolo, P., & Nurbaiti. (2018). Karakterisasi Serbuk Nano Biokeramik Hasil Proses Ball Milling. *Seminar Nasional Sinergi 2018*, *6*, 1–6.

Wafa, S., Sulistyo, & Sulardjaka. (2023). Uji Efektifitas Cat Tembok Berbasis Material Limbah Cangkang Telur Ayam dan Kunyit. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, *11*(2), 33–38.

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.

Zhao, Y., Liu, Z., Zhu, J., Cui, Y., & Iqbal, B. (2024). The formation of CaCO3-based binder by carbonating high-dosage Ca(OH)2 + slag + NaHCO3 (HCHSN) cement paste. *Journal of CO2 Utilization*, *89*(September), 102967.

LAMPIRAN



Gambar L-1: Pengambilan material.



Gambar L-2: Pasir.



Gambar L-3: Semen.



Gambar L-4: Serbuk cangkang telur (SCT).



Gambar L-5: Air.



Gambar L-6: Kalsium Hidroksida ($Ca(OH_2)$).



Gambar L-7: Proses penyaringan bahan.



Gambar L-8: Proses penimbangan bahan.



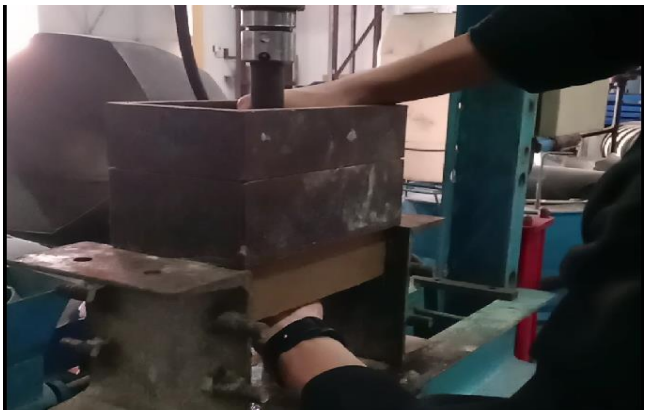
Gambar L-9: Pencampuran bahan.



Gambar L-10: Memasukkan campuran bata kedalam cetakan.



Gambar L-11: Proses pencetakan bata.



Gambar L-12: Proses pengeluaran bata dari cetakan.

Tabel L-1: Hasil pengujian analisa butiran tanah lanau.

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Berat Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Tanah yang Lolos Saringan
4	4750	24	2.4	2.4	97.6
10	2000	14	1.4	3.8	96.2
20	0.850	239	23.9	27.7	72.3
40	0.425	172	17.2	44.9	55.1
60	0.250	440	44	88.9	11.1
100	0.150	35	3.5	92.4	7.6
200	0.075	62	6.2	98.6	1.4
pan		14	1.4	100	0
Total		1000			

Tabel L-2: Hasil pengujian kadar air tanah lanau.

No.Cawan			I	II
Berat Cawan	(W1)	gr	9	9
Berat Cawan + Tanah Basah	(W2)	gr	60	59
Berat Cawan + Tanah Kering	(W3)	gr	48	51
Berat Air	Ww = W2-W3	gr	12	8
Beray Tanah Kering	Ws = W3-W1	gr	39	42
Kadar Air	W = Ww/Ws × 100	%	30.8	19
Rata-Rata	(W)	%	24.9	

Tabel L-3: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus.

Nomor Ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Total (gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
No.4 (4,75)	7	16	23	1.05	1.05	98.95
No.8 (2,36)	77	114	191	8.68	9.73	90.27
No.16 (1,18)	189	227	416	18.91	28.64	71.36
No.30 (0,6)	279	314	593	26.95	55.59	44.41
No.50 (0,30)	294	335	629	28.59	84.18	15.82
No.100 (0,15)	141	169	310	14.09	98.27	1.73
Pan	13	25	38	1.73	100.00	0.00
Total	1000	1200	2200	100		

Tabel L-4: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Pemerikasaan	Hasil Pengamatan			
	Rumus	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat Wadah	(W1)	gr	511	507
Berat Pasir Kering	(W2)	gr	500	500
Berat Pasir Setelah Dicuci dan Dioven	(W3)	gr	484	485
Berat Lumpur	(W4 = W3-W1)	gr	16	15
Kadar Lumpur	(W4/(W3×100%))	%	3,31	3,09
Kadar Lumpur Rata-Rata		%	3,21	

Tabel L-5: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Pemeriksaan	Rumus	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat Wadah	(W1)	gr	511	508
Berat Contoh SSD	(W2)	gr	6480	6928
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	(W3 = W1 + W2)	gr	6991	7436
Berat Contoh Kering Oven	(W4)	gr	6211	6504
Berat Air	(W5 = W2-W4)	gr	269	424
Kadar Air	(W5/(W4×100%))	%	4,33	6,52
Kadar Air Rata-Rata	((kadar air sampel 1 + kadar air sampel 2)/ 2)	%	5,43	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. IDENTITAS

Nama Lengkap	: Intan Mahfudza
Tempat/ Tanggal Lahir	: Kw. Begumit/ 20 Juli 2003
Alamat	: Jln. S. Parman Lingk. IV, Kw. Begumit, Kec. Binjai, Kab.Langkat
Agama	: Islam
Jenis Kelamin	: Perempuan

B. ORANG TUA

Nama Ayah	: Yetno Sobo
Nama Ibu	: Enny Andriawati
Pekerjaan Ayah	: Wirausaha
Alamat	: Jln. S. Parman Lingk. IV, Kw. Begumit, Kec. Binjai, Kab.Langkat
Agama	: Islam

C. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Tahun 2008 – 2009 : TK PAUD TERATAI
2. Tahun 2009 – 2015 : SDN 050578
3. Tahun 2015 – 2018 : SMP N 1 Binjai Kab. Langkat
4. Tahun 2018 – 2021 : SMA N 1 Binjai Kab. Langkat
5. Tahun 2021 – 2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara