

TUGAS AKHIR
DAYA TAHAN BATA TANPA BAKAR DENGAN BAHAN
TAMBAH ABU JERAMI
(studi penelitian)

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

Disusun Oleh:

PUTRI AISYAH HARAHAHAP
1907210043



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Putri Aisyah Harahap

NPM : 1907210043

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Daya tahan Bata tanpa Bakar dengan Bahan Tambah Abu Jerami

Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Putri Aisyah Harahap

NPM : 1907210043

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Daya tahan Bata tanpa Bakar dengan Bahan Tambah Abu Jerami

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan,

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II



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



Dr.Josef Hadipramana, S.T., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Aisyah Harahap
Tempat, Tanggal Lahir : Baganbatu, 13 Januari 2001
NPM : 1907210043
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Daya Tahan Bata tanpa Bakar dengan Bahan Tambah Abu Jerami Padi”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan nonmaterial 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 kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik Diprogram Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 Maret 2024

Saya yang menyatakan



Putri Aisyah Harahap

ABSTRAK

DAYA TAHAN BATA TANPA BAKAR DENGAN BAHAN TAMBAH ABU JERAMI PADI

Putri aisyah harahap

1907210043

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

Bata tanpa pembakaran merupakan alternatif pada proses produksi batu bata untuk mengurangi emisi gas karbon dioksida dikarenakan pencetakan dilakukan dengan sistem pres menggunakan pompa hidrolik bukan dengan dibakar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi optimal daya tahan bata tanpa bakar dengan bahan tambah abu jerami padi dan untuk mengetahui nilai mutu daya tahan bata dengan bahan tambah abu jerami padi tanpa proses pembakaran. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan perbandingan pada penelitian terdahulu dan metode eksperimen dengan pengujian berat jenis, daya serap air, kadar garam dan daya tahan bata. Pengujian dilakukan pada umur bata 28 hari dengan metode pengujian daya tahan bata berdasarkan syarat Standar Mutu ASTM D559. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai daya tahan bata tanpa bakar meningkat sebesar 29,3% untuk variasi semen merah AJP dan 16,3% untuk variasi kapur merah AJP. Nilai kadar garam bata yang diperoleh sebesar 0%. Rata-rata berat jenis bata tanpa bakar sebesar 1,44 kg/cm³ dengan komposisi pengikat (semen dan kapur), tanah, pasir dan abu jerami padi menggunakan perbandingan 1 : 8 : 8 : 2. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan abu jerami padi dapat meningkatkan nilai daya tahan bata dan memperlambat proses kehancuran bata.

Kata kunci: bata tanpa bakar, abu jerami padi, durabilitas

ABSTRACT

DURABILITY OF UNBURNT BRICKS WITH RICE STRAW ASH ADDITIVES

Putri aisyah harahap

1907210043

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

Unburned bricks are an alternative in the brick production process to reduce carbon dioxide gas emissions because the molding is done with a press system using a hydraulic pump instead of burning. This research was conducted to determine the optimal composition of the durability of unburned bricks with added ingredients of rice straw ash and to determine the quality value of durability of bricks with added ingredients of rice straw ash without burning process. This research used literature study method with comparison to previous research and experimental method by testing specific gravity, water absorption, salt content and durability of bricks. The test was conducted at the age of 28 days with the brick durability test method based on the requirements of ASTM D559 Quality Standard. From the results obtained, the durability value of unburned bricks increased by 29.3% for AJP red cement variation and 16.3% for AJP red lime variation. the value of brick salt content obtained is 0%. The average specific gravity of unburned bricks is 1.44 kg/cm³ with the composition of binder (cement and lime), soil, sand and rice straw ash using a ratio of 1 : 8 : 8 : 2. Based on these results, it can be concluded that the addition of rice straw ash can increase the durability value of bricks and slow down the process of brick destruction.

Keyword: Unburned bricks, Rice Straw Ash, Wetting And Drying Cycle

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Daya tahan Bata tanpa Bakar dengan Bahan Tambah Abu Jerami Padi” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen penguji 1 dan Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Josef hadipramana, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan koreksi dan saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
5. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil yang ikut andil dalam proses administrasi penelitian.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman mahasiswa/I Teknik Sipil 19, dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu serta telah menjadi motivator untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teristimewa sekali kepada dua orang paling berjasa dalam hidup saya, Ayah Hisar Matua Harahap dan Ibu Nairan. Terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan atas izin merantau dari kalian, serta pengorbanan, cinta, semangat, nasihat dan tanpa lelah mendukung segala keputusan dan pilihan dalam perjalanan hidup Saya. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan.
11. Untuk Putri Aisyah Harahap, Terima kasih sudah mau menurunkan ego dan memilih untuk kembali bangkit dan menyelesaikan semua ini. Terima kasih sudah banyak bertahan dalam menghadapi situasi apapun, tetap semangat dan jangan putus asa.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi 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.

Medan, 28 Februari 2024

Putri Aisyah Harahap

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bata Tanpa Bakar	5
2.2 Daya Tahan (Durabilitas)	8
2.3 Material Penyusun Bata	9
1. Abu Jerami	9
2. Semen Portland	11
3. Tanah liat	12
4. Pasir	14

5. Air	15
2.4 Syarat Mutu Bata	18
2.5 Pengujian Daya Tahan Bata	26
2.6 Proses Pembuatan Bata	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Bagan alir penelitian	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.4 Teknik Pengambilan Data	37
3.5 Metode Pengumpulan Data	39
3.6 Pengujian Bata	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus	43
4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus	43
4.2.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	44
4.2.3 Kadar Air Agregat Halus	45
4.3 Pemeriksaan Tanah	45
4.3.1 Uji Indeks Plastisitas Tanah Merah	45
4.3.2 Uji Kadar Air Tanah	47
4.3.3 Analisa Butiran Tanah Merah	47
4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Bata Tanpa Bakar	49
4.4.1 Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar	49
4.4.2 Berat Jenis Bata Tanpa Bakar	51
4.4.3 Kadar Garam Bata Tanpa Bakar	51
4.4.4 Sifat Tampak Bata Tanpa Bakar	52

4.4.5 Daya Tahan Bata Tanpa Bakar	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Penelitian terdahulu terhadap bata tanpa bakar.	7
Tabel 2.2: Komposisi kimia pada abu jerami (El-Sayed, 2006).	9
Tabel 2.3: Penelitian terdahulu terhadap abu jerami dalam bidang konstruksi.	10
Tabel 2.4: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran semen.	12
Tabel 2.5: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran tanah liat.	14
Tabel 2.6: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran pasir.	15
Tabel 2.7: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran air.	16
Tabel 2.8: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran kapur.	17
Tabel 2.9: Ukuran bata (SNI 15-2094-2000).	19
Tabel 2.10: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap berat jenis.	20
Tabel 2.11: Klasifikasi kuat tekan bata (SNI 15S-2094-2000).	22
Tabel 2.12: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap kuat tekan.	22
Tabel 2.13: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap daya serap air.	24
Tabel 2.14: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap kadar garam.	25
Tabel 2.15: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap daya tahan bata.	27
Tabel 3.1: Jadwal kegiatan.	31
Tabel 3.2: Kadar kimia dalam kapur.	35
Tabel 3.3: Kadar kimia dalam semen.	36
Tabel 3.4: Variasi Komposisi Bahan.	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 3.2: Cetakan Bata.	32
Gambar 3.3: Mesin Alat Cetak dengan Pompa Hidrolik.	32
Gambar 3.4: Timbangan digital.	32
Gambar 3.5: Saringan.	33
Gambar 3.6: Gelas Ukur.	33
Gambar 3.7: Penggaris.	33
Gambar 3.8: Ember.	34
Gambar 3.9: Sekop.	34
Gambar 4.1: Grafik analisa saringan agregat halus.	44
Gambar 4.2: Grafik plastisitas tanah Merah.	46
Gambar 4.3: Uji Indeks Plastisitas Tanah Merah.	47
Gambar 4.4: Grafik analisa butiran tanah Merah.	48
Gambar 4.5: Analisa Butiran Tanah Merah.	48
Gambar 4.6: Grafik penyerapan air bata tanpa bakar.	49
Gambar 4.7: Proses pengujian daya serap air.	50
Gambar 4.8: Grafik pengujian berat jenis bata.	51
Gambar 4.9: Proses pengujian kadar garam.	52
Gambar 4.10: Sifat tampak bata.	52
Gambar 4.11: Grafik pengujian daya tahan bata pada pengikat semen.	53
Gambar 4.12: Grafik pengujian daya tahan bata pada pengikat kapur.	54
Gambar 4.13: Proses uji daya tahan dengan metode drying dan wetting.	54

DAFTAR NOTASI

PI = Indeks plastisitas (%)

LL = Batas cair (%)

PL = Batas plastis (%)

V_{sch} = Volume batu bata (m^3)

P_{maks} = Maksimum besaran gaya tekan (kg)

A = Luas penampang (cm^2)

F = Kuat tekan benda uji (kg/cm^2)

C = Berat setelah direndam (gr)

b = Berat dalam air (gr)

Md = Berat kering (gr)

Ww = Berat normal (gr)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang dalam proses menjadi negara maju. Seiring dengan proses kemajuan tersebut, proses pembangunan disegala infrastruktur menjadi hal penting dan tidak ada hentinya. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan bahan bangunan meningkat. Sehingga permintaan akan bahan bangunan seperti bata juga semakin meningkat. Fungsi utama bata adalah sebagai elemen pengisi dinding maupun untuk elemen struktural seperti pondasi, dinding dan kolom. Meskipun saat ini sudah ada bahan alternatif pengganti bata merah, namun masyarakat Indonesia lebih identik menggunakan bata. Definisi bata menurut SNI 15-2094-2000 dan SII-0021-78 merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar dengan suhu cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur bila direndam dalam air.

Menurut Primayatma (1993), pada pembuatan bata tanpa pembakaran, proses produksi bukan dibakar melainkan hanya dikeringkan sehingga batu bata dapat kering secara perlahan. Ketentuan pengeringan dilakukan 2-3 hari pada suhu kamar lalu dilanjutkan 3-4 minggu dipelihara pada suhu lembab, terhindar dari hujan dan panas matahari. Pada penelitiannya tersebut dibuat bata tanpa pembakaran dengan menggunakan perekat semen dan memperoleh hasil bata merah yang mempunyai kuat tekan $\pm 28 \text{ kg/cm}^2$. Komposisi campuran yang digunakan yaitu tanah liat 60% + agregat 20% + semen 20%. Komposisi agregat yang digunakan mempunyai perbandingan pasir : abu gosok : serbuk paras adalah 1:1:1 (Sudarsana dkk., 2011).

Industri penghasil batu bata yang saat ini ada di kalangan masyarakat pembuatannya melalui proses pembakaran, tetapi cara pembuatan batu bata dengan pembakaran ini tidak baik untuk dilakukan, karena akan menghasilkan peningkatan gas karbon dioksida dalam jumlah yang besar. Gas karbon dioksida merupakan salah satu gas penyebab utama terjadinya masalah lingkungan, seperti: efek rumah kaca dan polusi udara. Apabila permintaan batu bata untuk proyek konstruksi

semakin meningkat, maka produksi gas karbon dioksida juga semakin meningkat, yang pada akhirnya akan menambah kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif proses produksi batu bata untuk mengurangi emisi gas karbon dioksida dengan cara membuat batu bata tanpa pembakaran.

Dalam penelitian ini digunakan abu jerami dengan penambahan zat additive (sikacim) sebagai substitusi parsial semen dalam campuran bata yang berguna sebagai zat yang dapat mengurangi penggunaan air dan mempercepat perkerasan dan diharapkan dapat meningkatkan mutu bata dan juga ramah lingkungan. Abu jerami berasal dari batang padi dan daun padi yang sudah tidak diperlukan lagi, kemudian ditumbuk halus dan dibakar. Jerami padi memiliki kandungan mineral yang sama dengan kandungan mineral pada semen. Kandungan silika yang diperoleh dari ekstraksi abu jerami sebesar 65,92 %.

Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan baku pembuatan bata yang dapat meningkatkan kualitas hasil produksi. Dengan menggunakan bahan yang terdapat di lingkungan yang selama ini hanya dianggap limbah, dan dengan teknologi sederhana yang mudah dipahami oleh masyarakat Indonesia.

Berdasarkan perihal tersebut, tentang “DAYA TAHAN BATA TANPA BAKAR DENGAN BAHAN TAMBAH ABU JERAMI” adalah untuk mengetahui proses penambahan abu jerami padi pada campuran bata, mengetahui dan menganalisa pengaruh penambahan abu jerami terhadap daya tahan bata serta memanfaatkan dan mendaur ulang jerami pada secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Apa pengaruh penambahan abu jerami padi terhadap daya tahan bata?
2. Bagaimana komposisi optimal daya tahan bata tanpa bakar dengan bahan tambah abu jerami?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan uraian pada rumusan masalah di atas, batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan tambahan yang digunakan sebagai campuran bata adalah abu jerami padi,
2. Pengujian hanya tertuju pada daya tahan bata tanpa pembakaran,
3. Bahan yang digunakan adalah tanah merah, pasir, semen, air dan abu jerami padi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian pada rumusan masalah di atas, tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui daya tahan bata dengan campuran abu jerami padi
2. Untuk mengetahui komposisi daya tahan maksimal bata tanpa bakar dengan abu jerami.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses penambahan abu jerami padi pada campuran bata, mengetahui dan menganalisa pengaruh penambahan abu jerami terhadap daya tahan bata serta memanfaatkan dan mendaur ulang jerami pada secara optimal.

1.6 Sistematika Pembahasan

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

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORI

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka terdahulu dan kerangka teori terkait dengan penelitian.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode penelitian yang digunakan peneliti tentang pendekatan penelitian, tempat dan waktu penelitian, metode pengambilan sampel, metode pengumpulan data dan analisa data.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian, pembahasan dan permasalahan selama penelitian.

BAB 5. KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bata Tanpa Bakar

Bata merupakan salah satu bahan terpenting dalam konstuktur suatu bangunan. Pada umumnya bata berbahan dasar tanah liat dengan tambahan bahan lain, dibakar pada suhu tinggi hingga bata tidak mudah hancur bila direndam dalam air. Awalnya tanah liat dibuat plastis dan dicetak dengan cetakan kayu atau baja. Bata hasil cetakan itu kemudian dikeringkan lalu dibakar pada suhu tinggi.

Bata merah adalah jenis material bahan bangunan yang bahan penyusun utamanya terbuat dari tanah liat, baik dengan campuran atau murni tanpa tambahan bahan lain dan dibuat dengan proses pembakaran pada suhu yang tinggi agar terjadi permukaan yang solid atau tidak hancur apabila terendam (Pramono dan Suryadi, 2008).

Bata tanpa bakar merupakan batu bata yang terbuat dari material tanah dengan penambahan zat aditif tertentu. Proses pengeringan bata ini tidak dilakukan dengan proses pembakaran namun dengan proses pengeringan oleh udara/angin dan pengikatan material menggunakan mortar (atau sejenisnya) serta dapat dilakukan proses pengecatan. Bata ini dapat dikategorikan sebagai bata tradisional namun modern (Amazian, 2018).

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Darwis Darmawati dkk mengenai bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa. Penelitian yang menggunakan tanah liat yang dicampur dengan bahan perekat berupa campuran abu sekam padi, kapur banawa, semen dan air hingga didapatkan bata yang memiliki sifat mekanis yang sesuai dengan syarat standar Indonesia, baik kuat tekannya dan kadar air resapan airnya, juga prosesnya yang dapat mengurangi jumlah karbon monoksida yang dihasilkan dari proses pembakaran dengan suhu tinggi. Kuat tekan rata-rata terbesar yang diperoleh dari hasil penelitian adalah 21,20 kg/cm² dengan kadar air rata sebesar 36,19% dengan komposisi persentase kapur dan abu sekam padi yaitu 22,5% : 7,5%.

Latar belakang pemilihan metode pembuatan bata tanpa bakar dalam mengefisiensi waktu pembuatan dikarenakan pembakaran bata cukup lama sehingga memerlukan proses yang panjang. Selain waktu pembuatan, faktor lingkungan seperti polusi asap hasil pembakaran dan penggunaan material kayu sebagai media bakar bersifat tidak ramah lingkungan dan menghasilkan gas karbon dioksida yang cukup besar.

Bahan yang digunakan untuk penelitian batu bata tanpa pembakaran bermacam-macam seperti semen, pasir, kapur, keramik sampai bahan limbah produksi. Contoh limbah produksi yang dapat digunakan adalah abu jerami padi, yang berasal dari limbah batang padi di bidang pertanian. Abu jerami padi merupakan bahan yang potensial, mengingat Indonesia adalah negara agraris sehingga jumlah keberadaan jerami padi akan terus meningkat seiring meningkatnya kebutuhan padi dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Abu jerami padi, yang mengandung 65,92% unsur silika sehingga termasuk ke dalam bahan pozzolan. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina yang mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

Bata mempunyai kelebihan dan kekurangan apabila dibandingkan dengan bata sehingga pemakaiannya harus disesuaikan dengan sifat-sifat dan kondisi masing-masing. Bata harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan bersiku bidang-bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak, tidak mudah hancur atau patah dan perubahan bentuk yang berlebihan. Bentuk lain yang disengaja karena pencetakan diperbolehkan. Permukaan bata harus kasar, warnanya seragam dan bunyinya nyaring bila diketok (Hudi, 2011).

Kelebihan bata dengan pembakaran:

- a. Bata dengan pembakaran lebih tahan bakar oleh karena itu lebih tepat dipakai dalam struktur tahan api,
- b. Tembok lebih mudah dibuat tinggi karena lebih ringan,
- c. Karena berat jenisnya rendah, maka biaya angkut ke tempat pekerjaan lebih murah.

Kekurangan bata dengan pembakaran:

- a. Bata dengan pembakaran tidak kuat menahan beban berat,
- b. Bata dengan pembakaran membutuhkan plasteran atau acian dalam finishingnya,
- c. Bata dengan pembakaran mudah menyerap air. Oleh karena itu tidak baik jika dipakai pada struktur bawah air. Bata akan mudah rusak bila kandungan garam dalam air ikut terserap ke dalam bata (Hudi, 2011).

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Darwis, Riyanto dan Widodo tentang bata tanpa bakar. Pembahasan bata tanpa bakar yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Penelitian terdahulu terhadap bata tanpa bakar.

NO	Judul	Kesimpulan
1.	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa (Darwis dkk., 2016).	Setiap penambahan 7,5% abu sekam padi akan meningkatkan kadar resapan air batu bata tanpa pembakaran sebesar $\pm 5,89\%$.
2.	Pemanfaatan sedimen sungai untuk bahan baku <i>Unfired Brick</i> (Bata Tanpa Bakar) (Riyanto dkk., 2021).	Komposisi bata yang menghasilkan uji kuat tekan tertinggi adalah pada bata A3.2 dengan perbandingan 40% semen; 10% pasir; 50% sedimen, menghasilkan kuat tekan rata-rata 44,176 kg/cm ² pada usia bata 14 hari.
3.	Optimasi semen pada pembuatan batu bata tanpa bakar (Widodo dan Artiningsih, 2021)	Penambahan campuran semen 17% pada bata semen-lempung tanpa pembakaran pada pengeringan selama 7 hari dalam suhu kamar dan oven 40°C selama 24 jam menghasilkan kuat tekan maksimal, yakni sebesar 52 kg/cm ² , sehingga

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

NO	Judul	Kesimpulan
		proporsi optimum semen terhadap lempung adalah 15%.

Dari hasil penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa kadar resapan air bata akan menurun seiring dengan berkurangnya persentase abu sekam padi. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya porositas dari abu sekam padi yang dapat membentuk banyak ruang kosong sehingga pada saat proses perendaman pada uji kadar resapan air, ruang kosong ini akan terisi oleh air sehingga massa bata dalam keadaan basah akan bertambah dan nilai kadar resapan air semakin tinggi. Penambahan bahan semen dan pasir pada komposisi bata *unfired brick* dapat meningkatkan hasil uji kuat tekan bata.

2.2 Daya Tahan (Durabilitas)

Durabilitas adalah kemampuan material untuk bertahan dalam waktu yang lama dari pengaruh-pengaruh yang ada baik dari dalam materialnya sendiri atau pengaruh luar. Durabilitas atau daya tahan bata dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis bahan dasar yang digunakan, kualitas pembuatan, penggunaan dan perawatan. Penggunaan bata dalam suatu struktur bangunan juga dapat mempengaruhi daya tahannya. Bata yang dipasang dengan benar dan menggunakan semen yang berkualitas sesuai dengan standar akan memperpanjang umur bata. Sedangkan penggunaan bata pada area yang rentan terhadap gempa bumi, kelembaban, dan suhu ekstrem juga dapat mempengaruhi daya tahannya.

Dalam penelitian ini menggunakan metode *wetting and drying cycle* (proses pembasahan dan pengeringan) dengan standar ASTM D559. Proses pengeringan (*drying*) adalah suatu kondisi kadar air didalam suatu material mengalami penurunan, sebaliknya proses pembasahan (*wetting*) adalah suatu kondisi dimana kadar air dalam suatu material mengalami penambahan.

Soemitro dkk., (2001), melakukan penelitian di laboratorium untuk mengetahui pengaruh siklus pengeringan pembasahan berulang pada lempung ekspansif natural

yang diambil disekitar daerah Surabaya, terhadap perubahan volume, tegangan air pori negatif dan kekuatan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengulangan siklus pengeringan pembasahan dapat mengurangi perubahan volume, tegangan air pori negatif dan kekuatan tanah (Yunita dan Andajani, 2013).

2.3 Material Penyusun Bata

1. Abu Jerami

Abu jerami didapatkan dari batang padi dan daun padi yang sudah tidak digunakan lagi sehingga menjadi limbah petani yang kemudian ditumbuk halus dan dibakar. Pembakaran Jerami bereaksi dengan kalsium oksida dalam pasta semen untuk menghasilkan abu yang mengandung silika dan bahan aluminium dapat membentuk bahan padat untuk meningkatkan kualitas bata. Unsur silika dalam semen sebesar 20% sedangkan unsur silika dalam abu jerami sebesar 65,92%. Abu jerami bisa digunakan untuk abu gosok, memperbaiki tanah masam serta membuat campuran semen hidrolik yang dapat digunakan sebagai campuran bata/mortar, beton dan campuran pembuatan bata pres.

Menurut El-Sayed (2006), abu jerami padi berasal dari jerami yang digiling atau ditumbuk halus. Abu jerami padi dapat dimanfaatkan untuk abu gosok, bahan ameliorasi tanah asam dan bahan campuran dalam pembuatan semen hidrolik serta dapat dimanfaatkan campuran batako/mortar, beton dan campuran batu bata pres.

Tabel 2.2: Komposisi kimia pada abu jerami (El-Sayed, 2006).

kimia	Berat dalam persen (%)
SiO ₂	65,92
AL ₂ O ₃	1,78
Fe ₂ O ₃	0,20
CaO	2,4
MgO	3,11
SO ₄	0,69

Selain penelitian terhadap bata tanpa bakar abu jerami juga dapat digunakan dalam bidang konstruksi. Pembahasan abu jerami dalam bidang kostruksi yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Penelitian terdahulu terhadap abu jerami dalam bidang konstruksi.

No	Judul	Kesimpulan
1.	Penambahan abu jerami dan abu sekam padi pada campuran batu bata untuk meningkatkan kualitas dan efesiensi produksi batu bata industri tradisional (Rahmawati dan Ida Nugroho Saputro, 2015)	Proses pembakaran batu bata di industri tradisional dengan penambahan material limbah hanya memerlukan waktu 12 jam untuk mencapai mutu standar minimal dan kuat tekan tertinggi 7,35% dicapai oleh bata dengan penambahan 20% abu sekam padi.
2.	Karakteristik campuran laston lapis antara menggunakan abu jerami sebagai bahan substitusi filler (Pakka dan Rachman, 2021)	Pengaruh bertambahnya kadar abu jerami dari 25% dan 50% sangat berpengaruh terhadap stabilitas, flow, VIM dan VFB. Tetapi penggunaan kadar abu jerami 75% dan 100% yang melebihi semen akan mengakibatkan banyaknya rongga agregat yang terisi oleh abu jerami sehingga aspal mengikat agregat dan menghasilkan campuran menurun.
3.	Kadar aspal optimum laston lapis aus menggunakan abu jerami sebagai pengganti filler (Nikodemus Tandung dkk., 2021)	Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran beraspal laston lapis aus yang menggunakan abu jerami sebagai pengganti filler melalui pengujian marshall konvensional maka didapatkan hasil kadar aspal optimum yaitu 7,0%.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawati dan Ida Nugroho Saputro, 2015), (Pakka dan Rachman, 2021) dan (Nikodemus Tandung dkk., 2021) bahwa abu jerami padi tidak hanya dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah bata saja, tetapi dapat dimanfaatkan dalam bidang konstruksi sebagai bahan substitusi filler untuk campuran laston lapis.

2. Semen Portland

Semen portland didefinisikan sebagai produk yang didapatkan dari penggilingan halus slag yang terdiri dari kalsium silikat hidraulik dan mengandung satu atau dua bentuk kalsium silikat sebagai tambahan antar giling. Kalsium silikat hidraulik mempunyai kemampuan mengeras tanpa pengeringan atau reaksi dengan karbon dioksida di udara dan oleh karena itu berbeda dengan perekat (pengikat) anorganik. Reaksi yang berlangsung pada pengerasan semen adalah hidrasi dan hidrolisis. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I, yaitu produk umum yang digunakan untuk bangunan biasa.

Menurut Sagel (1997), fungsi utama semen adalah sebagai perekat. Bahan-bahan semen terdiri dari batu kapur (gamping) yang mengandung senyawa-senyawa seperti Calcium Oksida (CaO), lempung atau tanah liat (*clay*) adalah bahan alam yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3) dan Magnesium Oksida (MgO).

Semen yang memiliki sifat-sifat adhesive dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu benda yang padat dan memiliki kekuatan yang cukup. Semen dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Semen non-hidrolis, yaitu semen yang tidak mengeras dalam air atau tidak dapat menghasilkan kepadatan yang stabil dalam air.
2. Semen hidrolis, yaitu semen yang mengeras dalam air dan dapat menghasilkan kepadatan yang stabil di dalam air.

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sudarsana dan Darwis tentang bata tanpa bakar dengan bahan campuran semen. Pembahasan

terhadap bata dengan campuran semen telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran semen.

No	Judul	Kesimpulan
1	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran terbuat dari abu sekam padi dan serbuk batu tabas (Sudarsana dkk., 2011)	Sebanyak lima jenis campuran dibuat dengan proporsi total abu sekam padi dan serbuk batu tabas 30%, tanah liat 60% dan semen sebanyak 10%.
2	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa (Darwis dkk., 2016)	Penelitian dilakukan dengan menggunakan tanah liat yang dicampur dengan bahan perekat berupa campuran abu sekam padi, kapur banawa, semen dan air yang sesuai dengan persyaratan.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Sudarsana dkk., 2011) dan (Darwis dkk., 2016) yaitu karakteristik batu bata tanpa pembakaran terbuat dari abu sekam padi dan serbuk batu tabas dan karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa. Pada penelitian (Sudarsana dkk., 2011) komposisi campuran semen sebesar 10% dan (Darwis dkk., 2016) komposisi campuran semen sebesar 10%.

3. Tanah liat

Tanah liat merupakan bahan dasar dalam pembuatan batu bata, dimana kegunaannya sangat menguntungkan bagi manusia karena bahannya yang mudah didapat dan pemakaian hasilnya yang sangat luas. Secara komposisi kimia tanah lempung memiliki kandungan silika yang paling besar sehingga berfungsi untuk meningkatkan daya rekat dari campuran material bata tersebut (Masthura, 2010).

Tanah liat memiliki sifat-sifat yang khas yaitu bila dalam keadaan basah akan mempunyai sifat plastis tetapi bila dalam keadaan kering akan menjadi keras. Sedangkan bila dibakar akan menjadi padat dan kuat. Tanah liat memiliki berbagai beberapa karakteristik dan juga jenisnya. Hal ini dapat membedakan fungsinya ketika diaplikasikan kedalam kehidupan sehari-hari. Ada beberapa karakteristik, jenis dan manfaat tanah sebagai berikut:

1. Bersifat lengket

Salah satu ciri utama tanah liat adalah sifatnya lengket, umumnya tanah liat lengket ketika basah sehingga sangat mudah untuk diubah bentuk. Tanah liat akan mengeras apabila sudah mengering. Hal ini disebabkan jenis mineral tanah yang terdapat dari tanah liat.

2. Sulit menyerap air

Tanah liat memiliki sifat sulit menyerap air maka lebih banyak digunakan sebagai bahan untuk bangunan.

3. Warna tanah liat

Pada umumnya tanah liat tidak mempunyai warna yang terlalu gelap atau terang. Warna tanah yang cenderung hanya warna hitam keabu-abuan. Tetapi ada beberapa jenis tanah yang mempunyai warna yang dasarnya kuning kemerah-merahan yang kebanyakan digunakan oleh pengrajin tanah liat dan digunakan untuk membuat bata.

4. Berubah menjadi butiran halus

Sifatnya yang menggumpal dan keras ketika sudah kering, butiran-butiran kecil dari tanah bisa terpecah jika tidak menyatu dengan bentuk awal, butiran ini umumnya seperti kerikil dan pasir yang umum ditemukan di sekitar tanah liat ketika kering.

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar dengan bahan campuran tanah liat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Christiawan dan Narendra tentang bata tanpa bakar. Pembahasan terhadap bata dengan campuran tanah liat yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran tanah liat.

No	Judul	Kesimpulan
1	Perlakuan bahan bata merah berserat abu sekam padi (Christiawan, I., dan Darmanto, 2010)	Melalui penelitian tersebut diketahui bahwa kuat tekan bata dengan pengisi serat alam abu sekam padi cenderung menuru dibandingkan dengan kuat tekan spesimen bata tanah liat murni.
2	Menyulap bom waktu pabrik gula berupa abu cerobong asap sebagai batu bata tahan gempa (Narendra dkk., 2018)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 5% massa abu yang dicampurkan dengan 95% massa tanah liat akan menghasilkan bata dengan kuat tekan rata-rata 30,67 kg/cm ² .

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Christiawan, I., dan Darmanto, 2010) dan (Narendra dkk., 2018) yaitu perlakuan bahan bata merah berserat abu sekam padi dan menyulap bom waktu pabrik gula berupa abu cerobong asap sebagai batu bata tahan gempa. Pada penelitian (Christiawan, I., dan Darmanto, 2010) komposisi campuran tanah liat yang digunakan adalah 100%, 95%, 90%, 85%, 80% dan 75%. Sedangkan pada penelitian (Narendra dkk., 2018) komposisi campuran tanah liat yang digunakan adalah 95%.

4. Pasir

Pasir merupakan suatu partikel-partikel yang lebih kecil dari kerikil dan lebih besar dari butiran lempung yang berukuran antara 5-0,074 mm yang bersifat tidak plastis dan tidak kohesif. Pasir tergolong agregat halus yang berguna sebagai bahan pengeras dalam spesi/mortar yang merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, pantai dan harus memenuhi standar nasional Indonesia. Keberadaan pasir sangat dibutuhkan sebagai material tambahan untuk mengurangi keplastisan tanah lempung dan penyusutan bata.

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Irwansyah dan Ekayadi tentang bata tanpa bakar dengan campuran pasir. Pembahasan terhadap bata dengan campuran pasir yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran pasir.

No	Judul	Kesimpulan
1	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran dari limbah industri pertanian dan material alam (Irwansyah, Faiz Isma, 2018).	Bata tanpa bakar dari hasil uji sifat mekanis dan sifat fisik dari inovasi campuran material yang terbaik berada pada komposisi IV (tanah lempung 30%, ATTKS 15%, ASP 15%, pasir 20%, semen 13% dan alkali merah 6,85%).
2	Pengaruh abu jerami dan serbuk jerami sebagai komponen bahan terhadap kualitas bata (Ekayadi dkk., 2014)	Dari hasil penelitian tanah harus mengandung pasir dan kerikil guna memperkuat bata karena lebih stabil.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Irwansyah, Faiz Isma, 2018) dan (Ekayadi dkk., 2014) yaitu karakteristik batu bata tanpa pembakaran dari limbah industri pertanian dan material alam dan pengaruh abu jerami dan serbuk jerami sebagai komponen bahan terhadap kualitas bata. Pada penelitian (Irwansyah, Faiz Isma, 2018) komposisi campuran pasir 15% dan 20%. Sedangkan pada penelitian (Ekayadi dkk., 2014) menggunakan komposisi campuran tanah yang mengandung 34,3% pasir.

5. Air

Air merupakan salah satu bahan yang diperlukan dalam pembuatan bata karena fungsi dari tersebut adalah untuk membuat tanah liat menjadi lebih plastis dalam

pembuatan bata. Syarat-syarat air yang dapat digunakan dalam pembuatan bata yaitu:

- a. Air tawar dan berwarna bening
- b. Kadar air tanah liat kurang lebih 30%
- c. Air bersih yang tidak mengandung garam yang dapat larut dalam air seperti garam laut
- d. Air cukup bersih dengan tidak mengandung minyak, asam alkali, tidak mengandung sampah, kotoran dan bahan organik lainnya.

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ardi dan Witjaksana tentang bata tanpa bakar dengan campuran air. Pembahasan terhadap bata dengan campuran air yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran air.

No	Judul	Kesimpulan
1	Uji kuat tekan, daya serap air dan desitas material batu bata dengan penambahan agregat limbah botol kaca (Ardi dan Said, 2016)	Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil densitas yang dihasilkan maka daya serapan airnya akan semakin besar.
2	Pembuatan batu bata tanpa bakar dengan campuran sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3) (Witjaksana dkk., 2016)	Bahan baku yang digunakan untuk prmbuatan batu bata sludge antara lain: tanah liat, semen, alkali terdiri dari larutan sodium hidroksida (NaOH), sodium silikat (NA_2SiO_3) dan air.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Ardi dan Said, 2016) dan (Witjaksana dkk., 2016) yaitu uji kuat tekan, daya serap air dan desitas material batu bata dengan penambahan agregat limbah botol kaca dan pembuatan batu bata tanpa bakar dengan campuran sodium

hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na₂SiO₃). Pada penelitian (Ardi dan Said, 2016) komposisi campuran air yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan pada penelitian (Witjaksana dkk., 2016) kandungan air yang digunakan adalah 7%-10%.

6. Kapur

Batu kapur atau *limestone* adalah batuan sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan berubah menjadi karbonat (CaCO₃) (Fathmaulida, 2013). Pembentukan batu kapur dalam sebagian besar terjadi secara organik, dimana unsur karbonat pada organisme laut seperti kerang-kerangan dan tiram didegradasikan menjadi unsur yang lebih kecil lagi oleh mikroorganisme mikroskopik seperti *foraminifera* membentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat yang secara terus menerus akan mengendap dan mengeras membentuk pegunungan kapur. Batu kapur dapat berwarna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam tergantung dari mineral pengotornya (Keliat, 2015).

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Darwis dan Haryanti tentang bata tanpa bakar dengan campuran kapur. Pembahasan terhadap bata dengan campuran kapur yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar dengan campuran kapur.

No	Judul	Kesimpulan
1	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa (Darwis dkk., 2016)	Kadar air resapan air rata-rata batu bata tanpa pembakaran terendah adalah 32,39% yang diperoleh pada campuran E2 dengan perbandingan persentase kapur dan abu sekam padi yaitu 30% : 0%.
2	Pengaruh komposisi campuran pasir silika dan kapur tohor pada	Berdasarkan analisis komposisi campuran pasir silika dan kapur tohor

Tabel 2.8: *Lanjutan*

No	Judul	Kesimpulan
1	bata ringan berbahan limbah abu terbang batubara (Haryanti dan Wardhana, 2019)	memberikan pengaruh yang nyata atau signifikan terhadap berat volume dan kuat tekan bata ringan. Semakin besar menggunakan abu terbang dan kapur tohor akan meningkatkan absorpsi dan porositas tetapi akan menurunkan nilai berat jenis bata ringan.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Darwis dkk., 2016) dan (Haryanti dan Wardhana, 2019) yaitu karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa dan pengaruh komposisi campuran pasir silika dan kapur tohor pada bata ringan berbahan limbah abu terbang batubara. Pada penelitian (Darwis dkk., 2016) komposisi campuran kapur yang digunakan adalah 0%, 7,5%, 15%, 22,5% dan 30% dengan kuat tekan sebesar 25,58 kg/cm². Sedangkan pada penelitian (Haryanti dan Wardhana, 2019) komposisi campuran kapur yang digunakan adalah 25% dan 28,5% dengan kuat tekan sebesar 21,20 kg/cm².

2.4 Syarat Mutu Bata

Standarisasi adalah proses merumuskan, menetapkan, menerapkan dan merevisi standar yang dilaksanakan secara tertib melalui kerjasama dengan pihak yang berkepentingan.

Standarisasi merupakan syarat mutlak dan menjadi suatu acuan penting dari sebuah industri di suatu negara. Salah satu contoh penting standarisasi dari sebuah industri adalah standarisasi dalam pembuatan batu bata. Di Indonesia sampai saat ini belum terdapat standar yang mengatur tentang pembuatan bata tanpa bakar sehingga dalam penelitian ini penulis menggunakan standar batu bata bakar yaitu SNI 15-2094-2000 sebagai acuan.

Adapun syarat-syarat bata merah pejal dalam SNI 15-2094-2000 meliputi beberapa aspek seperti:

a. Sifat Fisis Bata

Sifat fisis bata adalah sifat yang terdapat pada bata tanpa adanya pemberian beban atau perlakuan apapun. Adapun sifat fisis dan syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000 sebagai berikut:

1. Sifat tampak

Batu bata untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang, warna, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang-bidang datar yang rata, tidak menunjukkan retak atau bentuk berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam dan nyaring apabila dipukul.

2. Dimensi atau ukuran batu bata

Batu bata mempunyai banyak variasinya. Untuk batu bata yang telah diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9: Ukuran bata (SNI 15-2094-2000).

Modul	Tebal	Lebar	Panjang
M-5a	65±2	90±3	190±4
M-5b	65±2	100±3	190±4
M-6a	52±3	110±4	230±4
M-6b	55±3	110±6	230±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

3. Densitas atau kerapatan

Densitas yang disyaratkan untuk digunakan adalah 1,60 gr/cm³ – 2,00 gr/cm³ (SNI-02-4164-1996). Persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Densitas (D)} = \frac{\text{Berat kering}}{\text{Volume}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ardi dan Syahland tentang bata tanpa bakar dengan pengujian berat jenis. Pembahasan terhadap berat jenis bata yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap berat jenis.

No	Judul	Kesimpulan
1	Uji kuat tekan, daya serap air dan densitas material batu bata dengan penambahan agregat limbah botol kaca (Ardi dan Said, 2016)	Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pada sampel kuat tekan diperoleh 1,48-1,64 gr/cm ³ dan nilai berat jenis pada sampel daya serap air diperoleh 1,57-1,68 gr/cm ³ .
2	Pengaruh proses pembuatan batu bata merah asal Lampung terhadap karakteristik batu bata yang dihasilkan (Syahland, 2021)	Berdasarkan dari daerah Bandar Lampung 3 mempunyai densitas yang paling besar yaitu 2,20 gr/cm ³ dengan sistem cetak mesin press sedangkan Lampung Selatan 2 sebesar 2,19 gr/cm ³ dengan sistem cetak manual.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ardi dan Said menggunakan limbah botol kaca sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata. Pada penelitian tersebut digunakan masing-masing komposisi serbuk kaca yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% yang menghasilkan berat jenis sebesar 1,57-1,68 gr/cm³. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Syahland diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,20 gr/cm³.

4. Warna tampak

Warna bata tergantung bahan baku pembuatannya dan bahan tambahan. Warna abu-abu sampai hitam mengandung arang dan sisa-sisa tumbuhan, warna merah disebabkan oleh oksida besi (Fe), sehingga untuk warna bata tanpa pembakaran

yang memanfaatkan limbah industri pertanian dan material alam sulit untuk dipastikan.

5. Garam yang dapat membahayakan

Dalam SNI 15-2094-2000 tentang cara pegujian kandungan garam yang digunakan tidak kurang dari 5 buah bata utuh. Tiap bata ditempatkan berdiri pada bidang datar, dalam masing-masing bejana dituangkan air suling 250 ml. Maka didapatkan 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.

b. Sifat Mekanik Batu Bata

Beberapa sifat mekanis bata antara lain porositas, susut bakar, berat jenis dan kuat tekan. Porositas dinyatakan dalam persen (%) yaitu volume dari suatu rongga yang ada dalam material tersebut. Susut bakar adalah perubahan dimensi atau volume bahan yang telah dibakar. Berat jenis didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Kuat tekan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (*failure*).

1. Kuat Tekan Bata (*Compressive Strenght*)

Menurut (Syaelendre dkk., 2012) kuat tekan suatu material adalah kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (*failure*). Nilai kuat tekan bata diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari suatu benda untuk menahan. Dengan mengambil klasifikasi kekuatan bata untuk kelas 50 sebesar 5 Mpa dari standar SNI 15-2094-2000. Kuat tekan bata

dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan :

P = Kuat tekan bata (kg/cm^2)

F = Beban maksimum (kg)

A = Luas Penampang benda uji (cm^2)

Kualitas bata dapat dibagi atas tiga tingkatan dalam hal kuat tekan menurut SI 15-2094-2000, seperti disajikan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11: Klasifikasi kuat tekan bata (SNI 15S-2094-2000).

Kelas	Kuat tekan rata-rata		Koefisien variasi izin
	Kg/cm^2	N/mm^2	
50	50	5	22%
100	100	10	15%
150	150	15	15%

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Darwis dan Narendra tentang bata tanpa bakar dengan pengujian kuat tekan. Pembahasan terhadap kuat tekan bata yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap kuat tekan.

NO	Judul	Kesimpulan
1.	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam	Kuat tekan rata-rata terbesar batu bata tanpa pembakaran yang diperoleh adalah $21,20 \text{ kg/cm}^2$ pada campuran D dengan persentase kapur

Tabel 2.12: *Lanjutan.*

NO	Judul	Kesimpulan
	padi dan kapur banawa (Darwis dkk., 2016)	dan abu sekam padi yaitu 22,5% : 7,5%.
2.	Pengaruh penggantian sebagian tanah liat dengan abu jerami padi dan lama pembakaran ditinjau dari karakteristik fisis dan mekanik batu bata (Narendra dkk., 2018)	Penggatian sebagian tanah liat dengan abu jerami padi yang optimal untuk mencapai karakteristik fisis dan mekanik yang sesuai standar didapatkan untuk nilai maksimal kuat tekan batu bata pada persentase 20% yaitu 7,39 kg/cm ² .

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Darwis menggunakan abu sekam padi dan kapur banawa sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata. Pada penelitian bata tanpa pembakaran tersebut menghasilkan kuat tekan rata-rata terbesar yang diperoleh sebesar 21,20 kg/cm² dengan hasil lebih tinggi dari pada penelitian bata bakar yang dilakukan oleh Narendra dengan bahan pengganti tanah liat dengan abu jerami hasil kuat tekan sebesar 7,39 kg/cm².

2. Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan bata dalam menyerap air (daya hisap). Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada pemasangan bata dan adukan karena air pada adukan akan diserap oleh bata sehingga pengeras adukan tidak berfungsi dan dapat mengakibatkan kuat adukan menjadi lemah. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada bata (bata tidak padat). Pengujian daya serap bata ditentukan berdasarkan berat bata basah dan berat bata kering oven dengan menggunakan persamaan:

$$\text{penyerapan air (PA)} = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

M_k = Massa kering (tetap) (Kg)

M_b = Massa setelah direndam selama 24 jam (Kg)

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Darwis dan Hasanah tentang bata tanpa bakar dengan pengujian daya serap air. Pembahasan terhadap daya serap air yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap daya serap air.

No	Judul	Hasil
1	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran berbahan abu sekam padi dan kapur banawa (Darwis dkk., 2016)	Kadar air resapan air rata-rata batu bata tanpa pembakaran terendah adalah 32,39%, yang diperoleh pada campuran E dengan perbandingan persentase kapur dan abu sekam padi 30% : 0%. Setiap penambahan 7,5% abu sekam padi akan meningkatkan kadar garam resapan air batu bata tanpa pembakaran sebesar \pm 5,89%.
2	Uji kuat tekan daya serap air dan massa jenis batu bata merah berbahan tambahan abu kulit dan jaggel jagung di Wuluhan Jember (Hasanah dkk., 2021)	Penambahan abu kulit jagung menunjukkan grafik hasil daya serap air mengalami penurunan pada campuran bahan 2,5% mengalami kenaikan sampai campuran bahan sebesar 7,5% lalu mengalami penurunan pada persentase 10%. Hasil daya serap air yang ditunjukkan terlihat tidak stabil sama dengan grafik dari hasil uji kuat tekan.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Darwis menggunakan abu sekam padi dan kapur banawa sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata. Pada penelitian bata tanpa pembakaran tersebut menghasilkan daya serap air terbesar yang diperoleh sebesar 36,19% dengan hasil lebih tinggi dari pada penelitian bata bakar yang dilakukan oleh Narendra dengan bahan pengganti tanah liat dengan abu jerami hasil kuat tekan sebesar 7,39 kg/cm².

3. Kadar Garam

Pengujian kadar garam bata dapat ditentukan berdasarkan luasan kandungan garam dan luasan bata dengan menggunakan persamaan:

$$G = \frac{Ag}{A} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan:

G = kadar garam (%)

Ag = Luasan kandungan garam (cm²)

A = Luasan bata (cm²)

Kualitas kadar garam yang kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tidak membahayakan dan 50% atau lebih dari 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, hal ini membahayakan.

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Handayani dan Permata tentang bata tanpa bakar dengan pengujian kadar garam Pembahasan terhadap kadar garam bata yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap kadar garam.

No	Judul	Kesimpulan
1	Kualitas bata merah dengan penambahan	Hasil pengujian batu bata merah dengan menggunakan bahan campuran serbuk gergaji

Tabel 2.14: *Lanjutan.*

No	Judul	Kesimpulan
	serbuk gergaji (Handayani, 2010)	diperoleh data yang dapat memenuhi syarat persentase kandungan garam yang larut dan membahayakan yaitu kurang dari 50%.
2	Pemeriksaan sifat mekanik bata tanpa bakar dengan memanfaatkan limbah abu ampas tebu (Permata, V.A, 2022).	Dari hasil penelitian diperoleh nilai kadar garam batu bata dari 2 variasi adalah 0,0017% berarti tidak membahayakan karena masih sesuai dengan standar SNI.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Handayani dengan penambahan serbuk gergaji dalam pembuatan bata. Pada penelitian bata tanpa pembakaran tersebut menghasilkan kadar garam sebesar 0%. Sedangkan pada penelitian bata tanpa bakar yang dilakukan oleh Permata dengan bahan tambah limbah abu ampas tebu menghasilkan nilai lebih tinggi yaitu sebesar 0,0017%.

2.5 Pengujian Daya Tahan Bata

Kekuatan dan daya tahan (*durability*) dipengaruhi oleh perbandingan campuran, mutu dan bahan penyusun, metode pelaksanaan, temperatur dan perawatan. Daya tahan adalah kemampuan untuk bertahan terhadap kondisi lingkungan seperti cuaca, serangan kimia dan abrasi tanpa ada kerusakan yang signifikan selama masa layannya (Olivia, 2011). Beberapa senyawa kimia yang menyebabkan kerusakan pada bata adalah senyawa sulfat, serangan asam, alkali dan serangan air laut (klorida).

Beberapa penelitian yang relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian bata tanpa bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dwillianto dan Malkanthi tentang bata tanpa bakar dengan pengujian daya tahan bata. Pembahasan terhadap daya tahan bata yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15: Penelitian terdahulu bata tanpa bakar terhadap daya tahan bata.

NO	Judul	Kesimpulan
1.	Pengaruh <i>Drying And Wetting Cycle</i> Terhadap Kuat Tekan Bata (Dwillianto dan Roza)	Pada siklus 5 nilai serapan air adalah 35,81 gram atau 3,66% dari berat rata-rata batu bata pada siklus yang sama, sedangkan nilai kuat tekan batu bata pada kondisi ini adalah 49,37 Kg/cm ² .
2.	Daya tahan bata terhadap kuat tekan dengan limbah tanah dan lanau (Malkanthi dan Perera, 2018)	Hasil percobaan menunjukkan CSEB yang diuji memiliki kerapatan kering yang tinggi dengan reduksi lempung dan lanau di bawah 15%. Kepadatan kering tertinggi tercatat dengan 10% kandungan tanah liat dan lanau. Uji serapan air tercatat antara 10 hingga 15% dari kandungan tanah liat dan lanau.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Dwillianto dan Roza, n.d dengan pengaruh daya tahan bata terhadap kuat tekan. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak siklus *drying and wetting* yang dilakukan terhadap sampel batu bata maka nilai serapan air dalam kandungan batu bata akan meningkat sedangkan nilai kuat tekan akan menurun. Sedangkan pada penelitiannya yang dilakukan oleh Malkanthi dan Perera dengan pengujian daya tahan bata terhadap kuat tekan dengan limbah tanah dan lanau menyimpulkan bahwa hasil percobaan menunjukkan kandungan liat dan lanau 20% memberikan kuat tekan maksimum dan kuat tekan untuk lempung dan lanau yang lebih rendah berada di atas nilai standar. Sehingga harus dilakukan pengujian lebih lanjut untuk memperkuat hasil penelitian ini.

2.6 Proses Pembuatan Bata

Proses pembuatan bata melalui beberapa tahapan, meliputi penggalian bahan mentah, pengolahan bahan, pembentukan, pengeringan, pembakaran, pendingin dan pemilihan (seleksi). Adapun tahap-tahap pembuatan bata, yaitu sebagai berikut: (Suwardono, 2002) dalam Masthura (2010).

1. Penggalian Bahan Mentah

Penggalian bahan mentah bata sebaiknya menggunakan tanah yang tidak terlalu plastis, melainkan tanah yang mengandung sedikit pasir untuk menghindari penyusutan, penggalian tanah dilakukan dengan menggunakan alat tradisional berupa cangkul. Penggalian dilakukan pada tanah lapisan paling atas kira-kira setebal 40-50 cm, sebelumnya tanah dibersihkan dari akar pohon, plastik, daun dan sebagainya agar tidak ikut terbawa. Kemudian menggali sampai ke bawah sedalam 1,5-2,5 meter atau tergantung kondisi tanah yang memungkinkan. Tanah yang digali lalu dikumpulkan dan disimpan pada tempat yang aman. Semakin lama tanah disimpan, maka akan semakin baik karena menjadi lapuk. Tahap tersebut dimaksud untuk membusukkan organisme yang ada dalam tanah.

2. Pengolahan Bahan Mentah

Sebelum tanah dibentuk menjadi bata dilakukan pencampuran secara merata yang disebut dengan pekerjaan pelumatan. Pekerjaan pelumatan dilakukan secara manual dengan cara diinjak-injak oleh orang dalam keadaan basah dengan kaki. Bahan campuran yang ditambahkan pada saat pengolahan harus benar-benar menyatu dengan tanah secara merata. Bahan mentah yang sudah jadi sebelum dibentuk dengan cetakan, terlebih dahulu dibiarkan semalam 2 sampai 3 hari dengan tujuan memberi kesempatan partikel-partikel tanah untuk menyerap air agar menjadi lebih stabil, sehingga apabila dibentuk akan terjadi penyusutan yang merata.

3. Pembentukan Bata

Bahan mentah yang telah dibiarkan 2-3 hari dan sudah mempunyai sifat plastisitas sesuai rencana, kemudian dibentuk dengan alat cetak yang terbuat dari besi sesuai ukuran Standar Nasional Indonesia 15-2094-2000. Supaya tanah tidak menempel pada cetakan, maka cetakan dibasahi dengan air terlebih dahulu. Bagian dasar dari cetakan harus rata dan ditaburi abu jerami padi agar tanah tidak menyatu

dengan lantai dasarnya. Langkah awal pencetakan bata yaitu letakkan bahan mentah di cetakan hingga memenuhi bentuk cetakan secara maksimal kemudian ditekan menggunakan alat pompa hidrolik, selanjutnya cetakan diangkat dan bata mentah dari cetakan siap untuk dikeringkan.

4. Pengeringan Bata

Proses pengeringan bata yang baik dilakukan dibawah sinar matahari, agar terkena panas dari sinar matahari. Panas matahari yang terlalu menyengat akan mengakibatkan retakan pada bata. Setelah mengeras bata dapat dibalik pada sisi yang lain. Kemudian ditumpuk ditempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan. Pengeringan ini membutuhkan waktu selama 2 hari sampai dengan 7 hari tergantung cuaca.

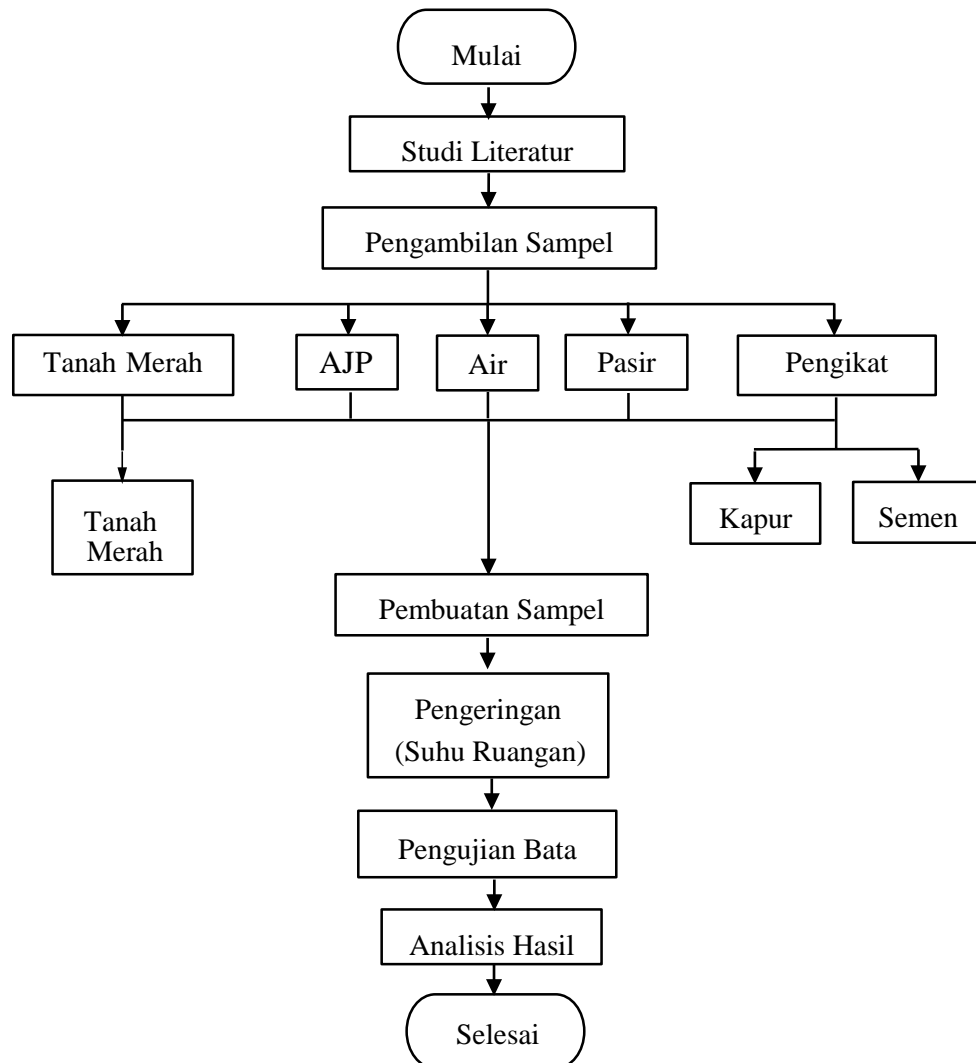
5. Pemilihan bata

Bata yang sudah siap harus memenuhi kriteria untuk pemilihan bata. Kriteria untuk pemilihan bata harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warnanya seragam dan berbunyi nyaring bila dipukul.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan alir penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (flow chart) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Dalam melakukan penelitian diperlukan tempat dan waktu penelitian untuk memperoleh data-data yang mendukung tercapainya tujuan penelitian dengan tepat waktu. Penelitian tentang daya tahan bata tanpa bakar dengan bahan tambah abu jerami terhadap lama pengeringan bata dilaksanakan selama 4 bulan, dimulai dari bulan Juli 2023, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Jadwal kegiatan.

No	Jenis kegiatan	I		II		III		IV	
		1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4
1	Persiapan bahan	■							
2	Pemeriksaan bahan		■						
3	Perencanaan mix design		■						
4	Pembuatan benda uji			■					
5	Perawatan benda uji				■	■			
6	Pemeriksaan penyerapan air, berat jenis, sifat tampak, kadar garam						■		
7	Pemeriksaan daya tahan							■	

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan didalam penelitian ini antara lain:

1. Cetakan bata

Cetakan bata yang digunakan terbuat dari besi yang memenuhi standar batu bata yaitu panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 6 cm. Cetakan bata ini terdiri dari beberapa bagian antara lain: 2 besi persegi panjang yang memiliki dimensi yang sama, 1 plat besi dengan ukuran panjang 25 cm dan lebar 15 cm yang berguna sebagai alas dari bata yang sedang dicetak, 2 besi yang digunakan sebagai acuan untuk mengeluarkan bata dari dalam cetakan, dan 1 buah plat besi

yang memiliki pegangan besi di atasnya yang digunakan sebagai penyalur tekanan dari mesin tekan ke bata. Seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Cetakan Bata.

2. Mesin alat cetak bata dengan pompa hidrolik

Mesin cetak bata hidrolik, digunakan untuk memadatkan adonan bata hingga mencapai kerapatan dan kekuatan yang diinginkan sesuai dengan standar. Seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Mesin Alat Cetak dengan Pompa Hidrolik.

3. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang bahan pembuatan bata. Seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4: Timbangan digital.

4. Saringan

Saringan yang digunakan untuk menyaring agregat sehingga mencapai ukuran yang sama dalam setiap agregat yang digunakan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan saringan yang berbeda tergantung dari bahan yang ingin digunakan. Seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5: Saringan.

5. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah komposisi air yang digunakan dalam pengolahan bata menjadi adonan siap cetak. Seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6: Gelas Ukur.

6. Penggaris atau jangka sorong

Penggaris digunakan sebagai alat ukur bata yang telah selesai dicetak sehingga mengetahui ukuran yang direncanakan. Seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7: Penggaris.

7. Ember

Ember digunakan sebagai tempat untuk menyimpan bahan-bahan yang akan digunakan. Seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8: Ember.

8. Sekop

Sekop digunakan untuk memindahkan bahan sebelum dicampur dan digunakan dalam proses pencampuran seluruh bahan hingga merata. Seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Sekop.

Bahan yang digunakan untuk membuat sampel bata pada penelitian ini adalah:

1. Tanah merah

Tanah merah yang digunakan adalah tanah merah yang berasal dari Desa Sidourip, Kecamatan Beringin, Kabupaten Deli Serdang. Tanah merah yang diterima peneliti masih bercampur dengan berbagai material sehingga harus melakukan beberapa proses pembersihan terlebih dahulu, dimulai dengan mengeringkan tanah merah dibawah sinar matahari hingga tanah merah memadat, kemudian tanah merah dihaluskan dengan cara ditumbuk

menggunakan palu hingga menjadi butiran halus, lalu tanah merah disaring dengan saringan no.100 untuk memisahkan tanah merah dengan material lain yang tidak terpakai.

2. Air

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

3. Kapur

Kapur yang digunakan adalah kapur yang diperoleh dari pabrik kapur PT. Niraku Jaya Abadi dengan spesifikasi kapur seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2: Kadar kimia dalam kapur.

Spesifikasi Kapur	
Merk	Unicarb
<i>Product</i>	<i>Calcium Hydrxide/Hydrated Lime</i>
<i>Lot No</i>	080121-1
<i>MFG Date</i>	August-16-2021
<i>Quality Maintenance Term</i>	September-30-2024
<i>ASSAY (compexometric, calculated on dried substance)</i>	
<i>Substance insoluble in acetic acid</i>	<0.3%
<i>Substance insoluble in hydrochloric acid</i>	<0.3%
<i>Chloride (Cl)</i>	<0.03%
<i>Flouride (F)</i>	<0.005%
<i>Sulphate (SO₄)</i>	<0.05%
<i>Heavy Metals (as Pb)</i>	<0.002%
<i>As (Arsenic)</i>	<0.003%
<i>Ba (Barium)</i>	Passed test
<i>Fe (Iron)</i>	<0.002%
<i>Hg (Mercury)</i>	<0.00005%
<i>Pb (Lead)</i>	<0.0003%
<i>Magnesium and alkali metals</i>	<0.2%

Tabel 3.2: Lanjutan.

Spesifikasi kapur	
<i>appearance</i>	<i>White Powder</i>
<i>Fineness : #</i>	
<i>Residu on a 45 um sieve (ISO 787/7)</i>	<0.5%
<i>Top cut (d97)</i>	10 μ m
<i>Particles <5 um</i>	40%
<i>Whiteness : #</i>	
<i>Brightness (Ry, C/22, DIN 53163)</i>	93%
<i>Moisture, ex works (ISO 787/2)</i>	0.5%
<i>Bulk Density</i>	0.5 gm/cc
Ca(OH) ₂	93.66%
CaO	70%
Ph	13

4. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Tiga Roda tipe 1 PPC (Portland Pozolan *Cement*) dengan spesifikasi semen seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.3: Kadar kimia dalam semen.

<i>Chemical Properties</i>			
No	<i>Item</i>	<i>Unit</i>	<i>Quality Range</i>
1.	SiO ₂	%	22.0-23.0
2.	Al ₂ O ₃	%	4.0-4.8
3.	Fe ₂ O ₃	%	0.2-0.3
4.	CaO	%	66.0-68.0
5.	MgO	%	2.0-4.0
6.	SO ₃ if C ₃ A<8	%	1.7-2.7
7.	<i>Loss On Ignition</i>	%	1.0-4.0
8.	<i>Insoluble Residue</i>	%	0.15-0.50

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

<i>Chemical Properties</i>			
9.	<i>Free Lime</i>	%	1.00-2.00
10.	Total Alkali	%	0.05-0.40
11.	C ₃ S	%	51-62
12.	C ₂ S	%	16-27
13.	C ₃ A	%	10-13
14.	C ₄ AF	%	1-1
15.	LSF	%	94-98

5. Pasir

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Binjai dengan kualitas yang bagus, dimana pasir ini berasal dari pasir sungai dan pasir ini tidak mengandung lumpur. Pasir ini juga tidak mengandung banyak bahan organik dan pasir yang digunakan dan telah lolos pada saringan no.100.

6. Abu jerami padi (AJP)

Abu jerami padi yang digunakan adalah abu jerami yang berwarna keabu-abuan yang diambil di area persawahan di Desa Kota Rantang, Kecamatan Hampan Perak, Kabupaten Deli Serdang.

3.4 Teknik Pengambilan Data

Penelitian yang akan dilakukan dengan beberapa tahapan antara lain sebagai berikut:

1. Pada tahap awal yang terutama dipersiapkan adalah alat dan bahan yang akan digunakan dan mempersiapkan sampel benda uji.
2. Sebelum dilakukan pembuatan campuran bata maka pada tahap ini dilakukan uji bahan dasar bata. Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan indeks plastisitas, pengujian berat jenis, batas cair, batas plastis dan pengujian lolos saringan.
3. Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran bata, pembuatan benda uji dan perbandingan jumlah proporsi bahan campuran bata dihitung dengan metode Standar Nasional Indonesia (SNI), seperti disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Variasi Komposisi Bahan.

No.	Pengikat		Tanah Merah	Pasir	AJP	Ket	Kode sampel
	Semen	Kapur					
1.	1	-	8	2	-	Control	CC
2.	-	1	8	2	-	Control	CL
3.	1	-	8	2	2	AJP	CMA
4.	-	1	8	2	2	AJP	LMA

Keterangan:

- a. AJP = Abu Jerami Padi
- b. CC = *Control Cement*
- c. CL = *Control Lime*
- d. CMA = *Cement Merah AJP*
- e. LMA = *Lime Merah AJP*

Jumlah sampel tiap proporsi : 9 buah

- Penyerapan air : 2 buah
- Sifat tampak : 2 buah
- Kadar garam : 2 buah
- Daya tahan : 3 buah

Kepadatan bata tanpa bakar rencana : $\text{min } 1,6 \text{ gr/cm}^3$

Dimensi bata : $20 \times 10 \times 6 = 1.200 \text{ cm}^3 \times 1,6 \text{ gr/cm}^3$

$$= 1.920 \text{ gr}$$

$$= 1,92 \text{ kg}$$

Maka dari hasil diatas total berat satu buah yaitu 1,92 kg.

Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran satu buah bata yang akan dipakai sebagai campuran uji. Angka-angka tersebut akan dihitung sebagai berikut:

$$\text{Semen} = 0,146 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kapur} = 0,146 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tanah} = 1,168 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,292 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Abu Jerami} = 0,146 \text{ kg/m}^3$$

Jumlah diatas dimaksudkan untuk satu buah bata dan jumlah air disesuaikan dengan jenis tanah dan campuran bahan yang digunakan.

4. Kemudian membuat adonan tanah liat dengan proporsi bahan campuran, lalu dicetak dengan cetakan dan dipadatkan dengan mesin hidrolik. Setelahnya, bata dibiarkan dengan suhu ruang.
5. Selanjutnya, dilakukan pengujian durabilitas dengan ASTM D559, uji penyerapan air, uji kadar garam, uji berat jenis dan uji sifat tampak.
6. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap 5. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.
7. Setelah mendapatkan data hasil pengujian pada tahap 6 maka dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana untuk mendapatkan data atau hasil penelitian yang menghubungkan variabel-variabel yang diteliti harus mengadakan suatu percobaan. Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun data-data pendukung dalam pelaksanaan penelitian yang dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu:

a. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil eksperimen dan pengamatan di laboratorium. Data hasil pengujian ditinjau dari sifat mekanik adalah uji kuat tekan. Sedangkan yang ditinjau dari sifat fisis adalah porositas, daya tahan dan berat jenis bata. Data primer pengujian bahan seperti pengujian kadar air tanah, pengujian berat jenis tanah, pengujian bata cair tanah, pengujian batas plastis, dan indeks plastisitas.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari referensi dan informasi penunjang yang berhubungan dengan penelitian yang dilaksanakan. Data sekunder bagian-bagian dari bata yang dikaji secara umum pada kajian pustaka,

seperti definisi bata, definisi tanah liat, syarat-syarat tanah yang digunakan dalam penelitian dan pengetahuan umum tentang abu jerami. Data yang dipergunakan untuk analisis hasil penelitian adalah data primer, sedangkan data sekunder dipergunakan untuk menunjang analisis data.

3.6 Pengujian Bata

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penambahan abu jerami terhadap daya tahan bata. Analisa data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Daya tahan

Metode pengujian ini digunakan untuk menentukan ketahanan benda uji, perubahan kadar air, dan perubahan volume benda uji yang dipadatkan terhadap pembasahan dan pengeringan berulang. Metode pengujian ini menggunakan prosedur metode uji ASTM D559.

Langkah-langkah pengujian daya tahan adalah sebagai berikut:

- a. Merendam bata selama 5 jam pada suhu ruangan lalu keluarkan dan timbang,
- b. Meletakkan bata pada ruangan dengan suhu ruang selama 19 jam,
- c. Mengulangi langkah 1 dan 2 sebanyak 12 kali,
- d. Menimbang bata dan mengukur untuk menentukan kehilangan massa, perubahan kadar air dan perubahan volume yang dihasilkan oleh pengujian pembasahan dan pengeringan.

Pengujian dapat dihentikan sebelum 12 siklus jika pengukuran menjadi tidak akurat karena hilangnya spesimen tanah-semen.

2. Kuat tekan

Untuk menghitung kuat tekan sampel diperlukan parameter terukur yaitu beban tekan (gaya tekan, F) dan luas bidang sampel bata. Penentuan kuat tekan bata digunakan Pers. (2.2). Hasil dari pengujian sampel menggunakan alat uji kuat tekan (*compression test*) yang berupa grafik data dari sebelum hingga sesudah diberikan beban tekan. Pada grafik tersebut akan diperoleh nilai beban tekan maksimumnya. Hasil pengujian kuat tekan sampel selanjutnya dibandingkan

dengan nilai standar sesuai dengan syarat standar Indonesia yang telah ditetapkan.

Prinsip kerja pengujian kuat tekan bata menggunakan alat *compression test* yaitu dengan memberikan gaya tekan sedikit demi sedikit secara tertur pada benda semaksimal mungkin sampai benda tersebut retak atau patah.

Langkah-langkah pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

- a. Mengukur panjang, lebar dan tinggi sampel yang akan diuji,
- b. Meletakkan sampel di tengah area pembebanan pada permukaan mesin uji tekan,
- c. Mengatur permukaan alat penekan pada mesin hingga bersentuhan dengan permukaan sampel,
- d. Menyalakan mesin dan mesin akan memberikan beban tekan otomatis yang bergerak secara konstan sampai mencapai beban maksimum,
- e. Menghentikan proses uji tekan setelah sampel patah, kemudian melihat hasil rekaman data mesin di monitor alat,
- f. Mencatat parameter beban maksimum sampel yang diperoleh dari grafik hasil pengujian kuat tekan.

3. Penyerapan air

Pengujian porositas atau daya serap air dilakukan dengan menimbang massa sampel bata kering hasil pengeringan terlebih dahulu. Merendamnya dalam air selama 24 jam, setelah itu menimbang massa bata basah setelah perendaman. Nilai penyerapan air pada bata dapat diperoleh dari hasil pengukuran massa kering oven dan massa basah sampel yang masing-masing diukur menggunakan alat timbangan digital. Penentuan porositas pada sampel bata dapat dihitung menggunakan Pers (2.3). Setelah pengujian porositas maka selanjutnya dibandingkan nilai standar berdasarkan referensi yang telah ditentukan.

4. Kadar garam

Pengujian kadar garam dilakukan dengan mengukur terlebih dahulu benda uji, panjang, lebar dan tingginya. Kemudian masukkan benda uji kedalam bak rendaman, tunggu beberapa saat setelah itu angkat bata kemudian amati bercak-bercak putih dibagian sisi panjangnya. Kemudian mengukur bercak putih yang ada pada bata menggunakan mistar atau penggaris.

5. Berat jenis

Pengujian berat jenis dilakukan dengan menimbang terlebih dahulu bata, kemudian membagi berat bata dengan volume bata maka akan didapatkan nilai berat jenis bata.

6. Sifat tampak

Pengujian sifat tampak ini dilakukan dengan bata, melihat apakah bata retak, sudutnya siku atau tidak, warnanya seragam dan jika diketuk berbunyi nyaring.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga fase yaitu fase pertama persiapan material, fase kedua pembuatan benda uji dan fase ketiga pengujian sampel di Laboratorium. Untuk persiapan material, pembuatan benda uji dan pengujian sampel di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Proses pembuatan bata tanpa bakar dilakukan pencampuran limbah abu jerami padi. Pencampuran limbah tersebut bertujuan sebagai bahan tambah dengan perbandingan campuran tanah liat, semen, pasir, kapur dan AJP untuk lebih jelasnya dapat diuraikan variasi komposisi sampelnya seperti pada Bab 3 tabel 3.4.

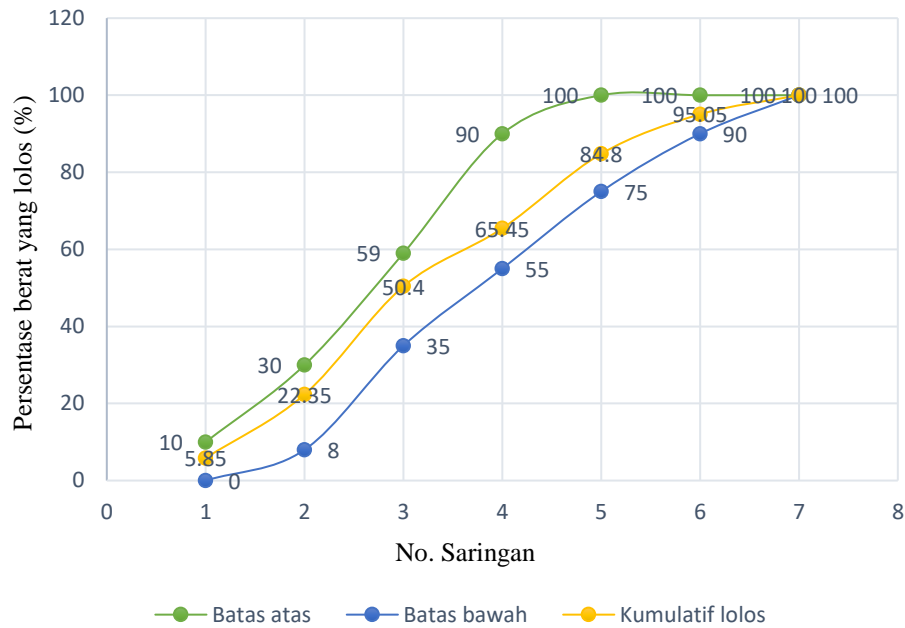
Sampel bata tanpa bakar yang dibuat berbentuk persegi panjang dengan ukuran dimensi panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 6 cm. Sampel yang dibuat untuk satu variasi terdiri dari 9 sampel. Untuk tahap pengujiannya meliputi pengujian sifat tampak, kadar garam, penyerapan air, berat jenis atau densitas dan daya tahan bata yang dilakukan pada umur 28 hari.

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pasir merupakan suatu partikel-partikel yang lebih kecil dari kerikil dan lebih besar dari butiran lempung yang berukuran 5-0,074 mm yang bersifat tidak plastis dan tidak kohesi. Pasir digunakan untuk campuran pembuatan bata (Daniswara dan Walujodjati, 2022).

4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan dilakukan berdasarkan (SNI 03-1968-1990), tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1 dan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik analisa saringan agregat halus.

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

$$\text{Modulus kehalusan (finess modulus)} = \frac{276,10}{100} = 2,76\%$$

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

4.2.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

Ada beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas pasir. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah dengan pengujian kadar lumpur dalam pasir dengan cara endapan lumpur. Pengujian harus memenuhi SNI S-04-1989-F yaitu kadar lumpur pada agregat normal mengandung agregat halus (pasir) maksimal 5% dan untuk agregat kasar (split) maksimal 1% (Batubara dkk., 2022).

Dari hasil uji kadar lumpur pada Lampiran 2 didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,1%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu maksimal

5% (SK SNIS-04-1989-F, 1989), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.2.3 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan berdasarkan (SNI 03-1971-1990) untuk mendapatkan perbandingan antara air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering.

Dari pengujian kadar air pada Lampiran 3, agregat halus yang menggunakan 2 sampel dengan hasil kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6,52% sehingga nilai rata-rata yang didapat sebesar 5,43%. Hasil tersebut memenuhi standard yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20%.

4.3 Pemeriksaan Tanah

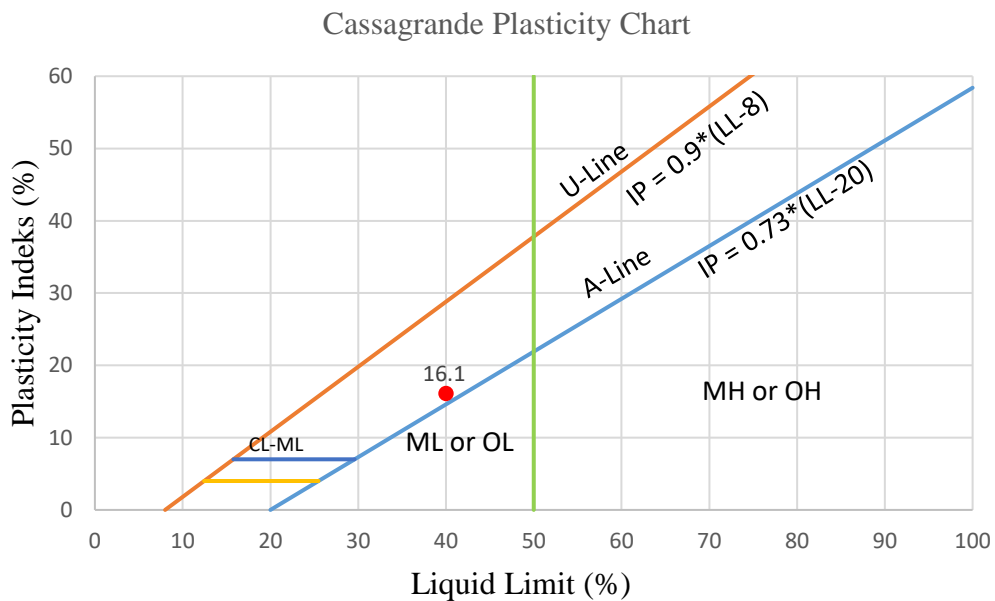
Pemeriksaan tanah memiliki fungsi penting dalam memastikan kualitas bahan baku yang digunakan, seperti menentukan persentase kadar air yang terkandung dalam tanah sehingga dapat memenuhi standard kualitas tertentu.

4.3.1 Uji Indeks Plastisitas Tanah Merah

Pengujian Indeks Plastisitas tanah dilakukan berdasarkan (SNI 15-2094-2000) untuk menentukan keadaan peralihan antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji *casagrande*. Kemudian hubungan kadar air dan jumlah pukulan yang didapatkan dari hasil pengujian menggunakan alat *casagrande* digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan. Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu presentase kadar air dimana tanah yang berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm dalam keadaan mulai retak ketika digulung. Sedangkan Indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan nilai plastisitas tanahnya. Jika tanah

mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering.

Gambar 4.2 memberikan hubungan antara batas cair dan indeks plastisitas tanah, yang mana dikenal dengan grafik plastisitas (*plasticity chart*) Casagrande. Hal yang penting dalam grafik plastisitas ini adalah garis pembagi (Garis-A) yang membedakan derajat plastisitas dari tanah menjadi plastis dari tanah menjadi plastisitas tinggi dan rendah. Garis-A memiliki persamaan garis lurus: $PI = 0,73*(LL-20)$. Garis-A ini memisahkan antara merah inorganik dan lanau inorganik. Merah inorganik akan berada di atas Garis-A dan lanau inorganik berada di bawah Garis-A. Lanau organik berada dalam bagian yang sama (di bawah Garis-A dan dengan LL berkisar antara 30-50%) yang mana merupakan lanau inorganik dengan derajat pemampatan sedang. Merah organik berada dalam bagian yang sama dimana memiliki derajat penampatan yang tinggi (di bawah Garis-A dan LL lebih besar dari 50%). Selain Garis-A, terdapat pula Garis-U (*U-Line*) yang merupakan batas atas dari hubungan antara indeks plastisitas dan batas cair untuk suatu tanah. Garis-U mengikuti persamaan garis lurus: $PI = 0,9*(LL-8)$ (Febrijanto dkk., 2016).(Mudjiono, n.d.) Hasil pengujian plastisitas tanah Merah dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2: Grafik plastisitas tanah Merah.



Gambar 4.3: Uji Indeks Plastisitas Tanah Merah.

Dari hasil pengujian plastisitas tanah Merah dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Gambar 4.2. Diperoleh Batas cair (*Liquid Limit*) 44% sedangkan Batas Plastis (*Plastic Limit*) 27,5%, maka didapat Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) dari tanah Merah sebesar 16,1%. Berdasarkan nilai Indeks plastisitas yang diperoleh maka tanah pada penelitian ini termasuk tanah merah inorganik dengan indeks plastisitas sedang.

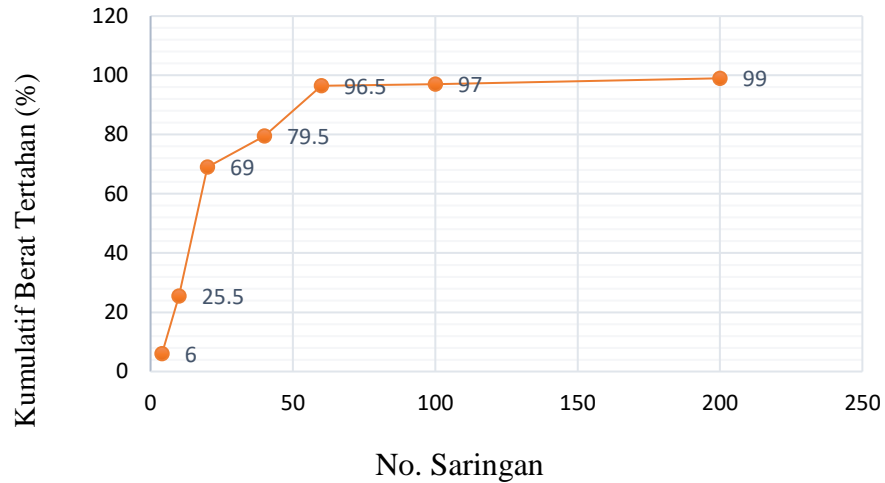
4.3.2 Uji Kadar Air Tanah

Pengujian kadar air tanah dilakukan berdasarkan (SNI 03-1995-1990) yang bertujuan untuk memeriksa dan menentukan kadar air dari sampel tanah. Kadar air merupakan perbandingan berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah. Kadar air diberi simbol notasi w dan dinyatakan dalam persen (%). Dari hasil uji kadar kadar air tanah Merah pada Lampiran 5, didapat nilai rata-rata 32,8% maka hasil tersebut memenuhi standard yang telah ditentukan yaitu 20% - 100%.

4.3.3 Analisa Butiran Tanah Merah

Analisa butiran dilakukan dengan cara mengayak dengan menggetarkan sampel tanah melalui satu set ayakan, dimana diameter dari ayakan tersebut berurutan dan semakin kecil. Analisa saringan ini dilakukan pada tanah yang

tertahan pada ayakan No. 200 (SNI 3423-2008). Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.4: Grafik analisa butiran tanah Merah.



Gambar 4.5: Analisa Butiran Tanah Merah.

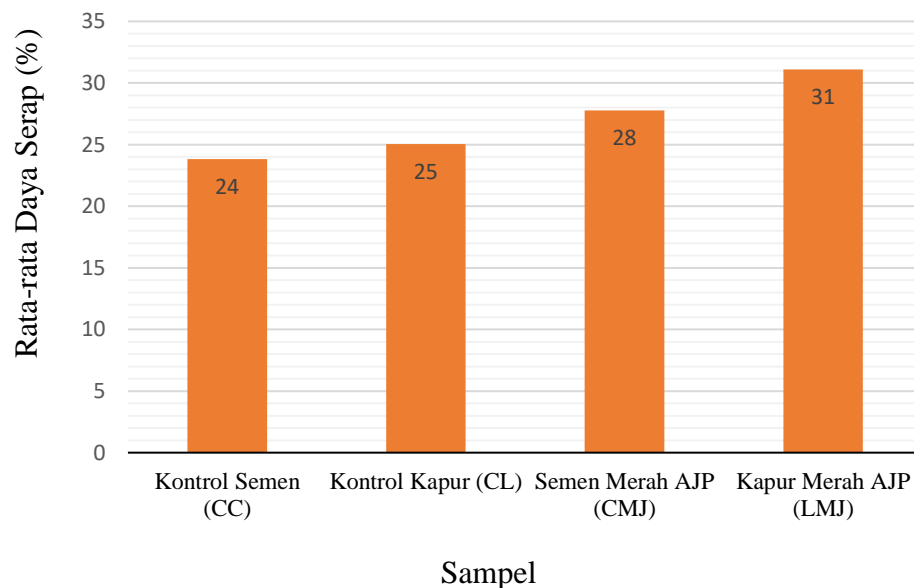
Dari hasil pengujian analisa butiran tanah Merah pada Gambar 4.3. Klasifikasi menurut standard SNI tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik, tanah termasuk berbutir kasar dengan lolos saringan 200 kurang dari 50% yaitu sebesar 1%.

4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Bata Tanpa Bakar

Pada sub bab ini akan dijelaskan hasil dan analisa pengujian penyerapan air, berat jenis, kadar garam, sifat tampak dan daya tahan yang telah dilakukan dalam pengujian bata tanpa bakar.

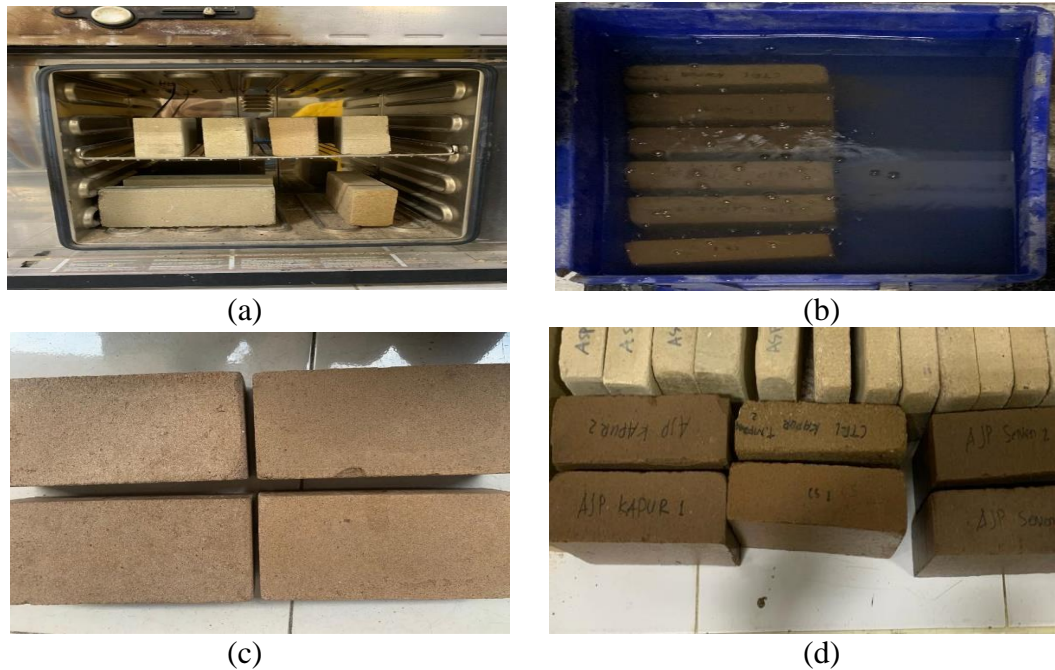
4.4.1 Penyerapan Air Bata Tanpa Bakar

Pengujian daya serap air pada bata tanpa bakar merupakan pengukuran daya serap dengan melihat persentase perbandingan antara selisih massa basah dan massa kering sampel yang direndam selama 24 jam. SNI atau Standar Nasional Indonesia (ASTM C-67-03) mensyaratkan daya serap air yang diperbolehkan pada batu bata merah sebesar 20%. Berikut grafik dan gambar hasil dari pengujian daya serap air pada bata tanpa bakar sesuai dengan Pers. 2.3.



Gambar 4.6: Grafik penyerapan air bata tanpa bakar.

Langkah-langkah pengujian daya serap air disajikan dalam bentuk yang mana pada gambar menunjukkan proses uji daya serap air sebagai salah satu pengujian bata tanpa bakar.



Gambar 4.7: Proses pengujian daya serap air: a) dioven b) direndam c) setelah dioven d) setelah direndam.

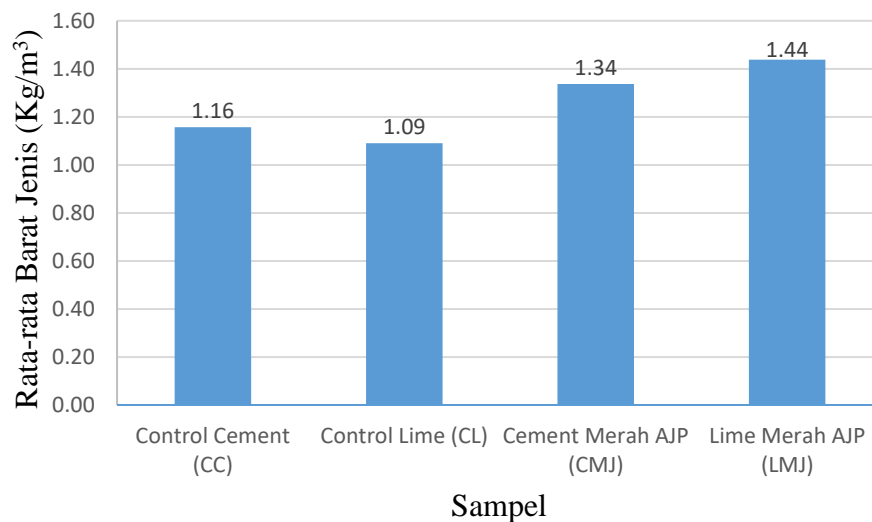
Dari hasil pengujian daya serap air yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Lampiran 7 diperoleh nilai daya serap bata dari 4 variasi adalah 29% yang artinya tidak sesuai dengan SNI atau Standar Nasional Indonesia yang diperbolehkan pada batu bata merah yakni sebesar 20%. Untuk saat ini standar yang ada di Indonesia masih menggunakan standar bata bakar sehingga nilai yang ditetapkan tidak dapat menjadi acuan multak untuk bata tanpa bakar.

Gambar 4.6 dengan jelas menunjukkan bahwa penyerapan air bata tanpa bakar meningkat dari kontrol, tingkat penyerapan air dari campuran Cement Merah AJP (CMA) dan Lime Merah AJP (LMA) adalah 28% dan 31% lebih besar dibandingkan dengan kontrol tanpa Abu Jerami Padi (AJP). Hal tersebut diakibatkan karena sifat hidrofilik dari AJP yang cenderung menarik dan menyerap air. Jika AJP ini dicampurkan ke dalam campuran bata, abu jerami dapat membantu menyerap lebih banyak air daripada bata tanpa bahan tambah AJP.

Penyerapan air dengan bahan tambah AJP ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Narendra, dkk. Hasil penyerapan air pada penelitian Narendra, dkk sebesar 40,54%.

4.4.2 Berat Jenis Bata Tanpa Bakar

Berat jenis adalah massa atau massa sampel yang terdapat dalam satu satuan volume. Untuk memperoleh nilai densitas bahan sampel diperlukan parameter yaitu massa kering dan volume (panjang, lebar dan tinggi). Adapun hasil pengujian berat jenis bata yang diperoleh seperti dalam Gambar 4.8.

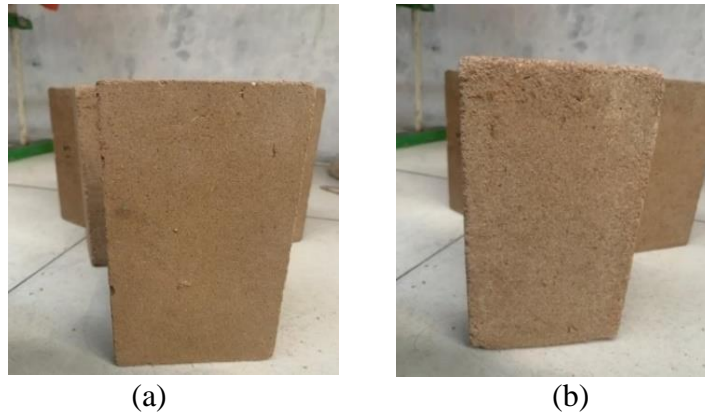


Gambar 4.8: Grafik pengujian berat jenis bata.

Dari Gambar 4.8 dan Lampiran 8 rata-rata berat jenis bata tanpa bakar yaitu 1,4 (g/cm^3). Nilai berat jenis bata tanpa bakar ini tidak memenuhi spesifikasi berat jenis bata normal yang berkisar antara $1,60 \text{ gr}/\text{cm}^3 - 2,00 \text{ gr}/\text{cm}^3$ (Badan Standardisasi Nasional (SNI 03-4164-1996)). Apabila dibandingkan dengan nilai berat jenis bata pada penelitian (Amin, 2014), hasil berat jenis bata penelitian Amin jauh lebih tinggi dengan nilai rata-rata $2,4 \text{ gr}/\text{cm}^3$. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa adanya berat massa berbanding lurus dengan hasil berat jenis.

4.4.3 Kadar Garam Bata Tanpa Bakar

Adapun hasil pengujian kadar garam yang terkandung pada bata tanpa bakar untuk tanah Merah dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9: Proses pengujian kadar garam: a) bata tanpa bakar dengan campuran semen
b) bata tanpa bakar dengan campuran kapur.

Dari hasil penelitian pada Gambar 4.9 dan Lampiran 9 tidak menunjukkan adanya bercak putih yang menandakan adanya kadar garam. Maka diperoleh nilai kadar garam bata dari 4 variasi adalah 0%, sehingga dapat dikatakan bahwa tersebut tidak membahayakan karena nilai hasil pengujian masih sesuai dengan standard SNI 15-2094-2000 dimana jika kandungan kadar garam lebih 50% yang terkandung pada bata tersebut atau sampai menutupi bata, maka bata tersebut dapat membahayakan jika digunakan.

4.4.4 Sifat Tampak Bata Tanpa Bakar

Hasil pengujian sifat tampak bata tanpa bakar yang diperoleh dapat dilihat dalam Lampiran 10 dan sampel setelah pengujian dalam Gambar 4.10.

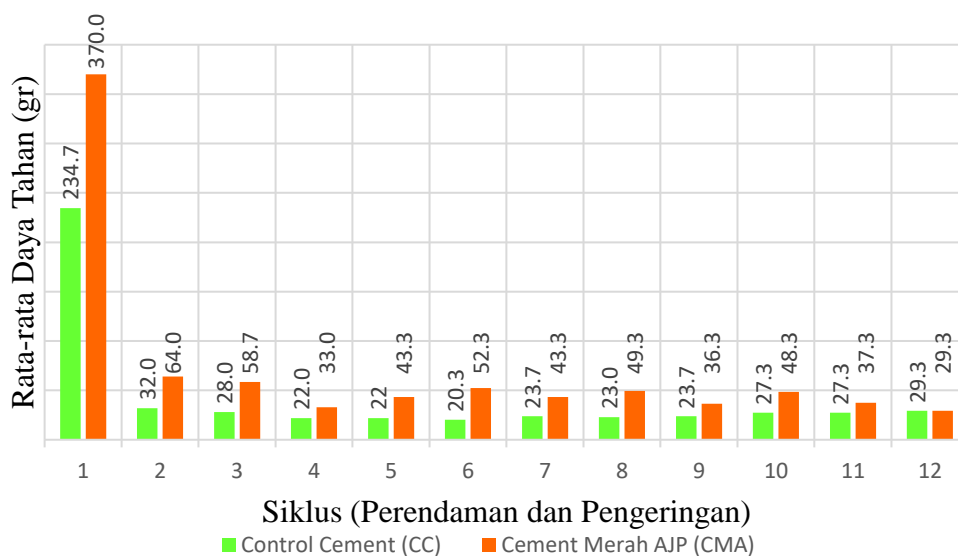


Gambar 4.10: Sifat tampak bata: a) tampak samping b) tampak atas.

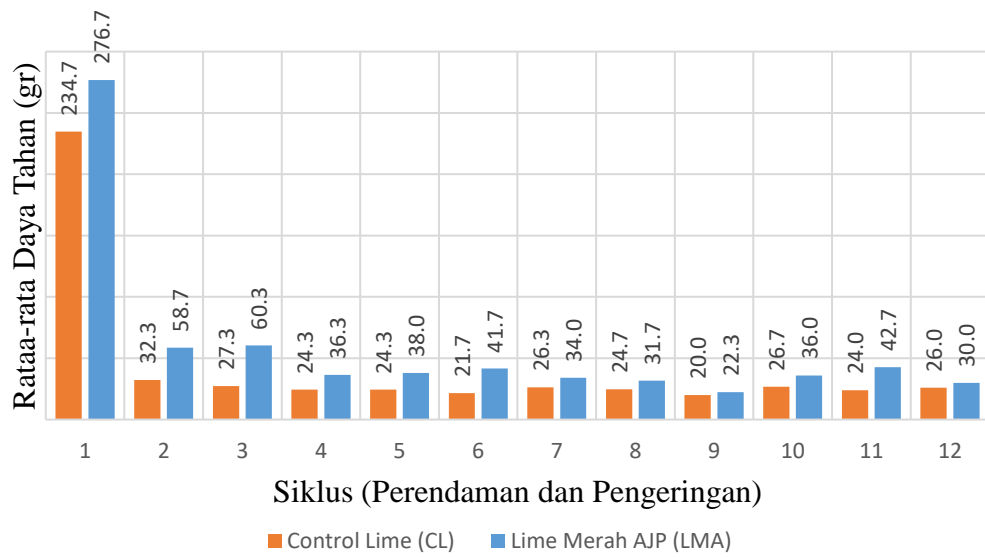
Setelah dilakukan pencetakan sampel bata dari 4 komposisi, jika dilihat dari tampak luar bata yang dicetak sudah memenuhi ketentuan SNI 15-2094-2000 masuk pada Modul M-6b. Berdasarkan pengamatan visual bata mempunyai warna coklat muda. Bentuk bata dengan penambahan AJP seluruhnya memiliki bidang rata dan sudutnya siku dan tajam serta kerapuhan 0%. Sementara itu ditinjau dari keretakan, keseluruhan bata bentuknya tidak retak. Hal ini dikarenakan AJP mampu bersubstitusi dengan partikel tanah, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pengikat yang akan mengurangi keretakan dan kerapuhan.

4.4.5 Daya Tahan Bata Tanpa Bakar

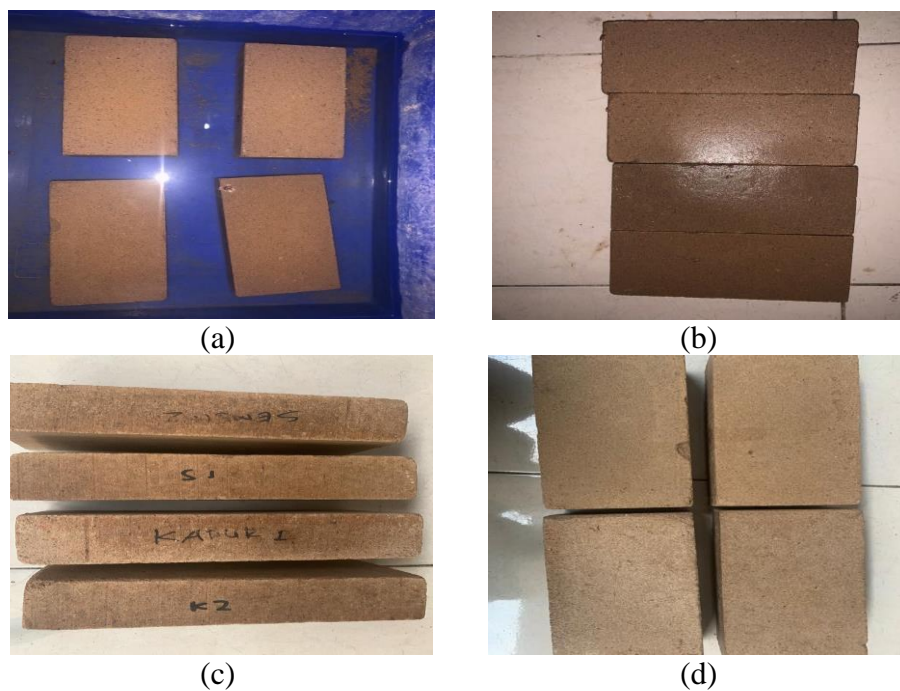
Pengujian daya tahan dengan metode *drying* dan *wetting* pada bata tanpa bakar merupakan pengukuran daya tahan bata yang bertujuan untuk melihat kemampuan bata dapat bertahan terhadap siklus pengeringan dan pelunakan yang berulang. Pengujian daya tahan pada bata tanpa bakar dilakukan dengan melihat persentase perbandingan antara selisih massa basah dan massa kering pada sampel yang direndam selama 5 jam, pengeringan dengan suhu ruang selama 19 jam dan dilakukan sebanyak 12 siklus sesuai dengan standar ASTM D559. Berikut hasil pengujian dan proses uji daya tahan dengan metode *drying* dan *wetting* pada bata tanpa bakar dapat dilihat pada Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



Gambar 4.11: Grafik pengujian daya tahan bata pada pengikat semen.



Gambar 4.12: Grafik pengujian daya tahan bata pada pengikat kapur.



Gambar 4.13: Proses uji daya tahan dengan metode *drying* dan *wetting*: a) bata direndam 5 jam b) setelah direndam c) dikeringkan 19 jam d) setelah dikeringkan.

Hasil uji daya tahan dengan metode *drying* dan *wetting* yang dilakukan terhadap sampel bata tanpa bakar, baik sampel bata kontrol maupun sampel bata dengan menggunakan bahan tambah Abu Jerami Padi (AJP) yang telah mengalami

siklus *drying* dan *wetting* hasilnya tersaji pada Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Lampiran 11. Pada Gambar 4.13 merupakan proses pengujian daya tahan bata, dimulai dari perendaman hingga *drying* dan *wetting* sampai 12 siklus. Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 menunjukkan semakin banyak siklus yang dilakukan terhadap sampel bata, nilai serapan air cenderung menurun dari siklus satu ke siklus berikutnya. Nilai serapan air tertinggi dicapai pada siklus 1.

Berdasarkan Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 terjadi peningkatan penyerapan air pada bata dengan bahan tambah AJP. Nilai penyerapan air bata dengan penambahan AJP lebih tinggi dibandingkan dengan kontrolnya. Hal tersebut diakibatkan sifat dari AJP yang mampu menyerap air. Berdasarkan hasil pengujian daya tahan dengan menggunakan 12 siklus pengujian, perubahan bentuk sampel bata tanpa bakar dengan bahan tambah AJP juga dapat dilihat pada Gambar 4.13. Dari perubahan bentuk yang terlihat dapat dilihat bahwa sampel bata tanpa bakar memiliki ketahanan yang tinggi terhadap erosi.

Banyaknya jumlah siklus pengujian tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan kondisi fisik sampel bata tanpa bakar. Dapat disimpulkan bahwa jumlah siklus pengujian pada uji daya tahan bata tanpa bakar tidak berpengaruh pada kehancuran bata.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposisi sampel yang memenuhi syarat dengan komposisi 61% tanah merah, masing-masing semen dan kapur 8%, pasir 15% dan bahan tambah Abu Jerami Padi (AJP) sebesar 16% dengan rata-rata nilai penyerapan air 29% tidak sesuai dengan SNI atau Standar Nasional Indonesia yang diperbolehkan pada bata merah yakni sebesar 20%.
2. Penambahan Abu Jerami Padi (AJP) dapat meningkatkan daya tahan bata tanpa bakar sebesar 29,3% untuk variasi Cement Merah AJP (CMA) dan 16,3% untuk variasi Lime Merah AJP (LMA).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat saran dari penulis yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi komposisi yang berbeda terhadap penggunaan Abu Jerami Padi (AJP) untuk mengetahui daya tahan dengan metode *drying* dan *wetting* terhadap bata yang akan dihasilkan.
2. Sebaiknya pendiaman bata dilakukan secara bervariasi misalnya 7 hari, 14 hari dan 28 hari, agar dapat diketahui apakah faktor waktu dapat mempengaruhi daya tahan bata, daya serap air dan berat jenis bata tanpa bakar.
3. Sebaiknya perlu adanya penambahan jumlah sampel agar dapat menghindari adanya kesalahan atau kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amazian, L. (2018). Unfired Clay Bricks With Enhanced Properties Project Report. School Of Science And Engineering-Al Akhwayn University, November.
- Amin, M. (2014). Inovasi Material Pada Pembuatan Bata Merah Tanpa Dibakar Untuk Kemakmuran Industri Kerakyatan. *Jurnal Kelitbangan*, 02(03), 13–31.
- Ardi, A. W., & Said, M. (2016). Uji Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata Dengan Penambahan Agregat Limbah Cangkang Telur. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 3(1), 69–80.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah Sni 3423:2008. *Sni 3423:2008*, 1–27.
- Badan Standardisasi Nasional (Bsn). (2000). Sni-15-2094-2000 Solid Red Brick For Walls. In *Sni 15-2094-2000* (Pp. 11–22).
- Batubara, F. Y., Studi, P., Mekanisasi, T., Pertanian, P., & Payakumbuh, N. (2022). *Kabupaten Limapuluh Kota*. 12(01), 95–100.
- Christiawan, I., & Darmanto, S. (2010). Perlakuan Bahan Bata Merah Berserat Abu Sekam Padi. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Daniswara, & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi*, 20(1), 95–102. <https://doi.org/10.33364/Konstruksi/V.20-1.1018>
- Darwis, D., Ulum, S., & Kurniawan, G. (2016a). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Berbahan Abu Sekam Padi Dan Kapur Banawa. *Prosiding Snf-Mks 2015 Karakteristik*.
- Darwis, D., Ulum, S., & Kurniawan, G. (2016b). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Berbahan Abu Sekam Padi Dan Kapur Banawa Charateristic. *Gravitasi*, 15(2), 1–9.
- Dwillianto, R., & Roza, A. (N.D.). *Pengaruh Drying And Wetting Cycle Terhadap Kuat Tekan Bata*. 655–665.
- Ekayadi, M., Rawiana, S., & Joedono. (2014). Pengaruh Abu Jerami Dan Serbuk Jerami Sebagai Komponen Bahan Terhadap Kualitas Bata. *Jurnal Spektrum Sipil*, 1(1).
- Febrijanto, I. R., Hardiana, Y., Hidayat, D., Wicaksono, S., Jaenudin, A., Suherman, D. M., Sumarno, & Marzuki, I. (2016).
- Handayani, S. (2010). Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 12(1), 41–50.
- Haryanti, N. H., & Wardhana, H. (2019). Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika Dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara. *Jurnal Fisika Indonesia*, 21(3), 11.

- Hasanah, M. S., Yushardi, Y., & Lesmono, A. D. (2021). Uji Kuat Tekan Daya Serap Air Dan Massa Jenis Batu Bata Merah Berbahan Tambahan Abu Kulit Dan Janggal Jagung Di Wuluhan Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(2), 41.
- Irwansyah, Faiz Isma, M. P. (2018). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam. *Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam*, 4(2), 8–12.
- Malkanthi, S. N., & Perera, A. (2018). Durability Of Compressed Stabilized Earth Blocks With Reduced Clay And Silt. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 431(8), 0–8.
- Mudjiono, S. (N.D.). *Slamet Mudjiono*.
- Narendra, K., Siswanto, B., & Sunarsih, E. S. (2018). Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Dengan Abu Jerami Padi Terhadap Nilai Thermal Properties Karakteristik Fisis Dan Mekanik Sebagai Upaya Memetakan Material Batu Bata Yang Ramah Lingkungan. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 4(1).
- Nikodemus Tandung, Rachman, R., & Alpius. (2021). Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami Sebagai Pengganti Filler. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), 595–601.
- Pakka, A. I. E., & Rachman, R. (2021). Karakteristik Campuran Laston Lapis Antara Menggunakan Abu Jerami Sebagai Bahan Substitusi Filler. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(3), 441–447.
- Rahmawati, A., & Ida Nugroho Saputro. (2015). 6 Penambahan Abu Jerami Dan Abu Sekam Padi Pada Campuran Batu Bata Untuk Meningkatkan Kualitas Dan Efisiensi Produksi Batu Bata Industri Tradisional. *Eco Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 16–22.
- Riyanto, D. P., -, S., Prasetyo, W., & Arisanto, P. (2021). Pemanfaatan Sedimen Sungai Untuk Bahan Baku Unfired Bricks (Bata Tanpa Bakar). *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(2), 101–114.
- Sk Sni S-04-1989-F. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan. *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Sni 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. *Sni 03-1968-1990*, 1–5.
- Sni 03-1971-1990. (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. *Badan Standarisasi Nasional*, 27(5), 6889.
- Sudarsana, I., Made Budiwati, I., & Angga Wijaya, Y. (2011). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Terbuat Dari Abu Sekam Padi Dan Serbuk Batu Tabas. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 93–101.
- Syahland, S. J. (2021). Pengaruh Proses Pembuatan Batu Bata Merah Asal Lampung Terhadap Karakteristik Batu Bata Yang Dihasilkan. *Kelitbangan*, 04(01), 462.

- 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.
- Witjaksana, B., Sarya, G., & Widhiarto, H. (2016). Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar Dengan Campuran Sodium Hiroksida (Naoh) Dan Sodium Silikat (Na_2SiO_3). *01(01)*, 25–32.
- Yunita, U., & Andajani, N. (2013). Pengaruh Pembasahan (Wetting) Dan Pengerangan (Drying) Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Kemampuan Kembang Susut Tinggi Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Qu) The Influence Of Wetting And Drying Cycle To Expansive Clay With High Swelling Shrinkage P.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Analisa saringan agregat halus

No. Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8"	0	0	0	100
No.4	99	4.95	4.95	95.05
No.8	205	10.25	15.20	84.80
No.16	387	19.35	34.55	65.45
No.30	301	15.05	49.60	50.40
No.50	561	28.05	77.65	22.35
No.100	330	16.50	94.15	5.85
Pan	117	5.850		0
Total	2000	100	276.10	

Lampiran 2: Kadar lumpur agregat halus

Uraian	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1)	511	507
Berat pasir kering (W2), gr	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	995	992
Berat lumpur (W4), gr	16	15
Kadar lumpur, %	3.2	3.0
Kadar lumpur rata-rata, %	3.1	

Lampiran 3: Kadar air agregat halus

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6991	7436
Berat contoh SSD	gr	6480	6928
Berat contoh kering oven dan berat wadah	gr	6722	7012
Berat wadah	gr	511	508
Berat air	gr	269	424
Berat contoh kering	gr	6211	6504
Kadar air	%	4.33	6.52
Rata-rata	%	5.43	

Lampiran 4: Indeks Plastisitas tanah merah

Batas Cair (Liquid Limit Test) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Merah								
No	pemeriksaan	Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
			I	II	III	IV	I	II
1	Banyak pukulan		40	31	21	19		
2	Nomor Cawan		I	II	III	IV	I	II
3	Berat cawan + tanah basah (W2)	gr	27	22	28	21	20	21
4	Berat cawan + tanah kering (W3)	gr	22	18	23	17	18	18
5	Berat air ($W_w = W_2 - W_3$)	gr	5	4	5	4	2	3
6	Berat Cawan (W1)	gr	10	10	8	10	10	8
7	Berat tanah kering ($W_5 = W_3 - W_1$)	gr	12	8	13	9	8	10
8	Kadar Air ($W = (W_w / W_5) \times 100\%$)	%	41.7	50	38.5	44.4	25	30
9	Kadar Air rata-rata (w)	%	44				27.5	

LL	PL	PI
44	27.5	16.1

Lampiran 5: Kadar air tanah merah

Kadar Air Tanah Merah		
No. cawan	1	2
Berat Cawan (W1)	9	9
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	50	49
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	40	39
Berat Air (W2-W3)	10	10
Berat Tanah Kering (W3-W1)	31	30
Kadar Air (w)	32.3	33.3
Rata-rata (%)	32.8	

Lampiran 6: Analisa butiran tanah merah

Analisa Butiran Tanah Merah					
No Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	% Berat tertahan	% Kumulatif berat tertahan	% Tanah yang lolos saringan
4	4.750	60	6	6	94
10	2.000	195	19.5	25.5	74.5
20	0.850	435	43.5	69	31
40	0.425	105	10.5	79.5	20.5
60	0.250	170	17	96.5	3.5
100	0.150	5	0.5	97	3
200	0.075	20	2	99	1
Pan		10	1	100	0
Jumlah		1000			

Lampiran 7: Penyerapan air bata tanpa bakar

No	Kode Sampel	Jumlah Sampel	Berat Bata Basah (gr)	Berat Bata Kering (gr)	Daya Serap (%)	Rata-rata (%)
1	Kontrol Semen (CC)	1	1606	1292	24.3	24
		2	1606	1302	23.3	
2	Kontrol Kapur (CL)	1	1607	1289	24.7	25
		2	1613	1286	25.4	
3	Semen Merah SKT (CGT)	1	1863	1472	26.6	28
		2	1896	1470	29.0	
4	Kapur Merah SKT (LGT)	1	1899	1453	30.7	31
		2	1903	1447	31.5	

Lampiran 8: Berat jenis bata tanpa bakar

No	Kode	Jumlah Sampel									rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Control Cement (CC)	1	1.04	1.16	1.21	1.14	1.18	1.19	1.32	1.19	1.16
2	Control Lime (CL)	1.01	1.24	1.11	1.06	1.06	1.09	1.08	1.11	1.07	1.09
3	Cement Merah AJP (CMA)	1.13	1.28	1.45	1.32	1.37	1.27	1.49	1.34	1.44	1.34
4	Lime Merah AJP (LMA)	1.69	1.51	1.38	1.38	1.47	1.35	1.45	1.37	1.44	1.44
Rata-rata berat jenis											1.26

Lampiran 9: Kadar garam bata

No	Kode sampel	Jumlah	Dimensi Batu Bata (mm)		Luas Batu Bata (mm ²)	Dimensi Kadar Garam		Luasan Kadar Garam (mm)	Persentase Kadar Garam (%)
			Panjang	Lebar		Lebar	Panjang		
1	Control Cement (CC)	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
2	Control Lime (CL)	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
3	Cement Merah AJP (CMA)	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
4	Lime Merah AJP (LMA)	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
Rata-rata									0

Lampiran 10: Sifat tampak bata

Kode sampel	Sudut siku		Nyaring bila dipukul		Warna seragam		Tidak retak		Datar	
	Sampe 1	Sampe 12	Sampe 11	Sampe 12	Sampe 11	Sampe 12	Sampe 11	Sampe 12	Sampe 11	Sampe 12
Control Cement (CC)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Control Lime (CL)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Cement Merah AJP (CMA)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Lime Merah AJP (LMA)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Lampiran 11: Daya tahan bata dengan metode drying dan wetting

No	Siklus	Kode Sampel	Jumlah	Drying (gr)	Wetting (gr)	Serapan Air (gr)	Rata-rata (gr)
1	1	CC	1	1376	1613	237	234.7
			2	1362	1594	232	
			3	1369	1604	235	
2		CL	1	1364	1602	238	234.7
			2	1369	1602	233	
			3	1368	1601	233	
3		CMA	1	1601	1970	369	370.0
			2	1608	1979	371	
			3	1605	1975	370	
4		LMA	1	1591	1993	402	276.7
			2	1969	1985	16	
			3	1560	1972	412	
5	2	CC	1	1584	1604	20	32.0
			2	1567	1608	41	
			3	1572	1607	35	
6		CL	1	1575	1619	44	32.3
			2	1577	1597	20	
			3	1576	1609	33	
7		CMA	1	1903	1975	72	64.0
			2	1931	1988	57	
			3	1924	1987	63	
8		LMA	1	1940	2000	60	58.7
			2	1926	1992	66	
			3	1930	1980	50	
9	3	CC	1	1584	1612	28	28.0
			2	1584	1613	29	
			3	1586	1613	27	
10		CL	1	1598	1624	26	27.3
			2	1574	1603	29	
			3	1588	1615	27	
11		CMA	1	1919	1978	59	58.67
			2	1925	1991	66	
			3	1930	1981	51	
12		LMA	1	1928	2000	72	60.33
			2	1934	1995	61	
			3	1937	1985	48	
13	4	CC	1	1590	1611	21	22.0
			2	1589	1613	24	

			3	1587	1608	21		
14		CL	1	1602	1626	24	24.3	
			2	1580	1603	23		
			3	1586	1612	26		
15		CMA	1	1947	1978	31	33.0	
			2	1960	1991	31		
			3	1944	1981	37		
16		LMA	1	1962	2004	42	36.3333333	
			2	1961	1999	38		
			3	1957	1986	29		
17	5	CC	1	1590	1611	21	22	
			2	1589	1613	24		
			3	1587	1608	21		
18		CL	1	1602	1626	24	24.3	
			2	1580	1603	23		
			3	1586	1612	26		
19		CMA	1	1934	1978	44	43.3	
			2	1936	1989	53		
			3	1948	1981	33		
20		LMA	1	1957	2001	44	38.0	
			2	1957	1996	39		
			3	1957	1988	31		
21		6	CC	1	1593	1612	19	20.3
				2	1597	1618	21	
				3	1593	1614	21	
22	CL		1	1608	1628	20	21.7	
			2	1584	1605	21		
			3	1590	1614	24		
23	CMA		1	1920	1977	57	52.3	
			2	1937	1990	53		
			3	1935	1982	47		
24	LMA		1	1958	2003	45	41.7	
			2	1954	1998	44		
			3	1952	1988	36		
25	7	CC	1	1585	1610	25	23.7	
			2	1594	1614	20		
			3	1586	1612	26		
26		CL	1	1595	1626	31	26.3	
			2	1580	1603	23		
			3	1586	1611	25		
27			CMA	1	1929	1979	50	43.3

			2	1953	1990	37	
			3	1939	1982	43	
			1	1971	2005	34	
28		LMA	2	1958	1997	39	34.0
			3	1958	1987	29	
			1	1585	1607	22	
29		CC	2	1589	1612	23	23.0
			3	1584	1608	24	
			1	1599	1623	24	
30	8	CL	2	1573	1599	26	24.7
			3	1585	1609	24	
			1	1925	1976	51	
31		CMA	2	1947	1991	44	49.3
			3	1931	1984	53	
			1	1960	2004	44	
32		LMA	2	1965	1996	31	31.7
			3	1967	1987	20	
			1	1585	1606	21	
33		CC	2	1586	1610	24	23.7
			3	1582	1608	26	
			1	1606	1624	18	
34	9	CL	2	1579	1601	22	20.0
			3	1588	1608	20	
			1	1941	1977	36	
35		CMA	2	1962	1990	28	36.3
			3	1940	1985	45	
			1	1968	2001	33	
36		LMA	2	1968	1996	28	22.3
			3	1981	1987	6	
			1	1580	1604	24	
37		CC	2	1580	1608	28	27.3
			3	1575	1605	30	
			1	1602	1624	22	
38	10	CL	2	1576	1598	22	26.7
			3	1575	1611	36	
			1	1922	1976	54	
39		CMA	2	1950	1991	41	48.3
			3	1933	1983	50	
			1	1958	2002	44	
40		LMA	2	1959	1997	38	36.0
			3	1960	1986	26	

41	11	CC	1	1579	1603	24	27.3
			2	1575	1604	29	
			3	1574	1603	29	
42		CL	1	1600	1624	24	24.0
			2	1575	1599	24	
			3	1586	1610	24	
43		CMA	1	1940	1975	35	37.3
			2	1951	1991	40	
			3	1948	1985	37	
44		LMA	1	1961	2001	40	42.7
			2	1947	1997	50	
			3	1948	1986	38	
45	12	CC	1	1576	1601	25	29.3
			2	1575	1605	30	
			3	1570	1603	33	
46		CL	1	1591	1619	28	26.0
			2	1572	1597	25	
			3	1583	1608	25	
47		CMA	1	1950	1978	28	29.3
			2	1961	1991	30	
			3	1955	1985	30	
48		LMA	1	1974	2003	29	30.0
			2	1961	1995	34	
			3	1959	1986	27	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Putri Aisyah Harahap
Tempat, Tanggal lahir : 13 Januari 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl.Sisingamangaraja
No.Hp : 082268232010
Nama Ayah : Hisar Matua Harahap
Nama Ibu : Nairan
Email : aisyahaf1301@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210043
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri. No.3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar : SDS Al-Majidiyah
Sekolah Menengah Pertama : MTSS PPM Al-Majidiyah
Sekolah Menengah Atas : SMA NEGERI 1 BAGAN SINEMBAH