

**STUDI EKSPERIMENTAL BATA MERAH DENGAN SERAT
KELAPA DAN *FLY ASH* UNTUK MENGENAL POTENSI
KEBERLANJUTAN MATERIAL**

SKRIPSI

OLEH:

**AMANDA PRATIWI PANJAITAN
228110063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 24/7/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)24/7/26

STUDI EKSPERIMENTAL BATA MERAH DENGAN SERAT KELAPA & *FLY ASH* UNTUK MENGAJI POTENSI KEBERLANJUTAN MATERIAL

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

AMANDA PRATIWI PANJAITAN
228110063



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Bata Merah Dengan Serat Kelapa & Fly Ash Untuk Mengkaji Potensi Keberlanjutan Material
Nama : Amanda Pratiwi Panjaitan
NPM : 228110063
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan ST, MT
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT.
Dekan



Ir. Tika Ernita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 10 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 10 Maret 2026



Amanda P Panjaitan
228110063

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amanda Pratiwi Panjaitan
NPM : 228110063
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : : Studi Eksperimental Bata Merah dengan Serat Kelapa & *Fly Ash* untuk Mengkaji Potensial Keberlanjutan Material. Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 10 Maret 2026
Yang menyatakan

(Amanda P Panjaitan)

RIWAYAT HIDUP

Amanda Pratiwi Panjaitan di lahirkan di Medan, Sumatera Utara Kel.Tanjung Mulia Hilir Kec.Medan Deli, Pada Tanggal 01 Juli 2004. Merupakan anak ke dua dari tiga Bersaudara dari Ayah JM Panjaitan dan Ibu M Simamora. Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) pada proyek Pembangunan Masjid Agung Medan oleh PT. PP Persero Tbk selama tiga bulan dilanjutkan di CV. Arthakasih. Penulis lulus dari SMKN 14 Medan pada tahun 2022.Terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area pada tahun ajaran 2022 pada tahun 2025 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Gedung Onkologi RSUP Hj. Adam Malik dibawah naungan KSO PT. PP Urban.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih ialah Studi Eksperimental Bata Merah Dengan Serat Kelapa & *Fly Ash* Untuk Mengkaji Potensi Keberlanjutan Material. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Terima kasih penulis sampaikan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu ada dalam langkah penulis dalam menyelesaikan perjalanan ini, terimakasih karena selalu menjadi sumber kekuatan dan pengharapan ditengah ketidakpastian dan telah memberikan semuanya indah pada waktu-Nya.
2. Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
3. Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing telah memberikan saran selama proses penulisan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen dan Staff Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan.
5. Terima kasih penulis sampaikan kepada Cinta Pertama dan panutanku Ayahanda Jekson Manaor Panjaitan beserta Pintu surgaku Ibunda Mariatyn Simamora, meskipun tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan serta tidak lupa untuk mendoakan penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
6. Kepada kakak perempuan saya Dermawan Panjaitan dan adik lelaki saya Lucas Panjaitan terimakasih karena telah memotivasi, memberi dukungan, doa dan kasih sayang sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya.
7. Sahabat terbaik di perkuliahan, Izhak Obrian Pasaribu, Vika Wilda Lumbansiantar, Prisilla Vikananda, Ober Simaremare, Emmanuel Simanjorang dan teman seangkatan 2022 penulis prodi Teknik Sipil, pertemuan kita dibangku perkuliahan adalah anugrah dari Tuhan, kehadiran kalian adalah sumber inspirasi penulis selama perkuliahan, terimakasih atas setiap momen yang telah kita lalui bersama.
8. Sahabat terbaik Penulis Nazwa Azura dan Intan Yulani, serta seluruh teman-teman Pertukaran Mahasiswa Merdeka 3, terimakasih buat dukungan, motivasi dan pertemuan singkat yang tidak pernah penulis duga selama ini, semoga ada kesempatan untuk kita bisa berkumpul lagi.
9. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Harisvan Tambunan terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis, berkontribusi banyak baik tenaga, waktu dan telah menjadi pendamping dalam segala hal yang selalu menemani, mendukung ataupun menghibur dalam kesedihan, mendengar keluh kesah, memberikan semangat untuk tidak pantang menyerah, terimakasih telah berjuang bersama sampai detik ini dan kita bisa sama-sama sarjana.
10. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang dengan penuh ketekunan, kesabaran, dan tanggung jawab dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih karena telah bertahan di tengah

kelelahan, keraguan, dan tekanan, serta tetap berkomitmen untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Amanda P Panjaitan)



ABSTRAK

Pembangunan berkelanjutan di wilayah Medan dan sekitarnya mendorong pengembangan material bangunan yang ramah lingkungan melalui pemanfaatan sumber daya lokal dan limbah. Bata merah sebagai material konstruksi tradisional masih bergantung pada penggunaan tanah liat dalam jumlah besar, sehingga diperlukan inovasi material alternatif. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pemanfaatan serat kelapa sebagai limbah pertanian dan *Fly Ash* sebagai limbah industri terhadap kuat tekan bata merah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serat kelapa dan *Fly Ash* terhadap kuat tekan bata merah sebagai indikator utama kinerja mekanik material. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium yang meliputi persiapan bahan baku berupa tanah liat, serat kelapa, dan *Fly Ash*; pencampuran bahan dengan variasi proporsi serat kelapa sebesar 18,5% dan 22% serta *Fly Ash* sebesar 4% dan 6%; proses pencetakan; pengeringan; pembakaran; dan pengujian kuat tekan bata merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat kelapa pada kadar tinggi cenderung menurunkan nilai kuat tekan bata merah akibat meningkatnya porositas material. Sebaliknya, penambahan *Fly Ash* pada kadar 4% dan 6% memberikan kontribusi terhadap peningkatan ikatan antarpartikel, sehingga mampu memperbaiki nilai kuat tekan bata merah dibandingkan campuran dengan serat kelapa saja. Kombinasi serat kelapa dan *Fly Ash* menghasilkan bata merah dengan kuat tekan yang dipengaruhi secara signifikan oleh proporsi campuran serta pengendalian proses pencampuran dan pembakaran. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan serat kelapa dan *Fly Ash* berpotensi dikembangkan sebagai bahan tambah bata merah ramah lingkungan dengan mempertimbangkan batasan proporsi optimal untuk menjaga nilai kuat tekan.

Kata kunci: bata merah, serat kelapa, *Fly Ash*, kuat tekan.

ABSTRACT

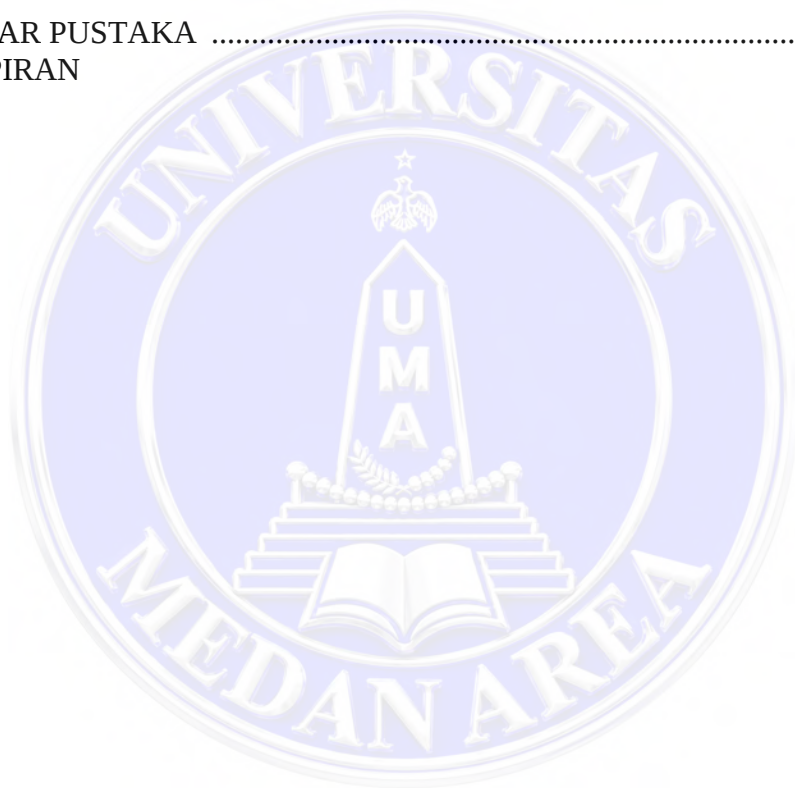
Sustainable development in the Medan region and its surrounding areas encourages the development of environmentally friendly building materials through the utilization of local resources and waste materials. Clay bricks, as traditional construction materials, still rely heavily on the use of large quantities of clay, thus requiring alternative material innovations. The problem addressed in this study is the effect of utilizing coconut fiber as agricultural waste and Fly Ash as industrial waste on the compressive strength of clay bricks. This study aims to analyze the effect of adding coconut fiber and Fly Ash on the compressive strength of clay bricks as the primary indicator of mechanical performance. The research method employed was a laboratory experimental method, which included the preparation of raw materials consisting of clay, coconut fiber, and Fly Ash; material mixing with variations in coconut fiber proportions of 18.5% and 22% and Fly Ash proportions of 4% and 6%; molding; drying; firing; and compressive strength testing of the clay bricks. The results showed that the addition of coconut fiber at high contents tended to reduce the compressive strength of clay bricks due to increased material porosity. In contrast, the addition of Fly Ash at contents of 4% and 6% contributed to improved interparticle bonding, thereby enhancing the compressive strength of clay bricks compared to mixtures containing coconut fiber alone. The combination of coconut fiber and Fly Ash produced clay bricks whose compressive strength was significantly influenced by the mixture proportions and the control of mixing and firing processes. Based on the results, it can be concluded that the utilization of coconut fiber and Fly Ash has the potential to be developed as environmentally friendly additives for clay bricks, provided that optimal proportion limits are considered to maintain adequate compressive strength.

Keywords: clay bricks, coconut fiber, Fly Ash, compressive strength.

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Peneliti Terdahulu	5
2.2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	8
2.3 Bata Merah Sebagai Material Konstruksi	9
2.4 Serat Kelapa Sebagai Bahan Tambah Material	13
2.5 <i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Pozzollan dan <i>Filler</i>	15
2.6 <i>Fly Ash</i> dan Serat Kelapa Sebagai Bahan Tambah Alternatif	19
2.7 Kuat Tekan Pada Material Bata Merah	21
2.8 Keberlanjutan Material Konstruksi dan Pemanfaatan Limbah	23
2.9 Kerangka Pemikiran	25
2.10 Kerangka Konseptual	27
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	 30
3.1 Metode Penelitian	30
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.3 Bahan dan Alat	31
3.4 Variabel Penelitian	32
3.5 Proses Pembuatan Bata Merah	33
3.6 Tahapan Penelitian	41
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 42
4.1 Hasil	42

4.2	Pembahasan	67
4.2.1	Analisis Nilai Kuat Tekan Bata Merah	67
4.2.2	Pengaruh Penambahan <i>Fly Ash</i> Terhadap kuat Tekan bata Merah	68
4.2.3	Pengaruh Penambahan Serat kelapa Terhadap kuat Tekan bata Merah	69
4.2.4	Interaksi Antara Serat Kelapa dan <i>Fly Ash</i> Terhadap Kuat Tekan.....	70
4.2.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Merah.....	70
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN		74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		xv
LAMPIRAN		



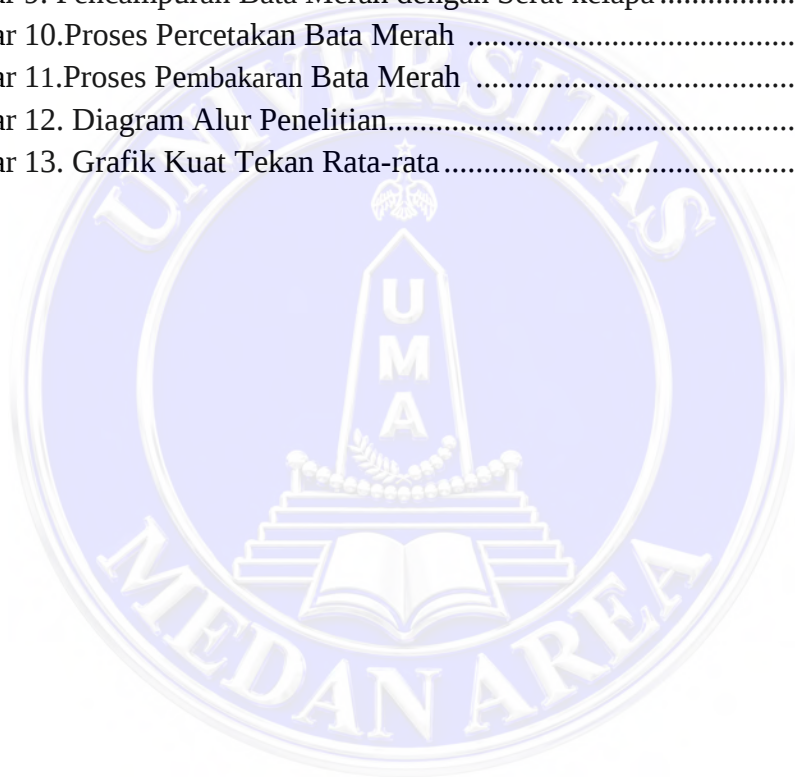
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan dengan peneliti Terdahulu	8
Tabel 2. Kandungan Kimia Serat Kelapa.....	15
Tabel 3. Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i>	16
Tabel 4. Perbandingan Karakteristik <i>Fly Ash</i> dan Serat kelapa	20
Tabel 5. Klasifikasi Mutu Bata Merah	21
Tabel 6. Hasil Perhitungan Kebutuhan Benda Uji	45
Tabel 7. Hasil Perhitungan Pengujian Kuat Tekan	63



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses Pembakaran Bata Merah	11
Gambar 2. Lokasi penelitian	31
Gambar 3. Tanah Liat	33
Gambar 4. Serat Kelapa	34
Gambar 5. <i>Fly Ash</i>	35
Gambar 6. Air.....	36
Gambar 7. Pencampuran Bata Merah Normal.....	37
Gambar 8. Pencampuran Bata Merah dengan <i>Fly Ash</i>	38
Gambar 9. Pencampuran Bata Merah dengan Serat kelapa	39
Gambar 10. Proses Percetakan Bata Merah	39
Gambar 11. Proses Pembakaran Bata Merah	40
Gambar 12. Diagram Alur Penelitian.....	41
Gambar 13. Grafik Kuat Tekan Rata-rata	64



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Persiapan Tanah Liat	xvii
Lampiran 2. Pencampuran <i>Fly Ash</i> & Tanah Liat.....	xvii
Lampiran 3. Pencampuran Serat Kelapa	xviii
Lampiran 4. Hasil Cetakan Batu Bata	xviii
Lampiran 5. Hasil Pembakaran Bata Merah	xix



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di era modern ini, industri konstruksi menghadapi tantangan yang semakin kompleks, terutama terkait dengan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Produksi material bangunan konvensional, seperti bata merah, masih banyak bergantung pada sumber daya alam tak terbarukan dan proses manufaktur yang intensif energi, meninggalkan jejak karbon yang signifikan. Banyak data menunjukkan bahwa sektor konstruksi menyumbang persentase besar dari emisi gas rumah kaca global, menjadikannya area krusial untuk intervensi dan inovasi. Di sisi lain, akumulasi limbah industri dan pertanian, seperti *Fly Ash* dari pembangkit listrik dan serat kelapa dari perkebunan, menimbulkan masalah serius bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Nugroho dkk, 2021.) Tumpukan limbah ini memerlukan solusi pengelolaan yang berkelanjutan dan inovatif, bukan hanya sekadar pembuangan. Oleh karena itu, pencarian dan pengembangan material konstruksi alternatif yang tidak hanya memenuhi standar kekuatan dan ekonomis, tetapi juga ramah lingkungan dan berkelanjutan, menjadi sebuah keharusan demi mencapai target pembangunan yang berwawasan lingkungan dan masa depan yang lebih hijau (Ekel, 2022.)

Kota Medan, sebagai salah satu ekonomi dan pembangunan di Indonesia, terus berpacu dengan laju urbanisasi yang pesat dan peningkatan populasi yang signifikan. Fenomena ini secara langsung memicu lonjakan permintaan akan material konstruksi, termasuk bata merah, untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur dan perumahan yang terus bertambah. Namun, di balik geliat

pembangunan ini, tersimpan pula potensi besar yang belum termanfaatkan secara optimal. Medan, dengan wilayah geografisnya yang mendukung, memiliki ketersediaan limbah serat kelapa yang melimpah dari sektor perkebunan dan pertanian, serta limbah *Fly Ash* dari operasional pembangkit listrik tenaga uap di sekitarnya. Ironisnya, limbah-limbah ini seringkali hanya dianggap sebagai masalah, menumpuk dan mencemari lingkungan. Padahal, pemanfaatan limbah-limbah tersebut dalam material bangunan dapat menjadi strategi yang signifikan, tidak hanya mengurangi beban lingkungan akibat penumpukan limbah, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada bahan baku konvensional dan mendukung ekonomi sirkular di wilayah metropolitan ini (Farhan, 2023.)

Peningkatan kebutuhan akan material konstruksi di Kota Medan seiring dengan pesatnya pembangunan perumahan dan infrastruktur telah mendorong konsumsi bata merah dalam jumlah besar. Namun, produksi bata merah di Medan sebagian besar masih bersifat tradisional, menggunakan tanah liat sebagai bahan utama dan pembakaran terbuka yang menyebabkan degradasi lingkungan dan emisi karbon. Di sisi lain, Kota Medan menghasilkan limbah industri dan rumah tangga yang tinggi, seperti *Fly Ash* dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Belawan dan limbah kaca dari rumah tangga, restoran, dan industri jasa, yang belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan penelitian oleh Muharram & Walujodjati (2021), penggunaan *Fly Ash* 15% dan serbuk kaca 15% dalam campuran beton mampu meningkatkan kuat tekan hingga 11,95% dibanding beton normal, sedangkan Amiwarti & Mahipal (2019) menunjukkan bahwa kombinasi 15% serbuk kaca dan 5% *Fly Ash* menghasilkan kekuatan tekan sebesar 26,99 MPa, meningkat 5,55% dari beton standar. Selain itu, Kariyanto et al. (2013)

membuktikan bahwa penambahan *Fly Ash* dalam mortar bata ringan meningkatkan kepadatan dan kekuatan tekan karena sifat pozzolanik serta ukuran partikelnya yang halus. Maka dari itu, urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya mengkaji pemanfaatan dua jenis limbah tersebut sebagai bahan tambah untuk meningkatkan performa bata merah lokal di Medan, sekaligus mengurangi eksploitasi bahan baku alami dan dampak lingkungan, serta menciptakan produk konstruksi yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan sesuai standar mutu nasional (Hasibuan, 2024).

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang mengombinasikan dua jenis limbah, yaitu serat kelapa dan *Fly Ash*, sebagai bahan tambah dalam produksi bata merah berbahan dasar tanah liat lokal. Kombinasi ini belum banyak diteliti secara spesifik dalam konteks industri tradisional di Kota Medan, yang umumnya masih menggunakan metode pembakaran konvensional dan bahan baku alami tanpa modifikasi. Penelitian oleh Siti Nur Aisyah (2022) memang telah meneliti pengaruh serat kelapa dan *Fly Ash* terhadap karakteristik bata, namun masih terbatas pada aspek kuat tekan tanpa mengevaluasi keberlanjutan proses produksi di wilayah tropis basah. Sementara itu, Dimas R. Pratama (2020) hanya meneliti *Fly Ash* secara tunggal dalam substitusi tanah liat, dan Rina Ayu Lestari (2021) fokus pada serat kelapa tanpa mengombinasikannya dengan bahan anorganik. Dalam hal ini, penelitian ini menjadi terobosan ilmiah yang tidak hanya menguji performa mekanik seperti kuat tekan dan daya serap air, tetapi juga memperhatikan efisiensi material dan dampak lingkungan, serta memperkenalkan formulasi baru yang mendukung praktik konstruksi hijau dan keberlanjutan di industri bata merah lokal (Simanjuntak, 2020.)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini antara lain adalah bagaimana pengaruh penambahan serat kelapa dan *Fly Ash* terhadap sifat mekanik dan fisik bata merah, khususnya kuat tekan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh penambahan serat kelapa dan *Fly Ash* terhadap sifat mekanik dan fisik bata merah, khususnya terhadap nilai kuat tekan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang penulis dapatkan dalam penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan dan memperkaya referensi ilmiah dalam bidang teknologi bahan bangunan, khususnya dalam pengembangan material konstruksi ramah lingkungan berbasis limbah industri seperti serbuk kaca dan *Fly Ash*. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya terkait formulasi bahan tambah alternatif pada material keramik bangunan.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan oleh pelaku industri bata merah di Kota Medan untuk mengembangkan produk yang lebih berkualitas, efisien, dan berkelanjutan. Pemanfaatan limbah lokal seperti *Fly Ash* dan kaca daur ulang diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap tanah liat, menekan biaya produksi, serta mendukung pengurangan limbah dan pencemaran lingkungan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Amiwarti & Mahipal (2019) yang berjudul “Pengaruh Kombinasi Serbuk Kaca dan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan” bertujuan untuk menilai efektivitas penggunaan limbah serbuk kaca dan *Fly Ash* dalam meningkatkan kekuatan tekan beton. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan variasi persentase campuran serbuk kaca dan *Fly Ash* terhadap semen pada beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi optimal dari kedua bahan limbah tersebut mampu meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan pada umur 28 hari. Meskipun penelitian ini difokuskan pada beton, bukan bata merah, hasilnya memperkuat potensi penggunaan kombinasi limbah anorganik dalam material bangunan. Kesimpulannya, sinergi antara *Fly Ash* dan serbuk kaca berpotensi menghasilkan material konstruksi yang kuat dan berkelanjutan, serta memberikan dasar bagi penelitian lebih lanjut pada jenis material lain seperti bata merah.

Dimas R. Pratama (2020) dalam penelitiannya berjudul “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* pada Campuran Bata Merah terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air” bertujuan untuk menguji penggunaan *Fly Ash* sebagai substitusi sebagian tanah liat. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan mencampurkan *Fly Ash* dalam kadar 5% hingga 20%. Hasil menunjukkan bahwa penambahan *Fly Ash* hingga 10% mampu meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap air. Namun, kadar di atas 10% menyebabkan penurunan

mutu karena gangguan ikatan antar partikel. Kesimpulannya, *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah yang efektif hingga kadar 10%.

Penelitian oleh Rina Ayu Lestari (2021) berjudul “Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa sebagai Bahan Tambahan Bata Merah” bertujuan untuk menganalisis pengaruh serat kelapa terhadap sifat mekanik bata merah. Dengan metode eksperimen, variasi serat kelapa yang digunakan adalah 0,5%, 1%, dan 1,5%. Hasil menunjukkan bahwa penambahan serat kelapa hingga 1% dapat meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan terhadap retak. Namun, jika melebihi kadar tersebut, kuat tekan menurun akibat distribusi serat yang tidak merata. Oleh karena itu, kesimpulannya adalah serat kelapa efektif digunakan hingga kadar 1%.

Siti Nur Aisyah (2022) dalam penelitiannya “Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa dan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Bata Merah Ramah Lingkungan” bertujuan untuk mengetahui efek kombinasi dua material limbah terhadap kualitas bata merah. Metode eksperimen digunakan dengan variasi *Fly Ash* 5%–15% dan serat kelapa 0,5%–1,5%. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi terbaik adalah 10% *Fly Ash* dan 1% serat kelapa yang menghasilkan kuat tekan ± 6 MPa dan daya serap $< 20\%$. Penambahan di atas kadar tersebut menurunkan kualitas karena porositas meningkat. Kesimpulannya, kombinasi limbah organik dan anorganik dapat meningkatkan performa bata jika digunakan dalam kadar optimal.

Andri Saputro dkk (2021) melakukan penelitian berjudul “Pemanfaatan *Fly Ash* sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Bata Merah untuk Meningkatkan Kinerja Mekanik dan Ramah Lingkungan”. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi potensi *Fly Ash* sebagai bahan tambah bata merah. Metode

eksperimen digunakan dengan variasi campuran *Fly Ash* 0% hingga 20%. Hasil menunjukkan bahwa penambahan 10%–15% *Fly Ash* mampu meningkatkan kuat tekan hingga $\pm 18\%$ dan menurunkan daya serap hingga 12%. Namun, penggunaan lebih dari 15% menurunkan kualitas karena gangguan ikatan antar partikel. Kesimpulannya, *Fly Ash* dapat meningkatkan performa mekanik bata merah dalam batas kadar tertentu.

Penelitian oleh Eka Rizky Putra (2022) yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Janjang Kosong Kelapa Sawit terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Bata Merah” bertujuan untuk mengkaji penggunaan limbah pertanian sebagai bahan tambah bata merah. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi abu janjang sawit sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar 5%–10% mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 10%–14% dan menurunkan daya serap air hingga 9%. Namun, kadar 15% menurunkan kualitas karena membuat bata terlalu ringan dan mudah retak. Kesimpulannya, abu janjang sawit efektif digunakan hingga kadar 10%.

Terakhir, penelitian oleh Rizal Ardiansyah (2020) berjudul “Pengaruh Substitusi *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Bata Merah Tanpa Pembakaran” bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan *Fly Ash* pada pembuatan bata tanpa proses pembakaran. Metode eksperimen digunakan dengan *Fly Ash* sebanyak 0%–20%, dan bata dikeringkan secara alami. Hasil menunjukkan bahwa *Fly Ash* 10%–15% meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap air secara signifikan. Namun, kadar lebih tinggi menurunkan performa karena ikatan partikel melemah. Kesimpulannya, *Fly Ash*

dapat dimanfaatkan secara efektif dalam proses bata ramah lingkungan tanpa pembakaran jika kadarnya tepat.

2.2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

Perbedaan hasil dari peneliti terdahulu dengan penelitian ini ditampilkan Pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan dengan peneliti terdahulu

No.	Pencipta Jurnal	Judul Artikel	Perbedaan
1.	Amiwarti & Mahipal (2019)	Pengaruh Kombinasi Serbuk Kaca dan <i>Fly Ash</i> terhadap Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan	Objek yang diteliti menggunakan serbuk kaca sebagai bahan tambah, sedangkan peneliti ini menggunakan kombinasi <i>Fly Ash</i> dan serat kelapa.
2.	Dimas R. Pratama 2020	Pengaruh Penambahan <i>Fly Ash</i> pada Campuran Bata Merah terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air	Objek yang diteliti adalah <i>Fly Ash</i> sebagai variabel tunggal sedangkan peneliti menggunakan kombinasi <i>Fly Ash</i> dan serat kelapa serta lebih menekankan pada potensi keberlanjutan material.
3	Rina Ayu Lestari 2021	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa dan <i>Fly Ash</i> terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Bata Merah Ramah Lingkungan	Objek yang diteliti berfokus pada uji kuat tekan dan daya serap air sedangkan peneliti ini menambahkan analisis keberlanjutan material sebagai bagian dari pendekatan ramah lingkungan.
4.	Siti Nur Aisyah 2022	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa dan <i>Fly Ash</i> terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Bata Merah Ramah Lingkungan	Objek yang diteliti berfokus pada uji kuat tekan dan daya serap air. Sedangkan peneliti ini menambahkan analisis keberlanjutan material sebagai bagian dari pendekatan ramah lingkungan.
5.	Andri Saputro	Pemanfaatan <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Tambahan	Objek yang diteliti hanya menggunakan <i>Fly Ash</i>

	dkk 2021	dalam Pembuatan Bata Merah untuk Meningkatkan Kinerja Mekanik dan Ramah Lingkungan	sebagai bahan tambah, tanpa melibatkan limbah organik seperti serat kelapa. Sedangkan peneliti mengkombinasikan dua jenis limbah untuk mengoptimalkan kinerja dan keberlanjutan bata merah.
6.	Eka Rizky Putra 2022	Pengaruh Penambahan Abu Janjang Kosong Kelapa Sawit terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Bata Merah	Objek yang diteliti hanya menggunakan abu janjang kosong kelapa sawit sebagai bahan tambah tunggal, sedangkan peneliti menggunakan kombinasi dua jenis limbah, yaitu <i>Fly Ash</i> dan serat kelapa. Selain itu, peneliti juga menekankan pada aspek keberlanjutan material konstruksi, bukan hanya pada karakteristik mekanik.
7.	Rizal Ardiansyah 2020	Pengaruh Substitusi <i>Fly Ash</i> terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Bata Merah Tanpa Pembakaran	Objek yang diteliti menggunakan metode tanpa pembakaran dan tidak menggunakan bahan organik. Sedangkan peneliti tetap menggunakan pembakaran serta mengkaji kombinasi <i>Fly Ash</i> dan serat kelapa.

2.3 Bata Merah Sebagai Material Konstruksi

Bata merah merupakan salah satu bahan bangunan tertua yang telah digunakan sejak zaman peradaban kuno, dan hingga kini masih digunakan secara luas di berbagai jenis bangunan, baik perumahan maupun non-perumahan. Dalam KBBI, bata didefinisikan sebagai balok kecil dari tanah liat dan sebagainya yang dibakar sampai keras dan biasanya digunakan untuk bahan bangunan. Sifat khas bata merah adalah kekuatan tekan yang cukup baik, ketahanan terhadap panas, dan kemampuan akustik yang memadai.

Secara umum, bata merah dibuat dari tanah liat yang dicetak berbentuk balok persegi panjang, dikeringkan, dan dibakar pada suhu tinggi hingga mencapai kerapatan dan kekuatan tertentu. Sifat fisik dan mekanik dari bata merah sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan, waktu pengeringan, suhu pembakaran, serta metode pencampuran dan pencetakan.

Kelebihan dari bata merah antara lain adalah kemudahan dalam proses produksi, tidak memerlukan peralatan canggih, dan dapat menggunakan bahan baku lokal. Namun demikian, penggunaan bata merah secara masif membawa permasalahan tersendiri, terutama dalam aspek lingkungan. Proses produksi bata merah yang menggunakan pembakaran menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK), serta mengandalkan pengambilan tanah liat secara besar-besaran yang dapat menyebabkan degradasi lahan dan kerusakan ekosistem.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap pembangunan berkelanjutan, diperlukan inovasi teknologi material yang dapat mengurangi dampak negatif dari produksi bata merah. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan bahan tambahan seperti serat alam dan limbah industri untuk mengurangi konsumsi bahan baku konvensional serta meningkatkan kinerja teknis bata merah.

Namun, di balik keunggulan tersebut, proses produksi bata merah secara konvensional membawa sejumlah tantangan lingkungan. Penggunaan tanah liat dalam skala besar mengakibatkan degradasi lahan, kerusakan ekosistem, dan berkurangnya daya dukung tanah terhadap pertanian (Rukmana, 2019). Selain itu, proses pembakaran bata yang menggunakan bahan bakar kayu atau batu bara menghasilkan emisi karbon yang tinggi dan turut menyumbang terhadap

pemanasan global (Yuliana & Santosa, 2021). Proses pembakaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Oleh karena itu, dalam upaya mendorong pembangunan berkelanjutan, diperlukan inovasi untuk mengurangi dampak lingkungan dari industri bata merah, salah satunya dengan cara memanfaatkan limbah industri dan limbah organik sebagai bahan tambahan atau substitusi (Rahmawati et al., 2022).



Gambar 1. Proses Pembakaran Bata Merah

Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya tuntutan terhadap mutu serta efisiensi material, bata merah kini tersedia dalam berbagai jenis berdasarkan metode produksi, bahan baku, serta karakteristik fisik dan mekaniknya. Masing-masing jenis bata memiliki keunggulan dan keterbatasan tersendiri, baik dari segi kekuatan tekan, daya serap air, presisi ukuran, maupun dampaknya terhadap lingkungan. Secara umum, bata merah dapat diklasifikasikan ke dalam empat jenis utama, yaitu:

1. Bata Merah Tradisional (Konvensional)

Bata merah jenis ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan di Indonesia. Proses pembuatannya masih bersifat manual, yakni dengan cara mencetak tanah liat, mengeringkannya di bawah sinar matahari, lalu dibakar dalam tungku sederhana tanpa kontrol suhu yang tepat.

Karakteristik:

- a. Ukuran bervariasi (tidak seragam)

- b. Warna merah kecokelatan
- c. Tekstur kasar dan tidak rata
- d. Kuat tekan bervariasi (tergantung suhu pembakaran dan jenis tanah)
- e. Sering digunakan untuk bangunan tidak bertingkat atau sebagai dinding pengisi

Kelebihan: Biaya murah, mudah didapat, dan produksi sederhana

Kekurangan: Mutu tidak seragam, daya serap air tinggi, dan membutuhkan plesteran tebal

2. Bata Merah Pabrik (Bata Merah Press)

Jenis ini diproduksi di pabrik dengan alat cetak mekanis dan sistem pembakaran terkontrol, sehingga menghasilkan ukuran dan mutu yang lebih seragam. Umumnya diproduksi dalam jumlah besar dan memiliki standar tertentu.

Karakteristik:

- a. Ukuran dan bentuk lebih presisi
- b. Warna lebih merata (merah tua/cokelat kemerahan)
- c. Tekstur lebih halus
- d. Kuat tekan relatif tinggi dan seragam
- e. Cocok untuk bangunan bertingkat dan pekerjaan struktur ringan

Kelebihan: Lebih kuat, presisi, dan memiliki daya serap air lebih rendah

Kekurangan: Harga relatif lebih mahal dibanding bata konvensional.

3. Bata Merah Ringan (Bata Campuran atau Bata Alternatif)

Jenis ini dibuat dari campuran tanah liat dengan bahan tambahan seperti *Fly Ash*, sekam padi, serbuk gergaji, serat alami, atau bahan-bahan lainnya yang bertujuan mengurangi berat dan meningkatkan efisiensi termal.

Karakteristik:

- a. Berat lebih ringan dibanding bata biasa
- b. Kadang tidak melalui proses pembakaran (misal bata tanpa bakar)
- c. Memiliki isolasi panas dan suara yang baik
- d. Umumnya digunakan untuk bangunan ramah lingkungan dan hemat energi.

4. Bata Merah Tanpa Pembakaran (*Non-fired Brick*)

Merupakan jenis bata modern yang dibuat tanpa proses pembakaran, menggunakan bahan pengikat seperti semen atau aktivator kimia dan dikeringkan secara alami atau *curing* khusus. Jenis ini termasuk dalam inovasi material ramah lingkungan.

Karakteristik:

- a. Tidak dibakar, tetapi melalui proses *curing*
- b. Menggunakan semen atau *Fly Ash* sebagai pengikat
- c. Cocok untuk kawasan rawan deforestasi atau berorientasi rendah karbon

Kelebihan: Ramah lingkungan mengurangi emisi CO₂

Kekurangan: Biaya awal lebih tinggi dan belum umum di lapangan.

2.4 Serat Kelapa sebagai Bahan Tambah pada Bata Merah

Penggunaan bahan tambahan seperti limbah pertanian dan limbah industri tidak hanya memberikan dampak positif terhadap lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas fisik dan mekanik bata. Beberapa penelitian menunjukkan

bahwa penambahan bahan alternatif mampu memperkuat struktur bata, meningkatkan ketahanan terhadap cuaca, serta mengurangi biaya produksi. Dalam konteks ini, kombinasi antara *Fly Ash* dan serat sabut kelapa menjadi fokus utama sebagai bahan alternatif yang dapat mendukung keberlanjutan dalam produksi bata merah (Suraneni et al, 2021.)

Dalam konteks pembuatan bata merah, *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan substitusi parsial terhadap tanah liat. Penelitian oleh Dimas R. Pratama (2020) menunjukkan bahwa penambahan *Fly Ash* sebesar 10% mampu meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap air bata merah secara signifikan. Sementara itu, Andri Saputro dkk (2021) membuktikan bahwa penggunaan *Fly Ash* hingga 15% masih memberikan efek positif terhadap struktur dan kekuatan bata. Hal ini menunjukkan bahwa *Fly Ash* tidak hanya memiliki potensi sebagai bahan pengganti tanah liat, tetapi juga mampu memperbaiki karakteristik bata dari sisi teknis dan lingkungan.

Penggunaan bahan tambahan seperti limbah pertanian dan limbah industri tidak hanya memberikan dampak positif terhadap lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas fisik dan mekanik bata. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan alternatif mampu memperkuat struktur bata, meningkatkan ketahanan terhadap cuaca, serta mengurangi biaya produksi. Dalam konteks ini, kombinasi antara *Fly Ash* dan serat sabut kelapa menjadi fokus utama sebagai bahan alternatif yang dapat mendukung keberlanjutan dalam produksi bata merah (Maulani, 2022.)

Selain itu, kandungan abu dan kadar airnya yang rendah menjadikan serat kelapa relatif stabil selama proses pembakaran bata. Adapun Kandungan kimia Serat Kelapa di sajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Kimia Serat Kelapa (Neno Bifel, 2015)

No	Komponen Kimia	Kadar (%)
1	Selulosa	26,6
2	Hemiselulosa	27,7
3	Lignin	29,4
4	Nitrogen	0,1
5	Komponen Ekstraktif	4,2

Selain manfaat teknis, penggunaan *Fly Ash* juga berdampak positif terhadap lingkungan. Penggunaan limbah ini sebagai bahan bangunan dapat mengurangi volume limbah industri yang dibuang ke lingkungan, serta mengurangi kebutuhan energi dalam proses produksi karena sifat *Fly Ash* yang mudah terbakar dan mempercepat proses pengerasan. Pemanfaatan *Fly Ash* juga sejalan dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dan ekonomi sirkular, di mana limbah yang sebelumnya tidak berguna dapat diolah menjadi bahan yang bernilai tambah tinggi (Julliano et al, 2024.)

2.5 *Fly Ash* sebagai Bahan Pozzolan dan Filler

Fly Ash atau abu terbang merupakan residu halus yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Material ini sebelumnya digolongkan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) karena kandungan logam berat dan kemampuannya mencemari lingkungan. Namun, seiring dengan berkembangnya teknologi dan penelitian di bidang material konstruksi, *Fly Ash* terbukti memiliki potensi besar sebagai bahan

tambah (admixture) maupun bahan substitusi dalam berbagai produk bangunan, termasuk beton, mortar, dan bata merah.

Fly Ash tergolong dalam bahan *pozzolan*, yaitu material yang secara kimia tidak memiliki sifat mengikat seperti semen, namun dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida $[Ca(OH)_2]$ dalam lingkungan basah dan menghasilkan senyawa semen sekunder, yaitu kalsium silikat hidrat (C-S-H). Efek ini terjadi secara bertahap, namun berdampak signifikan terhadap performa mekanik bata merah, terutama setelah proses pembakaran dan pendinginan sempurna (Yuliana & Santosa, 2021). Adapun Komposisi kimia *Fly Ash* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Kandungan Kimia *Fly Ash* (Lianasari, 2021)

No	Komponen Kimia	Persentase (%)
1	Silika (SiO_2)	34,2
2	Alumina (Al_2O_3)	10,9
3	Ferric oxide (Fe_2O_3)	18,5
4	Kalsium Oksida (CaO)	1,4
5	Magnesium Oksida (MgO)	1,25
6	Sulfat (SO_3)	0,3

Senyawa ini berperan penting dalam peningkatan kekuatan mekanik dan ketahanan bahan bangunan terhadap kelembaban dan kerusakan mikro. Menurut standar ASTM C618, *Fly Ash* diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yakni tipe F (*low calcium*) dan tipe C (*high calcium*). Tipe F biasanya berasal dari pembakaran batu bara bituminus dan sub-bituminus, dengan kandungan kalsium rendah dan dominasi silika, alumina, dan besi oksida. Sementara itu, tipe C berasal dari pembakaran lignit dan mengandung kadar kalsium oksida yang tinggi.

Dalam perspektif teknik sipil, *Fly Ash* tidak hanya bersifat pozzolanik, tetapi juga memiliki efek pengisi (*Filler effect*) yang signifikan. Bentuk partikel

Fly Ash yang halus dan bulat mampu mengisi rongga-rongga antar butiran dalam campuran tanah liat, sehingga meningkatkan kerapatan dan homogenitas campuran. Efek ini berkontribusi terhadap penurunan porositas bata, peningkatan densitas, serta pengurangan daya serap air. Penambahan *Fly Ash* juga membantu memperbaiki sifat kerja (*workability*) campuran, karena permukaannya yang halus mampu mengurangi gesekan antar partikel.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *Fly Ash* mampu meningkatkan sifat mekanik bata merah apabila digunakan dalam kadar yang tepat. Penelitian oleh Dimas R. Pratama (2020) menyatakan bahwa penambahan *Fly Ash* sebesar 10% dapat meningkatkan kuat tekan bata merah hingga 15% dibandingkan bata tanpa bahan tambah. *Fly Ash* bekerja dengan memperkuat struktur mikro bata melalui reaksi pozzolan dan pengisian pori, sehingga menghasilkan bata yang lebih padat dan kuat. Penelitian lain oleh Eka Risky Putra (2019) menemukan bahwa penambahan *Fly Ash* sebesar 20% masih menunjukkan hasil yang baik terhadap kekuatan tekan dan daya tahan terhadap air, namun di atas kadar tersebut mulai terjadi penurunan kekuatan karena ketidakseimbangan komposisi antara bahan pengikat dan bahan pengisi.

Selain manfaat teknis, pemanfaatan *Fly Ash* dalam pembuatan bata merah juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan. Penggunaan *Fly Ash* membantu mengurangi ketergantungan terhadap tanah liat sebagai bahan utama, yang merupakan sumber daya alam tak terbarukan. Hal ini penting mengingat eksploitasi tanah liat dalam jumlah besar dapat menyebabkan degradasi lahan dan gangguan ekologis. Lebih jauh, dengan memanfaatkan limbah industri seperti *Fly*

Ash, jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan dapat ditekan, sehingga mengurangi potensi pencemaran udara dan air.

Dalam konteks keberlanjutan material konstruksi, *Fly Ash* juga menawarkan keunggulan dari sisi efisiensi energi dan biaya. Karena telah mengalami pembakaran di PLTU, *Fly Ash* tidak memerlukan proses pemanasan tambahan untuk menghasilkan reaksi kimia seperti halnya semen atau kapur. Hal ini berarti penggunaan *Fly Ash* dapat membantu menekan konsumsi energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca dari proses produksi bata. Selain itu, di beberapa wilayah Indonesia yang dekat dengan PLTU, *Fly Ash* dapat diperoleh dengan biaya yang relatif rendah, sehingga menjadikannya bahan yang ekonomis untuk inovasi material konstruksi.

Meskipun demikian, pemanfaatan *Fly Ash* harus memperhatikan kualitas dan komposisi kimianya, karena beberapa jenis *Fly Ash* mengandung logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan benar. Oleh sebab itu, pengujian karakteristik fisik dan kimia *Fly Ash* menjadi hal yang penting sebelum digunakan dalam skala besar.

Berdasarkan uraian di atas, *Fly Ash* memiliki peran ganda sebagai bahan pozzolan yang mampu meningkatkan kekuatan dan kinerja bata merah, sekaligus sebagai bahan *Filler* yang memperbaiki struktur mikro. Penggunaannya dalam penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi komposisi *Fly Ash* terhadap kekuatan tekan dan aspek keberlanjutan bata merah yang dihasilkan, serta untuk mendukung upaya pemanfaatan limbah industri menjadi material konstruksi yang bernilai guna tinggi.

2.6 *Fly Ash* dan Serat Kelapa sebagai Bahan Tambah Alternatif

Fly Ash dan serat sabut kelapa merupakan dua jenis limbah yang berasal dari sektor industri dan pertanian, dengan potensi ketersediaan yang melimpah di Indonesia. Kedua limbah ini masih sering belum dimanfaatkan secara maksimal dan bahkan dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. *Fly Ash* merupakan residu pembakaran batu bara yang banyak dihasilkan oleh pembangkit listrik, sementara serat kelapa adalah sisa pengolahan buah kelapa yang banyak ditemukan di daerah tropis. Berdasarkan berbagai studi, *Fly Ash* mengandung senyawa pozzolan seperti silika dan alumina yang reaktif terhadap kalsium hidroksida, sedangkan serat kelapa memiliki struktur berserat yang kuat, lentur, dan tahan terhadap perubahan suhu (Yuliana & Santosa, 2021; Lestari, 2021).

Sifat kimia *Fly Ash* yang aktif secara pozzolan memungkinkan terbentuknya senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) dalam campuran bata merah, yang berfungsi memperkuat struktur dan meningkatkan kepadatan material. Di sisi lain, serat kelapa meskipun tidak bereaksi secara kimia, dapat meningkatkan sifat fisik bata dengan menahan retakan, meningkatkan kelenturan, serta memperkuat daya tahan terhadap deformasi. Penelitian oleh Siti Nur Aisyah (2022) menyatakan bahwa kombinasi bahan sebesar 1% serat kelapa dan 10% *Fly Ash* menghasilkan performa terbaik terhadap kuat tekan dan daya serap air bata merah. Dalam penelitian ini digunakan variasi serat kelapa 2% dan 4%, serta *Fly Ash* 18,5% dan 22,5%, untuk mengevaluasi potensi kombinasi keduanya dalam meningkatkan karakteristik mekanik bata merah.

Dari sudut pandang keberlanjutan, pemanfaatan *Fly Ash* dan serat kelapa juga memberikan manfaat ekologis dan ekonomis. Secara lingkungan, penggunaan kedua limbah ini dapat menurunkan volume sampah industri dan pertanian serta mengurangi emisi karbon dari pembakaran terbuka. Secara ekonomi, *Fly Ash* dan serat kelapa merupakan bahan dengan harga rendah atau bahkan gratis, sehingga dapat menekan biaya produksi serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku utama seperti tanah liat. (Taswing. H, 2024)

Dengan demikian, penerapan *Fly Ash* dan serat kelapa sebagai bahan tambah dalam bata merah bukan hanya memberikan keuntungan teknis, tetapi juga menjadi solusi jangka panjang dalam pengembangan material konstruksi ramah lingkungan dan berbasis potensi lokal (Rahman et al., 2021). Perbandingan karakteristik antara *Fly Ash* dan serat kelapa ditampilkan pada Tabel 4 berikut untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai potensi masing-masing bahan dalam meningkatkan kualitas material konstruksi (Lestari, 2021; Yuliana & Santosa, 2021; Aisyah, 2022).

Tabel 4. Perbandingan Karakteristik *Fly Ash* dan Serat kelapa

No	Parameter	Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	Serat Kelapa
1	Asal	Pembakaran batu bara	Limbah Pertanian Buah Kelapa
2	Kandungan utama	Silika(SiO_2), Alumina, Kalsium	Lelulosa, Lignin, Hemiselulosa
3	Sifat kimia	Reaktif (Pozzolan aktif)	Menahan retak dan menambah fleksibilitas
4	Fungsi utama dalam bata	Menghasilkan C-S-H dan mengisi pori mikro	Mengisi pori mikro, meningkatkan kepadatan

5	Dampak terhadap kekuatan	Meningkatkan kuat tekan	Menambah ketahanan retak
6	Dampak terhadap porositas	Menurunkan porositas Material	Stabil, tergantung penyebaran serat
7	Keuntungan lingkungan	Mengurangi limbah industri dan emisi karbon	Mengurangi limbah Pertanian
8	Keuntungan ekonomi	Menekan biaya bahan Baku primer	Bahan murah dan mudah diperoleh

2.7 Kuat Tekan pada Material Bata Merah

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2094-2000), bata merah dikategorikan ke dalam tiga mutu berdasarkan nilai kuat tekannya. Bata mutu I harus memiliki kuat tekan minimal sebesar 2,5 MPa, bata mutu II minimal 1,5 MPa, dan bata mutu III minimal 1,0 MPa. Penggolongan ini bertujuan untuk memberikan standar kualitas yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pembangunan, sehingga bangunan yang dibangun dengan bata merah dapat memenuhi aspek kekuatan dan keamanan (BSN, 2000). Klasifikasi mutu bata dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Mutu Bata Merah Berdasarkan SNI 15-2094-2000

Mutu Bata	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Karakteristik Umum	Penggunaan Umum
Mutu I	$\geq 2,5$ MPa	Kuat, padat, tahan cuaca, permukaan halus	Dinding struktural, bangunan bertingkat
Mutu II	$\geq 1,5$ MPa	Cukup kuat, untuk beban ringan hingga sedang	Dinding pembatas, bangunan satu lantai

Mutu III	$\geq 1,0 \text{ MPa}$	Lebih ringan, mudah dibentuk, kurang padat	Partisinon-struktural, dinding dalam ruangan
----------	------------------------	--	--

Menurut SNI 1974:2011, kuat tekan dihitung dengan membagi beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji dengan luas penampang permukaannya, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$F'C = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$F'C$ = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum saat bata patah (N)

A = luas penampang tekan (mm^2)

Dalam penelitian ini, kuat tekan dijadikan parameter utama untuk menilai efek penambahan serat kelapa dan *Fly Ash*. Diharapkan bahwa kombinasi kedua bahan tersebut dapat memberikan hasil yang optimal tanpa mengurangi kekuatan struktural dari bata merah. Sementara itu, serat kelapa berperan sebagai penguat alami yang mampu meningkatkan daktilitas dan ketahanan bata terhadap retakan. Serat ini dapat menyebarkan tegangan yang terjadi pada bata sehingga mencegah kerusakan yang terlalu cepat di bawah beban tekan. Meskipun penambahan serat kelapa umumnya tidak meningkatkan kuat tekan secara signifikan seperti *Fly Ash*, keberadaannya membantu mempertahankan integritas bentuk bata setelah beban melebihi batas elastisnya. Kombinasi penggunaan *Fly Ash* dan serat kelapa diharapkan dapat memberikan efek sinergis, di mana *Fly Ash* meningkatkan kekuatan dan kerapatan, sedangkan serat kelapa meningkatkan ketahanan terhadap retak.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan variasi pengaruh kedua bahan tersebut terhadap kuat tekan. Beberapa studi melaporkan bahwa penambahan *Fly Ash* dalam jumlah optimal, yaitu sekitar 10–25% dari berat tanah liat, dapat meningkatkan kuat tekan hingga 20–30% dibanding bata konvensional. Sebaliknya, proporsi yang terlalu besar cenderung menurunkan kekuatan akibat berkurangnya ikatan antarpartikel. Untuk serat kelapa, penambahan sekitar 1–4% dari total berat kering campuran dinilai efektif untuk meningkatkan ketahanan retak, meskipun peningkatan kuat tekan relatif kecil.

Dengan demikian, pengujian kuat tekan pada penelitian ini menjadi sangat penting untuk menentukan sejauh mana kombinasi *Fly Ash* dan serat kelapa dapat menghasilkan bata merah yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memenuhi persyaratan teknis sebagai material bangunan yang aman, ekonomis, dan berkelanjutan.

2.8 Keberlanjutan Material Konstruksi dan Pemanfaatan Limbah

Keberlanjutan dalam dunia konstruksi merujuk pada konsep pengembangan material dan metode pembangunan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga memperhatikan dampaknya terhadap generasi mendatang. Prinsip utama dalam keberlanjutan adalah efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan emisi, minimisasi limbah, dan penciptaan produk yang tahan lama serta ramah lingkungan. Dalam hal ini, inovasi dalam pemanfaatan limbah industri dan pertanian sebagai bahan bangunan alternatif menjadi salah satu strategi penting untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan di sektor konstruksi.

Material konstruksi yang berkelanjutan idealnya memiliki karakteristik seperti: mudah diperoleh secara lokal, menggunakan energi yang rendah dalam proses produksi, dapat didaur ulang atau berasal dari daur ulang, serta memiliki umur layanan yang panjang. Bata merah, sebagai salah satu material bangunan yang telah digunakan sejak lama, kini menjadi objek penelitian dalam konteks keberlanjutan melalui penambahan bahan limbah seperti abu terbang (*Fly Ash*) dan serat alami seperti serat kelapa. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan tanah liat murni yang berlebihan serta memanfaatkan limbah padat yang jumlahnya terus meningkat.

Pemanfaatan limbah *Fly Ash* dari industri pembangkit listrik dan serat kelapa dari limbah pertanian merupakan contoh konkret dari penerapan ekonomi sirkular dalam konstruksi. Limbah-limbah tersebut sebelumnya tidak memiliki nilai guna yang tinggi, bahkan berpotensi mencemari lingkungan jika dibuang sembarangan. Namun, dengan pengolahan yang tepat, limbah tersebut dapat menjadi bahan pengganti parsial atau tambahan dalam pembuatan material bangunan, yang tidak hanya menekan biaya produksi tetapi juga menurunkan dampak ekologis. Sebagai contoh, serat kelapa mampu meningkatkan sifat mekanik bata dengan memperbaiki struktur internal dan menambah daya tahan terhadap retak awal, sementara *Fly Ash* dapat berfungsi sebagai bahan pozolan dan *Filler* yang membantu meningkatkan kerapatan dan kekuatan.

Berdasarkan data dari berbagai penelitian, penggunaan bahan limbah dalam konstruksi juga berkontribusi terhadap penurunan emisi karbon karena berkurangnya kebutuhan energi proses termal. Proses pembakaran bata merah konvensional biasanya memerlukan suhu tinggi, sehingga penggunaan material

tambahan seperti *Fly Ash* yang telah mengalami proses termal sebelumnya dapat mengurangi kebutuhan energi panas tambahan. Hal ini sejalan dengan kebijakan global mengenai pengurangan emisi gas rumah kaca, sebagaimana tercantum dalam Perjanjian Paris dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya poin ke-12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

Dengan demikian, penelitian terhadap pemanfaatan *Fly Ash* dan serat kelapa dalam pembuatan bata merah tidak hanya penting dari segi teknis dan ekonomis, tetapi juga dari segi lingkungan dan sosial. Kajian ini menjadi bagian dari upaya pengembangan material alternatif yang mendukung keberlanjutan dan memperkaya inovasi teknologi bahan bangunan di Indonesia, khususnya dalam mengatasi permasalahan limbah dan efisiensi sumber daya lokal.

2.9 Kerangka Pemikiran

Perkembangan pembangunan infrastruktur yang pesat saat ini menuntut ketersediaan material konstruksi yang tidak hanya memenuhi syarat teknis, seperti kekuatan dan daya tahan, tetapi juga ramah lingkungan serta berkelanjutan secara ekonomi dan sumber daya. Salah satu material bangunan yang masih banyak digunakan adalah bata merah, yang umumnya dibuat dari tanah liat dan dibakar pada suhu tinggi. Meskipun memiliki karakteristik kuat dan tahan lama, penggunaan tanah liat dalam skala besar telah menimbulkan permasalahan lingkungan seperti degradasi lahan, serta peningkatan emisi karbon akibat proses pembakaran konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil atau kayu bakar (Yuliana & Santosa, 2021).

Di sisi lain, berbagai limbah pertanian dan industri, seperti serat kelapa dan *Fly Ash*, tersedia dalam jumlah besar di Indonesia namun belum dimanfaatkan

secara optimal. Serat kelapa, yang merupakan limbah organik dari sabut kelapa, memiliki kandungan selulosa dan lignin yang tinggi, sehingga mampu memberikan efek mekanik berupa ketahanan terhadap retak, fleksibilitas, serta daya tahan termal pada material bangunan (Lestari, 2021). Sementara itu, *Fly Ash*, sebagai limbah sisa pembakaran batu bara, memiliki sifat pozzolan aktif karena mengandung silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan kalsium oksida (CaO) yang mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) dalam kondisi basah, membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memperkuat struktur dan meningkatkan kekompakan bata (ASTM C618-15, 2015; Aisyah, 2022). Penggunaan kombinasi *Fly Ash* dan serat kelapa sebagai bahan tambahan dalam produksi bata merah memiliki potensi yang sangat besar untuk:

- 1 Meningkatkan kuat tekan bata merah melalui reaksi pozzolan dan penguatan serat,
- 2 Mengurangi porositas dan daya serap air, meningkatkan efisiensi termal,
- 3 Mengurangi ketergantungan terhadap tanah liat sebagai bahan utama,
- 4 Menurunkan dampak lingkungan dari proses pembakaran konvensional,
- 5 Menawarkan alternatif material berbasis limbah lokal yang ekonomis dan berkelanjutan.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengungkap bahwa penggunaan *Fly Ash* hingga 10–15% dapat meningkatkan kuat tekan bata secara signifikan, sementara serat kelapa dalam kadar 1–2% memberikan peningkatan fleksibilitas dan ketahanan terhadap retak tanpa mengganggu kepadatan struktur (Rina Ayu Lestari, 2021; Rizal Ardiansyah, 2020). Namun, kadar yang terlalu tinggi dari

kedua bahan tersebut justru dapat menyebabkan penurunan mutu akibat distribusi yang tidak merata dan meningkatnya porositas (Yuliani et al., 2024).

Dengan dasar tersebut, penelitian ini disusun untuk mengamati secara eksperimental dan kuantitatif pengaruh penambahan *Fly Ash* dalam kadar 18,5% dan 22,5%, serta serat kelapa dalam kadar 2% dan 4%, terhadap sifat mekanik, khususnya kuat tekan bata merah. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan formulasi alternatif material bangunan yang tidak hanya kuat, tetapi juga lebih ramah lingkungan, hemat energi, dan mendukung konsep konstruksi berkelanjutan.

2.10 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual merupakan susunan pemikiran yang sistematis mengenai hubungan antara variabel-variabel yang diteliti, yang dibangun berdasarkan teori, prinsip ilmiah, serta temuan penelitian terdahulu. Kerangka ini berfungsi sebagai dasar dalam memahami bagaimana suatu variabel bebas dalam hal ini serat kelapa dan *Fly Ash* dapat mempengaruhi variabel terikat yaitu sifat mekanik bata merah, khususnya kuat tekan dan karakteristik struktural lainnya.

Dalam penelitian ini, serat kelapa diposisikan sebagai bahan tambah organik yang memiliki kandungan utama berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Struktur serat yang kuat dan bersifat fleksibel memungkinkan serat berperan sebagai *mikro-reinforcement* yang bekerja menahan penyebaran retak (*crack bridging*). Dengan demikian, penambahan serat kelapa pada komposisi tertentu diharapkan mampu meningkatkan ketangguhan (*toughness*) bata merah serta memperbaiki perilaku pascakeruntuhan. Namun demikian, karena sifatnya yang bersifat ringan dan berongga, penambahan serat dalam jumlah tinggi

berpotensi meningkatkan porositas bata, yang pada akhirnya dapat menurunkan kuat tekan.

Sementara itu, *Fly Ash* digunakan sebagai bahan tambah anorganik berjenis pozzolan yang kaya akan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Kandungan ini memungkinkan *Fly Ash* bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) selama proses pembakaran atau hidrasi awal pada tanah liat, menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang berfungsi sebagai pengikat kuat. Reaksi ini mampu memperbaiki mikrostruktur bata, meningkatkan densitas, dan menurunkan jumlah pori. Dengan karakteristik tersebut, penambahan *Fly Ash* dalam jumlah yang tepat dapat berkontribusi pada kenaikan kuat tekan dan peningkatan durabilitas bata merah. Namun, komposisi *Fly Ash* yang terlalu tinggi dapat mengganggu komposisi tanah liat, sehingga menyebabkan penurunan kohesi dan kualitas. (Ismail & Lawanda, 2020)

Kerangka konseptual penelitian ini menggambarkan bahwa interaksi antara serat kelapa dan *Fly Ash* memiliki potensi menciptakan bata merah dengan kualitas mekanik dan keberlanjutan yang lebih baik. Kombinasi keduanya dapat menghasilkan efek sinergis: serat kelapa meningkatkan ketangguhan, sementara *Fly Ash* memperbaiki kerapatan dan mengurangi pori. Meskipun demikian, keseimbangan komposisi tetap menjadi faktor krusial karena penggunaan berlebihan dari salah satu atau kedua bahan dapat berdampak negatif pada performa bata merah secara keseluruhan.

Oleh sebab itu, penelitian ini menekankan pentingnya menentukan komposisi serat kelapa dan *Fly Ash* yang paling efektif untuk menghasilkan bata merah dengan karakteristik optimal, baik dari segi kuat tekan, durabilitas, maupun

nilai keberlanjutan material. Kerangka ini sekaligus menjadi dasar dalam merumuskan hipotesis penelitian dan merancang metode eksperimen yang sesuai. (Kawa et al., 2018).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini tergolong sebagai penelitian eksperimen kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel bebas, yaitu penambahan serat kelapa dan *Fly Ash*, terhadap variabel terikat, yakni kuat tekan dari bata merah hasil modifikasi. Penelitian eksperimen memberikan kemampuan untuk mengendalikan sejumlah variabel sehingga dapat diamati pengaruh perubahan variabel bebas terhadap variabel lainnya secara terukur dan objektif.

Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang diperoleh berupa angka hasil pengujian laboratorium, khususnya nilai kuat tekan dalam satuan megapascal (MPa). Seluruh data numerik dianalisis secara statistik untuk menilai apakah terjadi perubahan signifikan akibat penambahan variasi bahan tambah terhadap performa mekanik bata merah.

3.2 Lokasi dan waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Medan Area (UMA), di Jl. Kolam No. 1, Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Lokasi pengujian dalam dilihat pada gambar 2. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan alat uji material seperti cetakan standar dan mesin uji kuat tekan (*compressive testing machine*) yang memenuhi standar pengujian.

Seluruh proses mulai dari pembuatan benda uji, pengeringan, pembakaran, hingga pengujian kuat tekan dilakukan secara terpusat di laboratorium ini untuk memastikan konsistensi kondisi lingkungan dan validitas hasil uji. Adapun waktu

pelaksanaan penelitian berlangsung selama dua bulan, yaitu Juli hingga Agustus 2025, mencakup semua tahap mulai dari persiapan bahan hingga analisis data.



Gambar 2. Lokasi penelitian (*google maps*, 2025)

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan yang Digunakan:

- a. Tanah liat (Digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan bata merah).
- b. Serat kelapa (Diambil dari sabut kelapa kering, berfungsi sebagai penguat alami).
- c. *Fly Ash* (Diperoleh dari residu pembakaran batu bara, digunakan sebagai bahan pozzolan).
- d. Air (Digunakan untuk mempermudah proses pencampuran bahan hingga menjadi adukan yang homogen).

2. Alat yang Digunakan:

- a. Cetakan bata merah standar (Berukuran $18,2 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm}$, digunakan untuk membentuk bata).
- b. Timbangan digital (Digunakan untuk menakar bahan dengan presisi sesuai komposisi campuran).

- c. Ember dan cetok pengaduk (Alat bantu untuk mencampur bahan secara manual).
- d. Oven atau ruang pengeringan alami (Digunakan untuk mengeringkan bata sebelum pembakaran).
- e. Tungku pembakaran (Digunakan untuk membakar bata hingga mencapai kematangan dan kekuatan structural).
- f. Alat uji kuat tekan (*compressive testing machine*), Digunakan untuk mengukur kekuatan tekan bata setelah proses pembakaran

3.4 Variable penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa variabel yang dikendalikan dan diuji, sebagai berikut:

1 Variabel bebas:

Komposisi penambahan *Fly Ash* dan Serat Kelapa dengan variasi campuran:

- a. 0% (Bata Normal)
 - b. 18,5% (Serat Kelapa)
 - c. 22% (serat Kelapa)
 - d. 4% (*Fly Ash*)
 - e. 6% (*Fly Ash*)
- #### 2 Variabel terikat: Kuat tekan batu bata merah (dalam satuan MPa)
- #### 3 Variabel kontrol: Ukuran cetakan, durasi pengeringan, suhu pembakaran, serta waktu pengujian.

3.5 Proses Pembuatan Bata Merah

Proses pembuatan bata merah pada penelitian ini dilakukan secara bertahap di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Medan Area. Tahapan pembuatan bata merah meliputi persiapan bahan, pencampuran bahan, proses pencetakan, pengeringan, pembakaran, serta pengujian kuat tekan. Proses ini dilakukan secara sistematis agar menghasilkan benda uji yang seragam sehingga hasil pengujian dapat dianalisis secara akurat.

3.5.1 Persiapan Bahan

Tahap pertama dalam pembuatan bata merah adalah persiapan bahan baku yang akan digunakan. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Tanah liat

Tanah liat merupakan bahan utama dalam pembuatan bata merah. Tanah liat memiliki sifat plastis sehingga mudah dibentuk ketika dicampur dengan air. Selain itu, tanah liat juga memiliki kemampuan mengeras setelah melalui proses pembakaran sehingga dapat menghasilkan bata yang kuat dan tahan lama.



Gambar 3. Tanah Liat

Pada penelitian ini, tanah liat yang digunakan terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran seperti batu, akar tanaman, dan material lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas bata merah yang dihasilkan. Setelah itu tanah liat diolah hingga memiliki tekstur yang lebih halus agar mudah dicampurkan dengan bahan tambahan lainnya.

2. Serat kelapa

Tanah liat merupakan bahan utama dalam pembuatan bata merah. Tanah liat memiliki sifat plastis sehingga mudah dibentuk ketika dicampur dengan air. Selain itu, tanah liat juga memiliki kemampuan mengeras setelah melalui proses pembakaran sehingga dapat menghasilkan bata yang kuat dan tahan lama.



Gambar 4. Serat Kelapa

Pada penelitian ini, tanah liat yang digunakan terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran seperti batu, akar tanaman, dan material lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas bata merah yang dihasilkan. Setelah itu tanah liat diolah hingga memiliki tekstur yang lebih halus agar mudah dicampurkan dengan bahan tambahan lainnya.

3. Fly Ash

Fly Ash merupakan bahan tambahan yang berasal dari sisa pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap. *Fly Ash* memiliki tekstur yang sangat halus dan sering dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam berbagai material konstruksi.



Gambar 5. *Fly Ash*

Dalam penelitian ini, *Fly Ash* digunakan sebagai bahan tambahan yang dicampurkan dengan tanah liat. Penambahan *Fly Ash* bertujuan untuk memperbaiki struktur mikro bata serta membantu mengisi rongga-rongga kecil pada campuran sehingga bata yang dihasilkan menjadi lebih padat dan memiliki kekuatan yang lebih baik.

4. Air

Air digunakan sebagai bahan pencampur dalam proses pembuatan bata merah. Penambahan air bertujuan untuk membantu proses pencampuran bahan agar tanah liat, serat kelapa, dan *Fly Ash* dapat tercampur secara merata.



Gambar 6 Air

Selain itu, air juga berfungsi untuk memberikan sifat plastis pada campuran sehingga adukan menjadi lebih mudah dibentuk pada saat proses pencetakan bata. Jumlah air yang digunakan harus disesuaikan agar campuran tidak terlalu kering maupun terlalu lembek sehingga dapat menghasilkan bata yang memiliki bentuk dan kualitas yang baik

Tanah liat yang digunakan terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran seperti batu, akar tanaman, dan material lain yang dapat mempengaruhi kualitas bata. Serat kelapa yang digunakan berasal dari sabut kelapa kering yang kemudian dipotong dengan ukuran tertentu agar mudah tercampur dalam adukan tanah liat. *Fly Ash* diperoleh dari residu pembakaran batu bara yang memiliki tekstur halus dan berfungsi sebagai bahan pengisi (*Filler*) pada campuran bata merah. Air digunakan untuk membantu proses pencampuran bahan sehingga adukan menjadi lebih homogen dan mudah dicetak.

3.5.2 Proses Pencampuran Bahan

Proses pencampuran bahan merupakan tahap penting dalam pembuatan bata merah karena pencampuran yang baik akan menghasilkan adukan yang homogen dan mempengaruhi kualitas serta kekuatan bata yang dihasilkan. Pada

penelitian ini proses pencampuran bahan dilakukan secara manual dengan mencampurkan bahan-bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

Proses pencampuran pada penelitian ini dibagi menjadi tiga jenis campuran, yaitu bata merah normal, bata merah dengan tambahan *Fly Ash*, dan bata merah dengan tambahan serat kelapa.

1. Pencampuran Bata Merah Normal

Pencampuran bata merah normal dilakukan sebagai campuran kontrol atau pembanding terhadap bata yang menggunakan bahan tambahan. Pada proses ini bahan yang digunakan hanya terdiri dari tanah liat dan air.

Tanah liat yang telah dipersiapkan terlebih dahulu dimasukkan ke dalam wadah pencampuran, kemudian ditambahkan air secukupnya. Proses pengadukan dilakukan secara manual menggunakan alat pengaduk hingga tanah liat dan air tercampur secara merata dan membentuk adonan yang plastis. Adonan yang telah tercampur dengan baik kemudian diperiksa konsistensinya agar tidak terlalu kering maupun terlalu lembek sehingga dapat memudahkan proses pencetakan bata.



Gambar 7. Pencampuran Bata Merah Normal

2. Pencampuran Bata Merah dengan *Fly Ash*

Pencampuran bata merah dengan tambahan *Fly Ash* dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Fly Ash* terhadap kuat tekan bata merah. Pada penelitian ini *Fly Ash* digunakan dengan variasi persentase yang telah ditentukan.

Proses pencampuran dimulai dengan mencampurkan tanah liat dan *Fly Ash* hingga tercampur secara merata. Pencampuran dilakukan secara manual agar *Fly Ash* dapat menyatu dengan tanah liat. Setelah kedua bahan tersebut

tercampur dengan baik, kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit sambil terus diaduk hingga diperoleh adukan yang homogen.

Penambahan *Fly Ash* pada campuran bata merah diharapkan dapat membantu mengisi rongga-rongga pada campuran tanah liat sehingga menghasilkan bata yang lebih padat dan memiliki kekuatan yang lebih baik.



Gambar8. Pencampuran Bata Merah dengan *Fly Ash*

3. Pencampuran Bata Merah dengan Serat Kelapa

Pencampuran bata merah dengan serat kelapa dilakukan untuk mengetahui pengaruh serat kelapa sebagai bahan tambahan alami terhadap sifat mekanis bata merah.

Pada proses ini tanah liat terlebih dahulu dicampurkan dengan air hingga membentuk adukan yang plastis. Setelah itu serat kelapa yang telah dipotong dengan ukuran tertentu ditambahkan ke dalam campuran secara bertahap. Penambahan serat kelapa dilakukan sambil terus mengaduk campuran agar serat dapat terdistribusi secara merata di dalam adukan.

Pengadukan dilakukan hingga seluruh bahan tercampur dengan baik sehingga menghasilkan campuran yang homogen. Campuran yang telah siap kemudian digunakan dalam proses pencetakan bata merah.



Gambar 9 Pencampuran Bata Merah dengan Serat Kelapa

3.5.3 Proses Pencetakan Bata

Setelah adukan tercampur dengan baik, tahap selanjutnya adalah proses pencetakan bata merah. Adukan tanah liat dimasukkan ke dalam cetakan bata merah standar yang memiliki ukuran sekitar $18,2 \text{ cm} \times 4,2 \text{ cm} \times 9,5 \text{ cm}$.



Gambar 10 Proses Pencetakan Bata

Adukan ditekan dan diratakan di dalam cetakan agar tidak terdapat rongga udara yang dapat mempengaruhi kekuatan bata. Setelah itu, cetakan dilepaskan secara perlahan sehingga diperoleh bentuk bata merah sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Proses pencetakan dilakukan secara hati-hati untuk menjaga bentuk bata tetap rapi dan tidak mengalami kerusakan sebelum memasuki tahap pengeringan.

3.5.4 Proses Pembakaran Bata

Setelah proses pengeringan selesai, bata merah kemudian dibakar menggunakan tungku pembakaran. Proses pembakaran dilakukan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan bata melalui proses pemadatan partikel tanah liat akibat suhu tinggi.

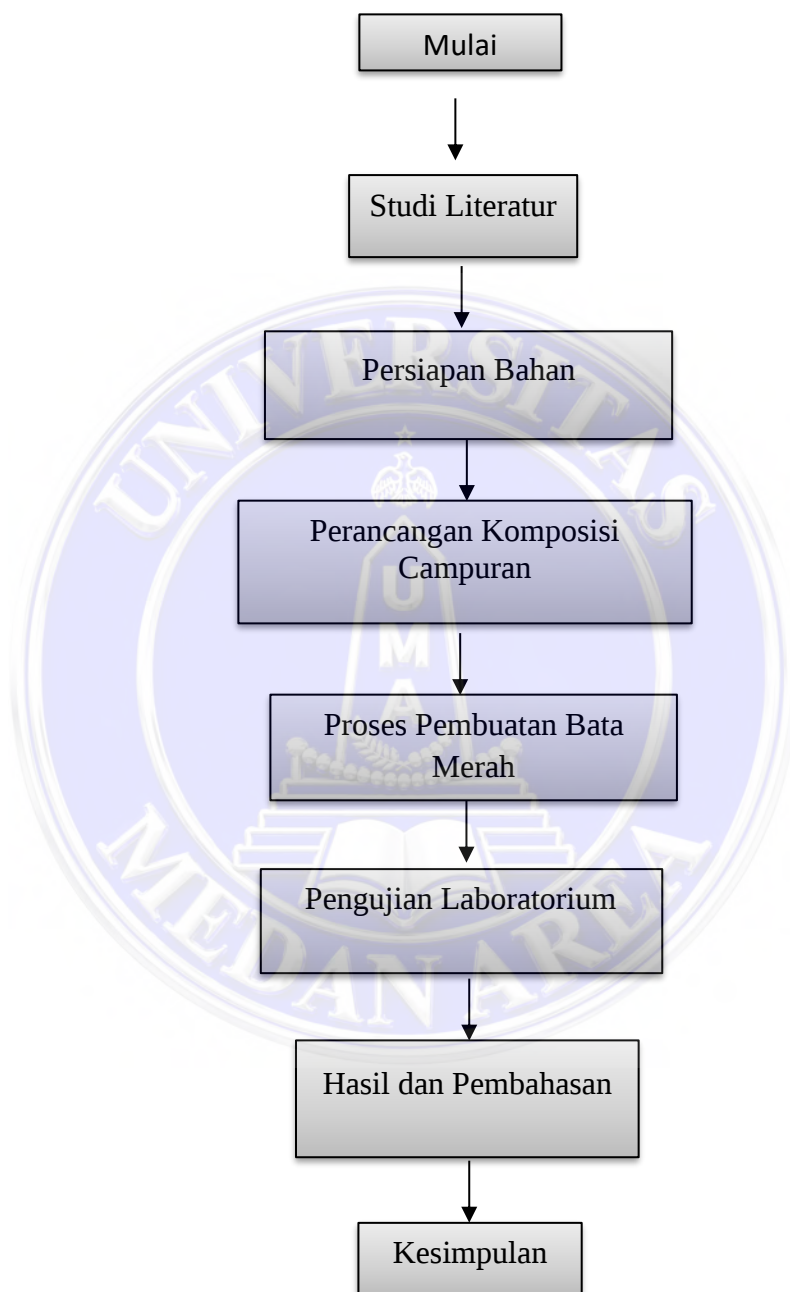


Gambar 11 Proses Pembakaran Bata Merah

Selama proses pembakaran, partikel-partikel tanah liat mengalami perubahan struktur sehingga bata menjadi lebih keras dan memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap beban mekanis. Setelah proses pembakaran selesai, bata didinginkan secara perlahan sebelum dilakukan pengujian di laboratorium.

3.6 Tahapan Penelitian

Berikut adalah beberapa tahapan pelaksanaan penelitian yang dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini:



Gambar 12. Diagram Alur Penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian didapat sebagai berikut: Serat kelapa pada kadar 18,5%–22% cenderung menurunkan kuat tekan akibat meningkatnya porositas material, meskipun berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan retak. Penambahan *Fly Ash* sebesar 4%–6% berperan sebagai bahan pengisi yang membantu memperbaiki kerapatan matriks tanah liat, namun peningkatan kuat tekan yang dihasilkan relatif terbatas. Dari aspek keberlanjutan, pemanfaatan kedua bahan tersebut berpotensi mengurangi penggunaan tanah liat dan memanfaatkan limbah lokal, sehingga layak dikembangkan sebagai alternatif material bata merah ramah lingkungan dengan tetap memperhatikan pengendalian mutu produksi.

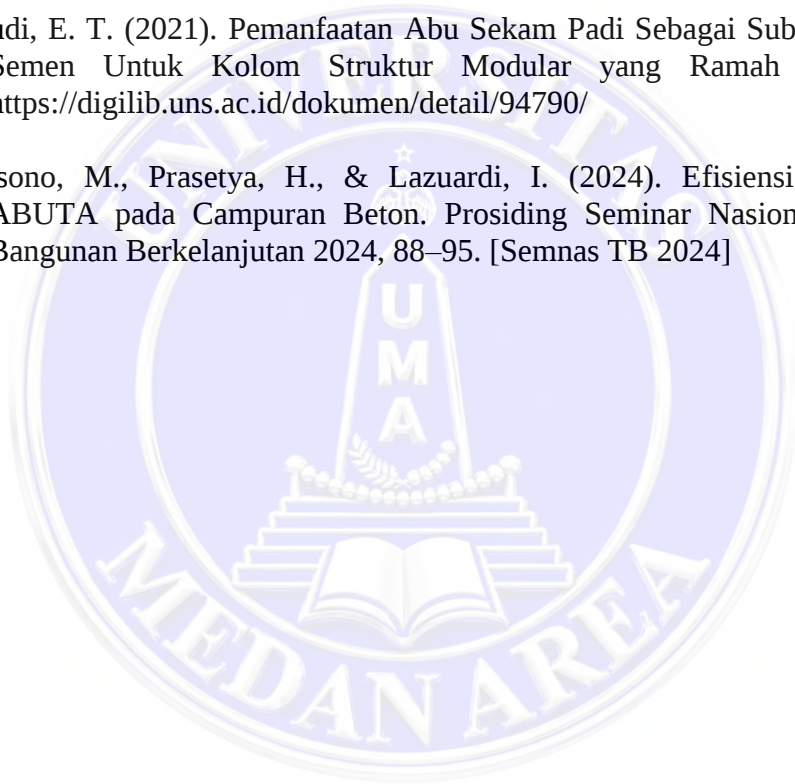
5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji aspek keberlanjutan dari pemanfaatan serat kelapa dan *Fly Ash* pada bata merah, khususnya dalam upaya mengurangi penggunaan bahan baku konvensional serta memanfaatkan limbah industri secara lebih optimal. Selain itu, hasil kuat tekan dan sifat fisik bata merah perlu dibandingkan dengan standar mutu yang berlaku, seperti SNI bata merah, agar tingkat kelayakan dan kualitas bata hasil penelitian dapat dievaluasi secara lebih objektif. Pengujian tambahan terkait ketahanan dan stabilitas mutu bata dalam jangka panjang juga disarankan untuk menilai kinerja bata merah pada kondisi penggunaan sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Liu, A., Sou, H., & Chouw, N. (2012). Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 30, 814–825.
- Azizah, A., & Ariani, I. (2024). Beton Ramah Lingkungan: Solusi Hijau Untuk Konstruksi Masa Depan. *Teknologi Sipil : Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 8(2), 35. <https://doi.org/10.30872/ts.v8i2.17662>
- Ekel, A., Rumbayan, R., & Hosang, M. (2022). Pengaruh Bahan Tambah Serabut Kelapa dan Bahan Substitusi Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Serat. *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, 1.
- Ismail, F., & Lawanda, I. I. (2020). Potensi Limbah Organik sebagai Bahan Tambah Bangunan. *Baca: Jurnal Teknologi Dan Lingkungan*, 41(2), 143.
- Ismail, M., & Lawanda, R. (2020). Pengaruh penggunaan Fly Ash terhadap sifat mekanik material berbasis tanah liat. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 95–103.
- Julliano, J. P. C., Anisah, & Intan Puspa Wangi. (2024). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi sebagai Campuran terhadap Kekuatan Batu Bata (Literature Review). *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(1), 50–53. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i1.312>
- Kawa, E., Bukit, M., & Johannes, A. Z. (2018). Studi Pemanfaatan Abu Janjang Kelapa Sawit pada Campuran Bata. *Jurnal Teknik Dan Inovasi Bangunan*, 3(1), 80–85. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i3.605>
- Kumar, R., & Kumar, P. (2017). Effect of coconut fiber on strength properties of clay bricks. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 6(4), 235–240.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. McGraw-Hill Education.
- Nugroho, B. D., Setiawan, L., & Sasmita, A. (2021). Pengaruh Pori dan Homogenitas Campuran terhadap Kuat Tekan Material.
- Reddy, B. V. V., & Gupta, A. (2006). Strength and elasticity properties of stabilized mud blocks. *Construction and Building Materials*, 20(5), 339–345..
- Simanjuntak, J. O., Sidabutar, R. A., Pasaribu, H., Saragi, T. E., & Panjaitan, R. (2020). Beton Bermutu Dan Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi. *Suparyanto Dan Rosad*, 5(3), 248–253.

- Suraneni, P., Burris, L., Shearer, C. R., & Hooton, R. D. (2021). ASTM C618 Fly Ash specification: Comparison with other specifications, shortcomings, and solutions. *ACI Materials Journal*, 118(1), 157–167. <https://doi.org/10.14359/51725994>
- Sutanto, H. (2015). Kajian pemanfaatan limbah industri sebagai bahan bangunan ramah lingkungan. *Jurnal Infrastruktur*, 3(2), 66–74.
- Sutrisno, B., & Hidayat, A. (2019). Pengaruh penambahan serat alami terhadap kuat tekan dan serapan air bata merah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(1), 45–52.
- Taswing, H. (2024). Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi dan Fly Ash Terhadap kualitas Bata Merah. 1(24), 1–8.
- Wahyudi, E. T. (2021). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen Untuk Kolom Struktur Modular yang Ramah Lingkungan. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/94790/>
- Wicaksono, M., Prasetya, H., & Lazuardi, I. (2024). Efisiensi Penggunaan ABUTA pada Campuran Beton. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Bangunan Berkelanjutan 2024*, 88–95. [Semnas TB 2024]



LAMPIRAN



Lampiran 1. Persiapan Tanah Liat



Lampiran 2. Pencampuran *Fly Ash* & Tanah Liat



Lampiran 3. Pencampuran Serat Kelapa



Lampiran 4. Hasil Cetakan Batu Bata



Lampiran 5. Hasil Pembakaran Bata Merah

