

**POTENSI ABU SEKAM PADI DAN ABU JANJANG SAWIT
SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN
BATA MERAH BERBASIS LIMBAH**

SKRIPSI

OLEH:

**DESI ANGELINA MANURUNG
228110037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/8/26

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)10/8/26

**POTENSI ABU SEKAM PADI DAN ABU JANJANG SAWIT
SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN
BATA MERAH BERBASIS LIMBAH**

SKRIPSI

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

Oleh:

**DESI ANGELINA MANURUNG
228110037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Potensi Abu Sekam Padi dan Janjang Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Berbasis Limbah
Nama : Desi Angelina Manurung
NPM : 228110037
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan ST, MT
Pembimbing



Supriatno, ST, MT.
Dekan



Fitri Esmita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 5 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 saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juni 2025



Desi A Manurung
228110037



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Desi Angelina Manurung
NPM : 228110037
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 : Potensi Abu Sekam Padi dan Abu Janjang Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap kuat Tekan Bata Merah Berbasis Limbah. 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 : Juni 2025
Yang menyatakan


(Desi Angelina Manurung)

RIWAYAT HIDUP

Desi Angelina Manurung dilahirkan di Balai Karimun, Kelurahan Karimun, Kecamatan Karimun Jaya, Provinsi Kepulauan Riau Pada Tanggal 22 September 2004. Merupakan anak pertama dari pasangan Ayah Tagor Manurung dan Ibu Rosmelin Gultom. Penulis lulus dari SMAN 1 Girsang Sipangan Bolon pada tahun 2021. 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 Potensi Abu Sekam Padi dan Abu Janjang Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap kuat Tekan Bata Merah Berbasis Limbah. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan ST, MT selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T selaku Kaprodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ayahanda Tagor Manurung beserta Ibunda Rosmelin Gultom karena telah memotivasi, memberi dukungan, doa serta kasih sayang sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Teman seangkatan saya prodi Teknik Sipil atas dukungan dan kerjasamanya selama menempuh pendidikan serta penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik 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

(Desi A Manurung)

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan sebuah studi eksperimen kuantitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi dampak dari penambahan abu sekam padi (ASP) serta abu janjang kelapa sawit (AJKS) terhadap kekuatan tekan batu bata merah yang berbasis limbah. Studi ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Medan Area (UMA) antara bulan Juli dan Agustus 2025. Variabel independen dalam penelitian ini adalah variasi campuran ASP dan AJKS dengan proporsi 5% dan 10%, sedangkan variabel dependennya adalah kekuatan tekan bata merah yang diukur dalam satuan MPa. Objek uji diproduksi melalui beberapa langkah, yaitu persiapan bahan, pencampuran, pencetakan dengan ukuran 18,2 cm × 4,2 cm × 9,5 cm, pengeringan selama 7 hari, pembakaran pada rentang suhu 600–900°C selama 2 hari, dan terakhir, pengujian kuat tekan yang dilakukan dengan mesin uji tekan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa bata biasa (kontrol) memiliki kekuatan tekan rata-rata sekitar 0,81 MPa. Penambahan ASP sebanyak 5% menghasilkan rata-rata kekuatan tekan sebesar 0,81 MPa, sedangkan penambahan ASP sebanyak 10% menghasilkan kekuatan tekan sebesar 0,81 MPa. Peningkatan AJKS sebesar 5% menghasilkan nilai maksimal sebesar 0,94 MPa, sedangkan AJKS sebesar 10% memberikan nilai sebesar 0,81 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi 5% adalah komposisi terbaik untuk meningkatkan kekuatan tekan. Dengan merujuk pada perbandingan dengan standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui SNI 15-2094-2000, beberapa variasi telah mendekati dan bahkan memenuhi batas minimum kualitas III (0,85–1,00 MPa). Dengan demikian, ASP dan AJKS memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan tambahan alternatif yang mendukung prinsip pembangunan hijau dan pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan.

Kata kunci: Abu sekam padi, Abu janjang kelapa sawit, Kuat tekan, Bata merah, Eksperimen kuantitatif.

ABSTRACT

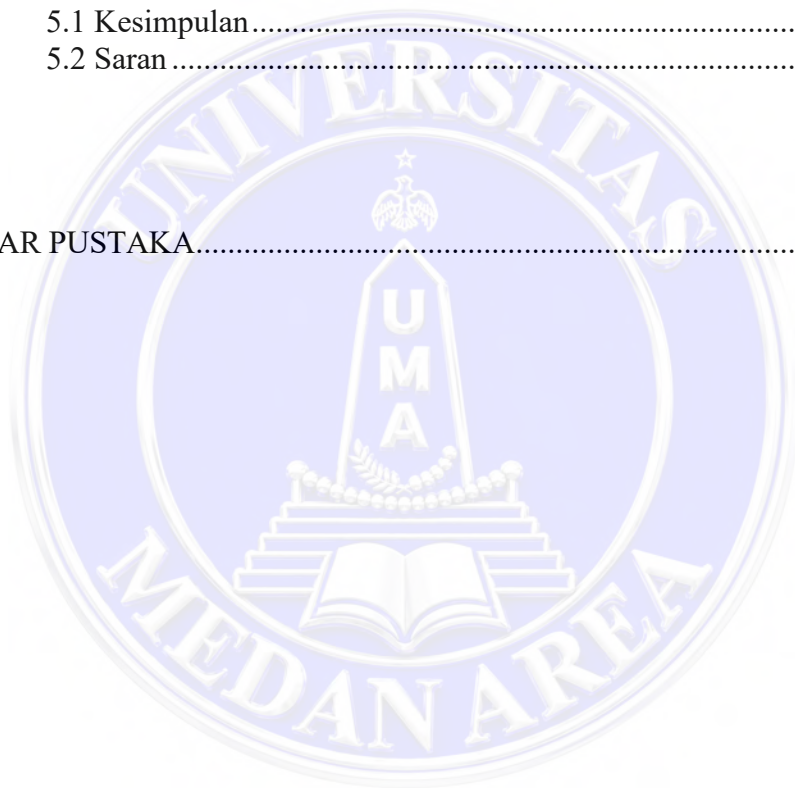
This research is a quantitative experimental study that aims to identify the impact of the addition of rice husk ash (ASP) and palm oil bunch ash (AJKS) on the compressive strength of waste-based red bricks. This study was conducted at the Civil Engineering Laboratory of the University of Medan Area (UMA) between July and August 2025. The independent variables in this study were variations in the mixture of ASP and AJKS with a proportion of 5% and 10%, while the dependent variable was the compressive strength of red bricks measured in MPa. The test objects were produced through several steps, namely material preparation, mixing, molding with a size of 18.2 cm × 4.2 cm × 9.5 cm, drying for 7 days, firing at a temperature range of 600–900°C for 2 days, and finally, compressive strength testing carried out with a compression testing machine. The results of the study showed that ordinary bricks (control) had an average compressive strength of around 0.81 MPa. The addition of 5% ASP resulted in an average compressive strength of 0.81 MPa, while the addition of 10% ASP resulted in a compressive strength of 0.94 MPa. The increase in AJKS by 5% resulted in a maximum value of 0.94 MPa, while the addition of 10% AJKS gave a value of 0.81 MPa. These results indicate that the 5% variation is the best composition for increasing compressive strength. By referring to the standards set by the National Standardization Agency through SNI 15-2094-2000, several variations have approached and even met the minimum limit of quality III (0.85–1.00 MPa). Thus, ASP and AJKS have the potential to be used as alternative additives that support the principles of green development and sustainable utilization of agricultural waste.

Keywords: Rice husk ash, Oil palm bunch ash, Compressive strength, Red brick, Quantitative experiment.

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
DAFTAR ISI	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis Penelitian.....	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu.....	8
2.3 Teori Umum.....	11
2.3.1 Pengertian Batu Bata Merah	11
2.3.2 Bata Merah sebagai Material Konstruksi	12
2.3.3 Abu Sekam Padi	19
2.3.4 Abu Sekam Padi Sebagai Pozzolan	22
2.3.5 Abu Janjang Sawit	25
2.3.6 Abu Janjang Sawit Sebagai Filler Material	26
2.3.7 Kuat Tekan Dalam Material Kontruksi.....	29
2.3.8 ASP dan AJKS Sebagai Bahan Tambah.....	31
2.3.9 Pemanfaatan Limbah Sebagai Bahan Bangunan	34
2.4 Kerangka Pemikiran.....	35
2.5 Kerangka Konseptual.....	37
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	 51
3.1 Metode Penelitian.....	51
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	51
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	52
3.4 Variabel Penelitian.	52
3.5 Tahapan Penelitian.	55
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 56
4.1 Hasil Penelitian	56

4.1.1 Kuat Tekan Bata Normal (Kontrol)	56
4.1.2 Tabel Pengujian Kuat Tekan Bata.....	57
4.1.3 Ringkasan Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata dengan Campuran ASP dan AJKS	57
4.1.4 Perbandingan dengan Standar	58
4.2 Pembahasan.....	59
4.2.1 Pengaruh Abu Sekam (ASP).....	60
4.2.2 Pengaruh Abu Janjang	61
4.2.3 Analisis Terhadap Standar Mutu.....	62
4.2.4 Implikasi Terhadap Green Constructtion	63
4.3 Kesimpulan Sementara Bab IV	64
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	67
 DAFTAR PUSTAKA.....	69



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Klasifikasi Mutu Bata Merah Berdasarkan SNI 15-2094-2000.....	10
Tabel 2. Kandungan Kimia Abu Sekam Padi.....	11
Tabel 3. Efek Penambahan ASP terhadap Kinerja Bata Merah	12
Tabel 4. Kandungan Kimia Abu Janjang Kosong Kelapa Sawit (AJKS)	13
Tabel 5. Efek Penambahan AJKS (dan Kombinasi dengan ASP) terhadap Kuat Tekan Bata Merah	14
Tabel 6. Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Bata Merah.....	15
Tabel 7. Pengaruh Penambahan ASP dan AJKS terhadap Kuat Tekan Bata Merah	16
Tabel 8. Perbandingan Karakteristik ASP dan AJKS	17



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses Pembuatan Batu-bata Tradisional	10
Gambar 2. Kerangka Konseptual Penelitian	23
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian 23	49
Gambar 4. Cetakan Batu Bata Merah Standar	50
Gambar 5. Timbangan Untuk Proporsi Campuran Tanah Liat	51
Gambar 6. Baskom Sebagai Alat Pencampur Tanah liat	52
Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Bata Meraah	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur yang semakin masif di berbagai wilayah Indonesia menjadi indikator utama pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi yang pesat. Fenomena ini mendorong meningkatnya permintaan terhadap material bangunan yang tidak hanya kuat secara mekanik, tetapi juga ekonomis dan ramah lingkungan (Sari & Nugroho, 2020). Salah satu material konstruksi yang masih banyak digunakan adalah bata merah karena memiliki keunggulan dalam hal ketahanan cuaca, isolasi panas, serta biaya produksi yang relatif rendah. Namun demikian, proses produksi bata merah konvensional yang masih mengandalkan tanah liat sebagai bahan utama serta sistem pembakaran tradisional menyebabkan permasalahan lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam (Putri & Sutrisno, 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif inovatif yang dapat mempertahankan keunggulan bata merah sambil mengurangi dampak ekologisnya.

Secara khusus, kebutuhan bata merah di wilayah perkotaan seperti Kota Medan terus meningkat seiring pesatnya pembangunan. Di sisi lain, proses produksi bata merah di kawasan ini terutama di daerah seperti Medan Tembung, Tanjung Morawa, dan Deli Serdang masih banyak dilakukan dengan cara tradisional, mulai dari pencetakan manual hingga pembakaran terbuka menggunakan kayu bakar (Prasetyo, 2021). Metode ini tidak hanya menyebabkan pencemaran udara, tetapi juga menimbulkan degradasi lahan akibat eksploitasi tanah liat yang terus-menerus. Selain itu, mutu bata yang dihasilkan tidak seragam karena ketiadaan standar formulasi yang baku (Nugroho & Rahmawati, 2017).

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru dalam produksi bata merah, khususnya dengan memanfaatkan bahan tambah dari limbah pertanian lokal yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kelapa sawit (AJKS) memiliki potensi sebagai bahan tambah dalam material bangunan. ASP kaya akan kandungan silika (SiO_2) yang berperan sebagai pozzolan, sementara AJKS dapat berfungsi sebagai filler yang meningkatkan kerapatan struktur. Farhan et al. (2023) membuktikan bahwa penambahan ASP dalam beton meningkatkan kuat tekan secara signifikan. Begitu pula penelitian Matsyuri (2020) dan Maulani et al. (2021) yang menunjukkan ASP mampu meningkatkan kuat tekan bata merah dalam kadar tertentu. Penelitian terbaru oleh Hasibuan et al. (2024) bahkan menguji kombinasi ASP dan AJKS dalam pembuatan bata merah dan melaporkan peningkatan kuat tekan dari 0,72 MPa menjadi 1,01 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan tambah berpotensi besar dalam pengembangan material konstruksi berkelanjutan.

Meski demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada skala laboratorium atau hanya menguji salah satu jenis bahan tambah saja. Kajian mengenai kombinasi ASP dan AJKS dalam produksi bata merah pada konteks industri kecil-menengah, khususnya di Kota Medan, masih sangat minim. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan baru dengan menggabungkan kedua jenis limbah lokal tersebut dalam formulasi bata merah berbasis limbah. Inovasi ini tidak hanya menjawab permasalahan mutu dan keberlanjutan produksi bata merah, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan limbah pertanian serta

penguatan industri lokal melalui pemanfaatan sumber daya yang mudah diakses dan aplikatif (Situmorang & Maulana, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada dalam upaya peningkatan kualitas material bangunan alternatif, khususnya bata merah maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimanakah pengaruh penambahan abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit sebagai bahan substitusi terhadap nilai kuat tekan bata merah yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit terhadap karakteristik mekanik bata merah, khususnya pada aspek kuat tekan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh formulasi campuran bahan yang mampu meningkatkan mutu bata merah sekaligus memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan alternatif yang ramah lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang penulis dapatkan dalam penelitian ini adalah Penelitian ini dapat memperkaya kajian dalam bidang teknologi bahan bangunan dengan mengkaji pemanfaatan limbah pertanian dan industri sebagai bahan tambah untuk bata merah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi peneliti lain, mahasiswa, dosen, dan akademisi dalam pengembangan material konstruksi alternatif yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga membuka ruang bagi studi lanjutan terkait optimalisasi komposisi campuran abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit serta pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan fisis lainnya pada produk bata.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah pernyataan sementara yang dibuat berdasarkan teori dan hasil penelitian terdahulu, yang akan diuji kebenarannya melalui proses penelitian. Hipotesis berfungsi sebagai arah dalam menentukan pengaruh antar variabel yang diteliti.

Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah persentase penambahan abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kelapa sawit (AJKS) ke dalam campuran tanah liat, sementara variabel terikatnya adalah kuat tekan batu bata merah berbasis limbah.

Berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu, dirumuskan dua jenis hipotesis:

1. Hipotesis Nol (H_0)

Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari penambahan abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit terhadap kuat tekan batu bata merah berbasis limbah.

2. Hipotesis Alternatif (H_2)

Terdapat pengaruh yang signifikan dari penambahan abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit terhadap kuat tekan batu bata merah berbasis limbah.

Hipotesis ini akan diuji melalui pengujian laboratorium terhadap sampel batu bata dengan variasi kadar campuran bahan limbah, dan hasilnya akan dibandingkan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan pada nilai kuat tekan batu bata.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan abu sekam padi (ASP) dalam pembuatan batu bata telah banyak dilakukan, menunjukkan adanya tren signifikan dalam pengembangan material bangunan berbasis limbah pertanian. Cancerio et al. (2024) melalui studi tinjauan pustaka menemukan bahwa penambahan ASP pada batu bata memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan mekanik bata. Hasil kajiannya menunjukkan bahwa penambahan ASP sebanyak 5% dapat menurunkan kuat tekan sebesar 18,9%, dan penambahan 25% menurunkan hingga 67,45%. Hal ini disebabkan oleh penurunan plastisitas tanah dan gangguan pada ikatan antarpartikel akibat kandungan silika tinggi yang tidak seluruhnya bereaksi secara efektif.

Studi eksperimental oleh Matsyuri (2020) menunjukkan bahwa penggunaan ASP dalam kadar 3% menghasilkan kuat tekan tertinggi, yakni sebesar 76,88 kg/cm². Penambahan lebih dari 5% menimbulkan efek negatif seperti kerusakan pembakaran dan burn loss yang tinggi. Peneliti menyimpulkan bahwa ASP dalam jumlah kecil berfungsi sebagai katalis pembakaran dan bahan pengikat silika yang memperbaiki distribusi panas saat proses pembakaran bata.

Asriandi et al. (2022) meneliti penggunaan ASP dengan substitusi sebagian tanah liat oleh tanah diatomae. Dalam uji laboratorium, bata dengan ASP 5% menunjukkan kekuatan tekan sebesar 5,28 MPa, sedikit lebih rendah dari kontrol (0%) yang mencapai 5,6 MPa. Namun, semakin tinggi kadar ASP,

semakin besar pula penurunan kekuatan dan peningkatan penyerapan air. Tren ini dikonfirmasi pula oleh Maulani, Chandra, dan Jafrizal (2022) yang menemukan bahwa ASP hingga 5% masih memberikan performa yang seimbang, tetapi pada 10–20% menimbulkan penurunan drastis pada kekuatan mekanik dan peningkatan porositas.

Penelitian oleh Nugroho et al. (2020) memperlihatkan bahwa ASP sebanyak 5% menghasilkan kuat tekan 2,08 N/mm², yang masih mendekati standar minimum SNI. Namun, pada 10% dan 15%, kuat tekan menurun signifikan disertai keretakan permukaan dan daya serap air yang meningkat drastis. Hal serupa disampaikan oleh Hartono (2020), yang mencatat bahwa ASP 5% memberikan performa paling stabil, sedangkan kadar 25% menyebabkan penurunan kuat tekan hingga 67,45% dibanding kontrol.

Sementara itu, penelitian oleh Wicaksono et al. (2024) mengembangkan konsep pemanfaatan campuran abu sekam padi dan abu bata merah (disebut ABUTA) sebagai pengganti sebagian semen. Dalam campuran beton mutu 30 MPa, hasil uji menunjukkan bahwa penggunaan ABUTA sebanyak 10% menurunkan kuat tekan dari 19,5 MPa menjadi 15,7 MPa, tetapi secara ekonomi menurunkan biaya produksi dan emisi CO₂. Temuan ini menekankan pentingnya efisiensi dan keberlanjutan dalam pemanfaatan limbah.

Keseluruhan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ASP memiliki potensi besar sebagai bahan tambah dalam konstruksi, namun manfaatnya hanya optimal bila digunakan dalam kadar rendah (maksimal 5–10%). Di atas ambang tersebut, terjadi degradasi struktural, peningkatan porositas, dan penurunan kekuatan bata.

Selain itu, beberapa studi penting juga dilakukan dalam lima tahun terakhir yang semakin memperkuat dasar ilmiah penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan tambah material konstruksi. Penelitian oleh Fadillah, Zulfikar & Irawan (2019) menunjukkan bahwa penambahan ASP ke dalam campuran beton ramah lingkungan mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton secara signifikan hingga mencapai 28,6 MPa, dengan catatan kadar ASP tidak melebihi ambang 15%. Meskipun fokusnya pada beton, studi ini mengindikasikan bahwa ASP memiliki karakter pozzolan aktif yang dapat diaplikasikan pada berbagai material konstruksi, termasuk bata merah.

Sementara itu, penelitian oleh Sari et al. (2020) melakukan eksperimen terhadap variasi kadar abu sekam padi dalam pembuatan paving block. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar ASP optimal adalah 7%, dengan nilai kuat tekan mencapai 31,2 MPa. Kadar di atas itu menyebabkan penurunan kekuatan akibat peningkatan porositas. Walaupun bukan pada bata merah, temuan ini memperkuat pandangan bahwa ASP memiliki efek penguatan struktural selama berada pada batas substitusi yang moderat.

Penelitian oleh Wulandari & Gunawan (2021) meneliti penggunaan abu janjang sawit (AJKS) sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pembuatan mortar. Temuan menunjukkan bahwa penggunaan AJKS sebesar 10% mampu meningkatkan kuat tekan mortar sebesar 11% dibanding kontrol, sekaligus menurunkan konsumsi semen. Ini menunjukkan bahwa AJKS juga memiliki efek reaktif dan filler yang baik jika diproses dan digunakan dalam komposisi yang tepat.

2.2 Perbedaan Penelitian ini dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah pertanian seperti abu sekam padi (ASP) dalam pembuatan material konstruksi telah dilakukan oleh berbagai peneliti sebelumnya. Salah satunya adalah Cancerio et al. (2024) yang menyusun tinjauan pustaka dari beberapa studi terdahulu mengenai pengaruh penambahan ASP terhadap kekuatan bata. Kajian tersebut menyimpulkan bahwa penambahan ASP dalam kadar tinggi, yakni lebih dari 10%, menyebabkan penurunan signifikan terhadap kuat tekan bata karena menurunnya plastisitas tanah dan melemahnya daya ikat antar partikel. Sebaliknya, penggunaan ASP dalam jumlah terbatas (maksimal 5–10%) masih dapat diterima dan bahkan berkontribusi terhadap efisiensi pemanfaatan limbah pertanian.

Dalam penelitian eksperimental yang dilakukan oleh Matsyuri (2020), ditemukan bahwa penambahan ASP sebesar 3% memberikan hasil terbaik dengan kuat tekan sebesar 76,88 kg/cm². Pada kadar ASP 6%, terjadi peningkatan burn loss hingga 37,55%, yang mengindikasikan gangguan pada proses pembakaran. Penambahan ASP juga berdampak pada distribusi panas yang lebih merata selama proses pembakaran dan meningkatkan homogenitas produk. Sementara itu, penelitian Asriandi et al. (2022) menggunakan campuran tanah diatomae dan ASP, dan menyimpulkan bahwa kuat tekan tertinggi justru terdapat pada bata tanpa ASP (5,6 MPa), diikuti oleh ASP 5% (5,28 MPa). Kadar ASP di atas 10% menyebabkan penurunan drastis pada kekuatan bata serta peningkatan signifikan terhadap daya serap air, yang dapat berdampak negatif terhadap durabilitas bata.

Studi lain oleh Dandy et al. (2020) juga menunjukkan bahwa ASP pada kadar 5% memberikan performa visual dan mekanik yang baik. Namun,

penambahan ASP 10–15% menyebabkan keretakan pada permukaan bata, menurunkan kuat tekan hingga 1,68 N/mm², serta meningkatkan daya serap air melebihi ambang batas standar nasional. Penelitian yang dilakukan oleh Maulani et al. (2022) mendukung temuan tersebut, yaitu bahwa ASP dalam kadar rendah (5%) masih memberikan keseimbangan antara kekuatan tekan dan kerapatan, sedangkan kadar di atasnya memperburuk mikrostruktur dan porositas. Demikian pula, Hartono (2020) menegaskan bahwa penambahan ASP lebih dari 10% berisiko merusak ikatan antar partikel tanah akibat silika amorf yang tidak sepenuhnya bereaksi, sehingga menurunkan kuat tekan bata secara signifikan.

Sementara itu, Wicaksono et al. (2024) mengembangkan pendekatan berbeda dengan mencampurkan ASP dan abu bata merah (ABUTA) sebagai substitusi semen pada beton. Walaupun terjadi penurunan kuat tekan sebesar 19,5% pada kadar 10% ABUTA, penelitian ini membuktikan efisiensi biaya dan penurunan emisi karbon, menjadikan campuran ini layak untuk aplikasi non-struktural. Meskipun fokusnya bukan pada bata merah, pendekatan ini menegaskan potensi limbah pertanian dalam pengembangan material ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil tinjauan dari berbagai penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian mengenai pemanfaatan abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kosong sawit (AJKS) pada bata merah masih terbatas pada penggunaan persentase tertentu. Penggunaan abu sekam padi umumnya dilakukan dengan komposisi di atas 10%, sedangkan penggunaan abu janjang kosong sawit cenderung berada di bawah 10%. Perbedaan komposisi tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan campuran bata merah masih terus dikembangkan untuk memperoleh kualitas produk yang optimal.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan ASP dan AJKS dalam jumlah yang tidak sesuai dapat memengaruhi kualitas bata merah yang dihasilkan. Penggunaan campuran yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan munculnya keretakan pada permukaan bata, meningkatkan tingkat kerapuhan, serta menurunkan nilai kuat tekan bata merah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemilihan proporsi campuran menjadi faktor penting yang harus diperhatikan agar kualitas fisik dan mekanik bata tetap memenuhi standar yang ditetapkan.

Di sisi lain, Provinsi Sumatera Utara, khususnya Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang, memiliki potensi limbah sekam padi dan limbah kelapa sawit yang sangat melimpah. Limbah tersebut sebagian besar belum dimanfaatkan secara maksimal dan masih sering menjadi permasalahan lingkungan. Padahal, kedua jenis limbah tersebut memiliki kandungan tertentu yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan material bangunan, termasuk bata merah. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah ini dapat menjadi salah satu upaya dalam mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan nilai guna limbah pertanian dan perkebunan.

Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya masih dilakukan dalam skala laboratorium dengan kondisi pengujian yang terbatas. Penelitian tersebut umumnya belum menyesuaikan dengan kondisi nyata proses produksi bata merah tradisional yang dilakukan oleh industri rumahan atau usaha kecil menengah (UKM). Padahal, proses produksi tradisional memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi bahan baku, teknik pencampuran, proses pembakaran, maupun peralatan yang digunakan. Perbedaan kondisi tersebut dapat memengaruhi hasil dan kualitas bata merah yang diproduksi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menghadirkan kebaruan (*novelty*) dengan mengkaji penggunaan abu sekam padi sebesar 5% dan abu janjang kosong sawit sebesar 10% terhadap kuat tekan bata merah dalam konteks penggunaan bahan lokal serta proses produksi tradisional yang umum diterapkan di Kota Medan. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih praktis, aplikatif, ekonomis, dan ramah lingkungan dalam meningkatkan kualitas bata merah lokal. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif inovasi pemanfaatan limbah pertanian dan perkebunan yang mendukung pembangunan berkelanjutan..

2.3 Teori-Teori Umum Bata Merah

Dalam pengembangan material bangunan, pemahaman yang mendalam mengenai sifat, karakteristik, serta kualitas bahan menjadi hal yang sangat penting untuk menciptakan konstruksi yang kuat, aman, efisien, dan berkelanjutan. Setiap material bangunan memiliki keunggulan dan keterbatasan yang berbeda sehingga diperlukan kajian yang tepat agar penggunaannya sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Selain memperhatikan kekuatan dan daya tahan, pengembangan material bangunan saat ini juga diarahkan pada aspek ramah lingkungan, efisiensi biaya, serta kemudahan dalam proses produksi dan penggunaannya.

Salah satu material bangunan yang masih banyak digunakan hingga saat ini adalah batu bata merah. Batu bata merah merupakan bahan konstruksi tradisional yang dibuat dari tanah liat kemudian dicetak, dikeringkan, dan dibakar pada suhu tertentu hingga menghasilkan material yang keras dan kuat. Material ini banyak dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam menopang bangunan, mudah diperoleh, serta memiliki daya tahan yang cukup tinggi terhadap perubahan cuaca. Selain itu, batu bata merah juga dikenal mampu memberikan kenyamanan termal

pada bangunan karena dapat menjaga suhu ruangan tetap stabil.

Dalam perkembangannya, penggunaan batu bata merah tidak hanya dipandang sebagai material konvensional, tetapi juga terus dikaji untuk meningkatkan kualitas dan efisiensinya. Berbagai penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik batu bata merah, seperti tingkat kekuatan tekan, daya serap air, massa jenis, hingga ketahanannya terhadap lingkungan. Pengembangan tersebut bertujuan agar batu bata merah dapat memenuhi standar konstruksi modern serta mendukung pembangunan yang lebih ekonomis dan berwawasan lingkungan.

2.3.1 Pengertian Bata Merah

Bata merah merupakan salah satu material bangunan tradisional yang hingga saat ini masih banyak digunakan dalam berbagai jenis konstruksi, terutama pada pembangunan dinding rumah tinggal, pagar, maupun bangunan lainnya. Penggunaan bata merah tetap diminati karena material ini memiliki kekuatan yang cukup baik, mudah diperoleh, serta memiliki harga yang relatif terjangkau. Selain itu, bata merah juga dikenal mampu memberikan kenyamanan termal pada bangunan karena dapat membantu menjaga kestabilan suhu di dalam ruangan.

Pada umumnya, bata merah dibuat dari bahan dasar tanah liat yang memiliki tingkat plastisitas tertentu sehingga mudah dibentuk sesuai ukuran yang diinginkan. Proses pembuatannya diawali dengan pengolahan tanah liat menggunakan campuran air hingga mencapai tekstur yang sesuai. Setelah itu, adonan dicetak menggunakan alat cetak manual maupun mesin, kemudian dikeringkan terlebih dahulu sebelum memasuki tahap pembakaran.

Tahap pembakaran menjadi proses yang sangat penting dalam pembuatan bata merah. Bata yang telah dikeringkan dibakar pada suhu tinggi dalam waktu

tertentu agar kadar air yang masih tersisa dapat hilang secara sempurna. Selain mengurangi kadar air, proses pembakaran juga menyebabkan perubahan struktur pada tanah liat sehingga menjadi lebih keras, padat, dan memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap tekanan maupun perubahan cuaca.

Kualitas bata merah sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis tanah liat yang digunakan, komposisi campuran bahan, proses pencetakan, lama pengeringan, serta suhu pembakaran. Apabila proses pembakaran dilakukan secara tidak merata atau suhu yang digunakan terlalu rendah, maka bata yang dihasilkan dapat menjadi rapuh dan mudah retak. Sebaliknya, pembakaran yang optimal akan menghasilkan bata merah dengan tingkat kekuatan yang lebih baik dan warna yang lebih merata.

Seiring perkembangan teknologi material bangunan, bata merah tidak hanya dipandang sebagai material konvensional, tetapi juga terus dikembangkan melalui berbagai penelitian dan inovasi. Berbagai bahan tambahan mulai dimanfaatkan sebagai campuran untuk meningkatkan kualitas bata merah sekaligus mengurangi dampak lingkungan, seperti penggunaan limbah pertanian dan limbah industri. Pengembangan tersebut diharapkan dapat menghasilkan bata merah yang lebih berkualitas, ekonomis, dan ramah lingkungan tanpa mengurangi fungsi utamanya sebagai material konstruksi (Yulianto & Prabowo, 2018).

Proses pembuatan bata merah dapat dilihat pada Gambar 1. Keunggulan lain dari bata merah adalah ketersediaan bahan baku yang mudah ditemukan di berbagai daerah, serta biaya produksinya yang relatif murah. Sifat termal bata merah juga memberikan keuntungan dalam menjaga kenyamanan suhu ruangan, karena mampu mengisolasi panas dengan baik. Kombinasi antara efisiensi produksi, ketahanan, dan karakteristik termal tersebut menjadikan bata merah tetap

relevan sebagai bahan bangunan yang ekonomis dan efektif (Yulianto, 2018).



Gambar 1. Proses Pembuatan Batu-bata Tradisional (Yulianto,2018)

Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional melalui standar SNI 15-2094-2000, bata merah diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkatan mutu berdasarkan kemampuan material dalam menahan beban tekan atau kuat tekan. Pengelompokan mutu ini bertujuan untuk memastikan bahwa bata merah yang digunakan dalam konstruksi memiliki kualitas yang sesuai dengan kebutuhan bangunan sehingga dapat memberikan keamanan dan ketahanan struktur yang baik.

Dalam standar tersebut, bata merah dibagi menjadi tiga kategori mutu. Bata mutu I merupakan bata dengan kualitas terbaik yang memiliki nilai kuat tekan minimal sebesar 2,5 MPa sehingga lebih cocok digunakan pada konstruksi yang membutuhkan daya tahan dan kekuatan tinggi. Bata mutu II memiliki kuat tekan minimal 1,5 MPa dan umumnya digunakan pada bangunan dengan kebutuhan konstruksi menengah. Sementara itu, bata mutu III memiliki kuat tekan minimal 1,0 MPa dan biasanya digunakan pada konstruksi sederhana

Nilai kuat tekan tersebut menunjukkan kemampuan bata merah dalam menerima tekanan sebelum mengalami kerusakan atau pecah. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang dimiliki, maka semakin baik kualitas bata merah tersebut dalam menopang beban bangunan. Oleh karena itu, pengujian kuat tekan menjadi salah satu indikator penting dalam menentukan kelayakan dan mutu bata merah yang akan digunakan dalam proses pembangunan.

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 1.

2.3.2 Bata Merah sebagai Material Konstruksi

Bata merah adalah salah satu bahan bangunan tradisional yang masih banyak dipakai dalam pembangunan perumahan dan bangunan sederhana di Indonesia karena bahan bakunya yang melimpah serta proses produksinya yang cukup mudah bagi industri kecil. Biasanya, bata merah dibuat dari tanah liat yang dibentuk, dijemur, lalu dibakar dengan suhu tertentu untuk memperkuat dan menstabilkannya. Proses pembakaran ini mengubah struktur mineral tanah liat sehingga menghasilkan material yang lebih padat dan tahan terhadap beban tekan (Almusawi et al., 2024).

Selain berfungsi sebagai komponen penyusun dinding pada bangunan nonbeton, bata merah juga memiliki berbagai sifat fisik yang sangat memengaruhi kualitas dan kelayakannya sebagai material konstruksi. Beberapa sifat tersebut meliputi porositas, daya serap air, massa jenis, serta ketahanan terhadap tekanan. Karakteristik tersebut menjadi indikator penting dalam menentukan mutu bata merah karena berkaitan langsung dengan kekuatan, daya tahan, dan umur pakai.

Porositas pada bata merah menunjukkan banyaknya rongga atau celah yang terdapat di dalam struktur material. Tingkat porositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan bata lebih mudah menyerap air sehingga berpotensi menurunkan kekuatan dan mempercepat kerusakan material. Oleh karena itu, kemampuan menyerap air menjadi salah satu parameter yang harus diperhatikan dalam proses pengujian kualitas bata merah. Bata dengan daya serap air yang terlalu besar umumnya memiliki struktur yang kurang padat dan lebih rentan terhadap retak maupun pelapukan akibat perubahan cuaca

Selain daya serap air, ketahanan tekan juga menjadi faktor utama dalam menentukan kualitas bata merah. Kuat tekan menggambarkan kemampuan bata dalam menerima beban tanpa mengalami kerusakan atau pecah. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang dimiliki, maka semakin baik kualitas bata merah tersebut untuk digunakan pada konstruksi bangunan. Oleh sebab itu, pengujian kuat tekan sering dijadikan dasar dalam menentukan standar mutu bata merah yang layak digunakan dalam pembangunan.

Berbagai penelitian eksperimental telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas bata merah melalui penambahan bahan campuran tertentu, terutama yang berasal dari limbah pertanian dan limbah industri. Pemanfaatan limbah sebagai bahan tambahan tidak hanya bertujuan memperbaiki sifat mekanis bata merah, tetapi juga menjadi salah satu upaya dalam mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pendekatan ini sejalan dengan konsep konstruksi berkelanjutan yang menekankan penggunaan material ramah lingkungan dan efisien dalam pemanfaatan sumber daya.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan limbah tertentu sebagai campuran dalam pembuatan bata merah dapat memberikan pengaruh positif

terhadap kualitas material, terutama dalam meningkatkan kuat tekan dan memperbaiki kepadatan struktur bata. Selain itu, pemanfaatan limbah juga dapat mengurangi penggunaan bahan baku utama serta menekan dampak lingkungan dari proses produksi bata merah tradisional. Dengan demikian, inovasi penggunaan limbah sebagai bahan campuran bata merah diharapkan mampu menciptakan material bangunan yang lebih berkualitas, ekonomis, dan berwawasan lingkungan (Fernandes et al., 2024).

Berdasarkan peraturan yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai bata merah pejal untuk pasangan dinding, setiap jenis bata merah harus memenuhi spesifikasi teknis tertentu agar layak digunakan dalam pembangunan. Standar tersebut disusun sebagai pedoman untuk menjamin kualitas material bangunan sehingga dapat memberikan keamanan, kekuatan, dan ketahanan yang baik pada struktur bangunan. Dengan adanya standar ini, penggunaan bata merah dalam konstruksi dapat dilakukan secara lebih terukur dan sesuai dengan kebutuhan teknis.

Salah satu persyaratan yang diatur dalam standar tersebut adalah kesesuaian ukuran dan bentuk bata merah. Bata yang baik harus memiliki dimensi yang seragam serta bentuk yang rata dan tidak mudah mengalami cacat, seperti retak atau pecah pada permukaannya. Keseragaman ukuran sangat penting untuk mempermudah proses pemasangan serta menghasilkan susunan dinding yang lebih rapi dan kokoh. Selain itu, bentuk yang konsisten juga dapat membantu mengurangi penggunaan perekat atau mortar secara berlebihan.

Selain ukuran dan bentuk, daya serap air juga menjadi salah satu parameter penting dalam penilaian mutu bata merah. Bata merah yang memiliki daya serap air terlalu tinggi cenderung lebih mudah lembap dan rentan mengalami kerusakan

akibat perubahan cuaca. Oleh karena itu, standar SNI menetapkan batas maksimum penyerapan air agar bata merah tetap memiliki daya tahan yang baik ketika digunakan dalam jangka waktu yang lama. Pengendalian daya serap air juga berpengaruh terhadap kekuatan ikatan antara bata dan mortar pada konstruksi bangunan.

Ketahanan tekan atau kuat tekan bata merah juga menjadi aspek utama yang diatur dalam standar nasional. Nilai kuat tekan menunjukkan kemampuan bata dalam menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Bata merah dengan nilai kuat tekan yang baik akan mampu memberikan stabilitas dan keamanan pada bangunan, terutama pada bagian dinding yang menerima beban tertentu. Oleh sebab itu, pengujian kuat tekan menjadi salah satu tahapan penting dalam proses pengawasan mutu bata merah sebelum dipasarkan atau digunakan dalam konstruksi.

Dengan adanya standar yang ditetapkan oleh BSN melalui SNI, diharapkan kualitas bata merah yang beredar di masyarakat menjadi lebih konsisten dan sesuai dengan kebutuhan pembangunan. Standar tersebut juga memberikan pedoman bagi para produsen dalam proses produksi, pengendalian kualitas, serta pemilihan bahan baku yang tepat. Selain meningkatkan kualitas produk, penerapan standar ini juga dapat mendukung terciptanya bangunan yang lebih aman, kuat, dan tahan lama sesuai dengan perkembangan kebutuhan konstruksi modern. (BSN, 2019).

Salah satu faktor yang paling krusial dalam standar ini adalah kekuatan tekan, karena angka ini mencerminkan kemampuan bata untuk menahan beban vertikal yang diterapkan pada dinding. Nilai kekuatan tekan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa bata memiliki kapabilitas lebih besar dalam menjaga stabilitas bangunan, terutama untuk konstruksi rumah bertingkat maupun bangunan sederhana lainnya. Kekuatan tekan dipengaruhi oleh sejumlah elemen, seperti

komposisi tanah liat, kadar air pada saat pencetakan, tingkat kepadatan, serta suhu dan durasi pembakaran. Oleh karena itu, pengujian kekuatan tekan di laboratorium menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa bata merah telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan aman digunakan dalam sistem struktur bangunan (BSN, 2019).

Proses pembuatan bata merah dengan cara tradisional di berbagai wilayah di Indonesia masih dilakukan dengan metode klasik, yang dimulai dari pengolahan tanah liat secara manual hingga proses pembakaran yang memakai tungku sederhana. Metode produksi yang belum memiliki standar ini seringkali menimbulkan perbedaan kualitas antara produk, baik dalam hal ukuran, tingkat kepadatan, maupun kekuatan mekanisnya. Perbedaan dalam bahan baku, kadar air pada saat pembuatan, dan suhu pembakaran yang tidak terjaga menjadi faktor utama yang mempengaruhi ketidakkonsistenan kualitas bata yang dihasilkan. Keadaan ini menunjukkan pentingnya melakukan usaha perbaikan kualitas dengan menggunakan pendekatan ilmiah dan teknologi material agar produk bata merah dapat mencapai standar teknis yang ditetapkan (Almusawi et al., 2024).

Salah satu metode yang telah banyak diteliti dalam beberapa tahun terakhir adalah penerapan bahan tambah, seperti abu biomassa, *fly ash*, atau limbah pertanian, guna meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik dari bata merah. Penambahan bahan tertentu dapat meningkatkan kepadatan mikrostruktur bata, yang berdampak pada peningkatan nilai kekuatan tekan dan pengurangan daya serap air. Selain itu, pengembangan bahan tambahan memiliki kemungkinan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi dengan mengurangi kebutuhan terhadap bahan baku utama serta memanfaatkan limbah yang ada di sekitar kita. Oleh karena itu, pengembangan admixture tidak hanya berperan dalam

memperbaiki kualitas teknis dari bata merah, tetapi juga mendukung prinsip-prinsip konstruksi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Harahap et al., 2023).

2.3.3 Abu Sekam Padi

Sekam padi adalah limbah pertanian yang dihasilkan saat gabah digiling menjadi beras, dan jumlahnya sangat melimpah di negara agraris seperti Indonesia. Persentase sekam padi bisa mencapai sekitar 20–25% dari total berat gabah yang telah digiling, sehingga keberadaannya sering kali belum dimanfaatkan dengan baik dan hanya dibuang atau dibakar secara sembarangan. Sebenarnya, jika diolah dengan tepat, limbah ini memiliki kemungkinan untuk digunakan sebagai bahan baku alternatif di berbagai sektor, termasuk pembangunan. Pengolahan sekam padi dengan metode pembakaran yang teratur dapat menghasilkan bahan yang memiliki nilai guna yang lebih tinggi daripada sekam yang tidak terolah (Basman et al., 2025).

Jika sekam padi dibakar pada suhu tertentu dalam keadaan yang teratur, akan diperoleh abu yang disebut sebagai abu sekam padi atau *Rice Husk Ash* (RHA). Abu ini mengandung silika (SiO_2) dalam jumlah tinggi dan memiliki sifat pozzolanik, sehingga dapat bereaksi dengan senyawa kapur dalam campuran bahan bangunan untuk menciptakan ikatan tambahan yang meningkatkan kekuatan. Karena sifat-sifat tersebut, RHA sering diteliti sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton, mortir, dan bata merah. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kualitas mekanik dan mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan bahan tradisional. Penggunaan abu sekam padi tidak hanya meningkatkan mutu produk bangunan, tetapi juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi limbah dari sektor pertanian (Alhaq & Taveriyanto, 2026).

Abu sekam padi dikenal memiliki kadar silika amorf yang sangat tinggi, biasanya antara 70–90%, tergantung pada suhu dan cara pembakaran yang

diterapkan. Kandungan silika amorf dalam abu sekam padi membuatnya memiliki sifat pozzolanik, yaitu kemampuannya untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam keadaan lembap, sehingga menghasilkan senyawa pengikat tambahan yang membantu meningkatkan kekuatan material. Dalam campuran bahan konstruksi, seperti beton, mortar, dan bata merah, reaksi pozzolanik dapat memperbaiki struktur mikro dengan mengurangi porositas serta meningkatkan kepadatan matriks dari material tersebut. Dengan demikian, penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambahan dianggap efektif dalam meningkatkan kinerja mekanik sekaligus mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan (Olii et al. , 2025).

Dari segi fisik, abu sekam padi memiliki warna yang bervariasi mulai dari abu-abu hingga hitam, tergantung pada seberapa sempurna proses pembakarannya dan jumlah karbon yang tersisa. Partikelnya cenderung sangat kecil dengan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan semen atau tanah liat, sehingga dapat mengisi ruang-ruang mikro dalam campuran dan meningkatkan kerapatan struktur. Selain itu, sifat reaktif yang dimiliki memungkinkan terbentuknya daya rekat tambahan saat berinteraksi dengan unsur kalsium atau senyawa lain dalam campuran, yang berpengaruh pada peningkatan daya tekan dan ketahanan material terhadap lingkungan. Ciri-ciri tersebut membuat abu sekam padi menjadi salah satu bahan alternatif yang menjanjikan dalam pengembangan material konstruksi yang ramah lingkungan (Basman et al. ,2025).

2.3.4 Abu Sekam Padi (ASP) sebagai Bahan Pozzolan

Abu sekam padi (ASP) merupakan produk sampingan dari pembakaran limbah pertanian, khususnya limbah sekam hasil penggilingan padi. Sekam padi secara alami mengandung silika (SiO_2) dalam jumlah tinggi, yaitu lebih dari 20%. Ketika sekam dibakar pada suhu antara 500 hingga 700 derajat Celsius, kandungan silikanya berubah menjadi bentuk amorf yang sangat reaktif. Dalam kondisi tersebut, abu yang dihasilkan memiliki sifat pozzolan, yaitu mampu bereaksi dengan senyawa kalsium hidroksida dalam lingkungan yang lembab dan membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang merupakan komponen penting dalam meningkatkan kekuatan bahan bangunan (ASTM C618-15, 2015).

Tabel 1. Klasifikasi Mutu Bata Merah Berdasarkan SNI 15-2094-2000

No	Mutu Bata	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Karakteristik Umum	Penggunaan Umum
1.	Mutu I	$\geq 2,5$ Mpa	Kuat, padat, tahan cuaca, permukaan halus	Dinding struktural, bangunan Bertingkat
2.	Mutu II	$\geq 1,5$ Mpa	Cukup kuat, untuk beban ringan hingga sedang	Dinding pembatas, bangunan satu lantai
3.	Mutu III	$\geq 1,0$ Mpa	Lebih ringan, mudah dibentuk, kurang padat	Partisi non-struktural, dinding dalam ruangan

Sifat pozzolan dari ASP menjadikannya sebagai bahan tambahan potensial dalam produksi material konstruksi seperti beton dan bata merah. Penambahan ASP dalam komposisi material dapat membantu proses hidrasi dan meningkatkan performa mekanis material hasil campuran. Reaksi antara silika amorf dalam ASP dan kalsium hidroksida menghasilkan ikatan yang lebih padat dan kuat, sehingga mampu memperkuat struktur bangunan. Efek ini terjadi secara bertahap namun signifikan terhadap kekuatan tekan, terutama dalam jangka waktu curing yang lebih lama (Maulani et al., 2022). Kandungan kimia abu sekam padi disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Kandungan Kimia Abu Sekam Padi

No	Komponen Kimia	Persentase (%)
1	Silika (SiO_2)	85–95
2	Alumina (Al_2O_3)	0,2–0,5
3	Ferric oxide (Fe_2O_3)	0,1–0,3
4	Kalsium Oksida (CaO)	1–2
5	Magnesium Oksida (MgO)	<1
6	Kehilangan pemijaran (LOI)	4–8

Selain meningkatkan kekuatan, penggunaan ASP juga memiliki peran dalam memperbaiki mikrostruktur material konstruksi. Abu sekam padi berukuran halus dan dapat mengisi rongga mikro (micro pores) yang terdapat di dalam campuran bata atau beton, sehingga meningkatkan kekompakan dan mengurangi porositas. Hal ini berdampak langsung terhadap peningkatan ketahanan termal, ketahanan terhadap kelembaban, dan umur pakai material bangunan tersebut (Maulani et al., 2022). Efek penambahan ASP terhadap kinerja bata merah disajikan pada Tabel 3.

Selain meningkatkan kekuatan, penggunaan ASP juga memiliki peran dalam memperbaiki mikrostruktur material konstruksi. Abu sekam padi berukuran halus dan dapat mengisi rongga mikro (*micro pores*) yang terdapat di dalam campuran bata atau beton, sehingga meningkatkan kekompakan dan mengurangi porositas. Hal ini berdampak langsung terhadap peningkatan ketahanan termal, ketahanan terhadap kelembaban, dan umur pakai material bangunan tersebut. Dengan demikian, ASP bukan hanya solusi pemanfaatan limbah pertanian, tetapi juga berkontribusi terhadap inovasi material bangunan ramah lingkungan yang berkinerja tinggi (Maulani et al., 2022). Efek penambahan ASP terhadap kinerja bata merah di sajikan pada Tabel 3.

Dalam dunia konstruksi, AJKS banyak dimanfaatkan sebagai bahan filler atau pengisi dalam berbagai campuran bangunan. Partikel halus dari abu ini mampu mengisi rongga di antara butiran agregat, sehingga membantu meningkatkan kepadatan mikrostruktur material. Penggunaan AJKS juga diketahui dapat menurunkan densitas total campuran, sehingga menghasilkan produk akhir yang lebih ringan tanpa mengorbankan kekuatan dasar material.

Tabel 3 Efek Penambahan ASP Terhadap Kinerja Bata Merah

No	Kadar ASP (%)	Kuat Tekan (MPa)	Porositas	Ketahanan Terhadap Air
1	0 (kontrol)	2,1	Tinggi	Rendah
2	5	2,5	Sedang	Sedang
3	10	3,0	Rendah	Tinggi
4	15	2,8	Rendah	Tinggi

2.3.5 Abu Janjang Sawit

Indonesia terkenal sebagai salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, dengan area perkebunan dan kapasitas produksinya yang terus bertambah setiap tahun. Selama proses pengolahan tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa

sawit, berbagai jenis limbah padat dihasilkan, salah satunya adalah janjang kosong sawit (JKS). Limbah ini merupakan hasil setelah buah sawit dipisahkan dari tandannya untuk diolah menjadi minyak mentah. Jumlah janjang kosong yang dihasilkan sangat besar dan jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat menyebabkan masalah lingkungan, baik dari segi volume limbah maupun risiko pencemaran (Kurniawan et al., 2022).

Salah satu cara untuk mengolah limbah janjang kosong dari kelapa sawit adalah dengan membakar secara terkontrol, yang akan menghasilkan abu dari janjang sawit. Abu ini mempunyai kandungan mineral tertentu, seperti silika dan kalsium, yang bisa dimanfaatkan sebagai tambahan dalam bahan konstruksi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa abu janjang sawit memiliki sifat reaktif yang bisa memperbaiki kepadatan dan kekuatan campuran material bangunan jika digunakan dalam jumlah yang tepat. Dengan demikian, penggunaan abu janjang sawit tidak hanya membantu mengurangi limbah dari industri kelapa sawit, tetapi juga menciptakan peluang untuk inovasi material yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Pratama et al., 2023).

Abu dari janjang sawit adalah hasil sisa pembakaran dari janjang yang tidak terpakai pada kelapa sawit, yang diketahui mengandung berbagai senyawa mineral, terutama silika (SiO_2), kalsium oksida (CaO), dan beberapa unsur mineral lainnya. Kandungan ini membuat abu janjang sawit berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam material konstruksi karena dapat membantu membentuk ikatan tambahan dalam campuran. Dari segi fisik, abu ini memiliki tekstur yang cukup halus dan memiliki berat jenis yang lebih ringan daripada tanah liat, sehingga memudahkan pencampuran yang lebih merata dalam proses pembuatan bata merah. Selain itu, sifat porositasnya dapat berpengaruh pada struktur mikro material dengan

mengisi rongga-rongga tertentu atau membentuk jaringan partikel yang lebih padat jika digunakan dalam proporsi yang tepat (Rahman et al., 2021).

Karakteristik umum dari abu janjang sawit, termasuk kandungan silika dan kalsium, beratnya yang ringan, serta tingkat porositas tertentu, berkontribusi dalam mengubah sifat fisik dan mekanik dari bata merah. Hubungan antar partikel abu dengan tanah liat selama tahap pencetakan dan pembakaran dapat mempengaruhi kepadatan, kemampuan penyerapan air, dan kekuatan tekan bata yang dihasilkan. Oleh sebab itu, penggunaan abu janjang sawit sebagai bahan tambahan tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kualitas teknis dari bata, tetapi juga memberikan keuntungan bagi lingkungan melalui pengurangan limbah dari industri kelapa sawit yang dapat mencemari alam sekitar. Strategi ini sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan yang menekankan penggunaan sumber daya yang efisien dan pengolahan limbah menjadi material yang bermanfaat (Liew et al., 2022).

2.2.3 Abu Janjang Sawit (AJKS) sebagai Filler Material

Abu janjang kosong kelapa sawit (AJKS) merupakan limbah hasil pembakaran tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan dari proses industri pengolahan kelapa sawit. Limbah ini mengandung unsur-unsur kimia penting seperti silika (SiO_2), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan alumina (Al_2O_3), yang memberikan potensi besar dalam pemanfaatannya sebagai bahan tambahan dalam material konstruksi. Meski bersifat inert atau tidak reaktif secara kimia, AJKS tetap memiliki fungsi fisik yang signifikan karena termasuk dalam kategori material anorganik ringan (Siregar & Lubis, 2021). Kandungan kimia Abu janjang kosong kelapa sawit di sajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Kimia Abu Janjang Kosong Kelapa Sawit

No	Komponen Kimia	Kadar (%)
1	Silika (SiO_2)	45–60
2	Kalsium (CaO)	10–15
3	Magnesium (MgO)	3–6
4	Alumina (Al_2O_3)	1–4
5	Zat arang/abu lainnya	10–20

Dalam dunia konstruksi, AJKS banyak dimanfaatkan sebagai bahan filler atau pengisi dalam berbagai campuran bangunan. Partikel halus dari abu ini mampu mengisi rongga di antara butiran agregat, sehingga membantu meningkatkan kepadatan mikrostruktur material. Penggunaan AJKS juga diketahui dapat menurunkan densitas total campuran, sehingga menghasilkan produk akhir yang lebih ringan tanpa mengorbankan kekuatan dasar material. Tekstur permukaan AJKS yang halus memberikan efek positif dalam meningkatkan daya ikat antar partikel, yang pada akhirnya meningkatkan kestabilan dan integritas mekanik produk bangunan seperti bata merah (Siregar & Lubis, 2021).

Penelitian terkini oleh Hasibuan et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan AJKS dalam campuran bata merah, terutama jika dikombinasikan dengan abu sekam padi (ASP), mampu meningkatkan kekuatan tekan secara signifikan. Dalam kadar tertentu, kombinasi kedua bahan tersebut dapat meningkatkan kuat tekan bata merah hingga mencapai 1,01 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan AJKS tidak hanya mengurangi limbah industri kelapa sawit, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam meningkatkan performa mekanis material bangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Hasibuan et al., 2024). Efek penambahan AJKS terhadap kuat tekan bata merah di sajikan pada Tabel 5.

Efek penambahan AJKS (Abu janjang kelapa sawit) dengan kombinasi ASP(Abu sekam padi) dapat mengurangi limbah pertaniann yang sangat banyak tidak digunakan di Wilayah Indonesia khususnya Sumatera Utara.

Tabel 5. Efek Penambahan AJKS (dan Kombinasi dengan ASP) terhadap Kuat Tekan Bata Merah

No	Komposisi Campuran	Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
1	Tanpa AJKS/ASP (kontrol)	0,78	Bata standar dari tanah liat murni
2	10% AJKS	0,89	Peningkatan Mikrostruktur
3	10% ASP	0,94	Reaksi pozzolan meningkatkan C-S-H
4	5% AJKS + 5% ASP (kombinasi)	1,01	Kombinasi terbaik dalam uji Hasibuan (2024)

2.2.3 Kuat Tekan dalam Material Konstruksi

Kuat tekan merupakan salah satu parameter mekanik yang menunjukkan sejauh mana suatu material mampu menahan gaya tekan hingga terjadi kerusakan struktural. Pengujian kuat tekan umumnya dilakukan secara aksial, yakni dengan menempatkan benda uji di antara dua pelat tekan dan kemudian diberikan beban secara bertahap hingga material mengalami kerusakan, patah, atau deformasi permanen. Nilai kuat tekan biasanya dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa) dan digunakan sebagai tolok ukur utama dalam menilai kualitas bahan bangunan seperti beton, mortar, dan bata merah.

Menurut SNI 1974:2011, perhitungan kuat tekan dilakukan dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh luas penampang tekan dari benda uji, seperti pada Persamaan (1) berikut:

$$F'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

F_c : kuat tekan (MPa)

P : beban maksimum saat bata patah (N)

A : luas penampang permukaan tekan (mm²)

Dalam konstruksi, khususnya pada bata merah, nilai kuat tekan sangat menentukan penggunaannya sebagai elemen struktural atau non-struktural. Bata dengan kuat tekan tinggi dapat digunakan pada dinding beban atau pondasi, sedangkan bata dengan nilai rendah hanya digunakan untuk dinding pembatas atau estetika. Faktor-faktor yang memengaruhi kuat tekan meliputi komposisi material, ukuran dan distribusi pori, serta tingkat kepadatan dan homogenitas campuran. Semakin padat dan homogen suatu material, semakin tinggi pula kemampuan tekan yang dimilikinya (Nugroho et al., 2021). Faktor yang mempengaruhi kuat tekan bata merah disajikan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Bata Merah

No	Faktor	Keterangan
1	Komposisi Material	Proporsi tanah liat, pasir, bahan tambahan (ASP, AJKS)
2	Kepadatan dan Homogenitas	Semakin homogen dan padat, semakin tinggi kuat tekan
3	Ukuran & Distribusi Pori	Pori besar/terbuka menurunkan kuat Tekan
4	Suhu dan Lama Pembakaran	Suhu tinggi dengan waktu cukup meningkatkan sintering dan kekuatan
5	Proporsi Bahan Tambah (ASP/AJKS)	Kandungan silika membantu mengisi pori mikro dan memperkuat struktur Bata

Penambahan bahan alami seperti abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kosong sawit (AJKS) dalam campuran material bata dapat memberikan dampak positif terhadap kuat tekan, asalkan digunakan dalam proporsi yang tepat. Kandungan silika dan mineral lainnya dalam bahan-bahan tersebut dapat membantu pengisian pori-pori mikro dan meningkatkan kerapatan struktur. Namun, jika kadar pencampuran melebihi batas optimal, maka justru dapat meningkatkan porositas dan menurunkan kekuatan mekanik secara keseluruhan. Oleh sebab itu, studi terkait kadar optimal bahan tambahan sangat penting untuk memastikan pengaruhnya terhadap performa struktural material (Maulani et al., 2022; Hasibuan et al., 2024). Pengaruh penambahan ASP dan AJKS terhadap kuat tekan bata merah disajikan pada Tabel 7 di bawah ini.

Potensi ASP sebagai bahan pozzolan membuatnya ideal untuk dimanfaatkan dalam campuran bata merah. Reaksi antara silika dalam ASP dan kalsium hidroksida dalam campuran mampu membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang memperkuat struktur material dan meningkatkan kerapatan mikrostruktur bata. Sementara itu, AJKS, meskipun bersifat lebih inert, tetap berperan penting sebagai filler material yang mampu mengisi rongga mikro serta dalam era pembangunan berkelanjutan, industri konstruksi dituntut untuk lebih bertanggung jawab terhadap dampak lingkungan. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah konsep ekonomi sirkular, yaitu strategi yang mendorong pemanfaatan kembali limbah sebagai bahan yang bernilai guna. Limbah dari sektor pertanian dan industri, seperti abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kosong kelapa sawit (AJKS), memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan alternatif.

Tabel 7. Pengaruh Penambahan ASP dan AJKS terhadap Kuat Tekan Bata Merah

No	Komposisi Campuran	Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
1	Bata Merah Tanpa Bahan Tambahan	1,8	Kontrol (standar pabrikasi)
2	Bata + 5% ASP	2,4	Peningkatan karena pengisian pori mikro
3	Bata + 10% ASP	2,1	Penurunan ringan, mulai muncul pori berlebih
4	Bata + 5% AJKS	2,3	Silika dan alumina membantu kekuatan
5	Bata + 10% AJKS	2,0	Porositas meningkat, kekuatan menurun
6	Bata + 5% ASP + 5% AJKS	2,5	Kombinasi optimal bahan Tambah
7	Bata + 10% ASP + 10% AJKS	1,7	Kelebihan bahan tambah → struktur tidak padat

2.3.5 Abu Sekam Padi dan Abu Janjang Sawit sebagai bahan tambah alternatif

Abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kosong kelapa sawit (AJKS) merupakan limbah biomassa pertanian yang jumlahnya melimpah, terutama di negara agraris seperti Indonesia. Kedua limbah ini sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal dan bahkan menjadi sumber pencemaran lingkungan apabila dibuang begitu saja. Padahal, berdasarkan berbagai penelitian, ASP kaya akan silika amorf reaktif, sementara AJKS mengandung kombinasi senyawa seperti silika, alumina, dan kalsium yang dapat mendukung proses hidrasi dalam material bangunan (Maulani et al., 2022; Hasibuan et al., 2024).

Potensi ASP sebagai bahan pozzolan membuatnya ideal untuk dimanfaatkan dalam campuran bata merah. Reaksi antara silika dalam ASP dan kalsium hidroksida dalam campuran mampu membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang memperkuat struktur material dan meningkatkan kerapatan mikrostruktur bata. Sementara itu, AJKS, meskipun bersifat lebih inert, tetap berperan penting sebagai filler material yang mampu mengisi rongga mikro serta

menurunkan porositas dalam struktur bata. Kombinasi keduanya dapat menciptakan sinergi yang memperbaiki performa mekanik dan memperpanjang umur pakai bata merah (Siregar & Lubis, 2021). Perbandingan karakteristik ASP dan AJKS disajikan pada Tabel 8 di bawah ini.

Penggunaan ASP dan AJKS sebagai bahan tambah juga memiliki dampak positif dari sisi lingkungan dan ekonomi. Dari sisi lingkungan, pemanfaatan limbah ini dapat mengurangi akumulasi limbah organik dan emisi gas rumah kaca akibat pembakaran terbuka. Sedangkan dari sisi ekonomi, bahan tambah alternatif ini mampu menekan biaya produksi karena mengurangi konsumsi bahan baku primer seperti tanah liat dan semen. Dengan demikian, pemanfaatan ASP dan AJKS sebagai bahan tambah bukan hanya menawarkan solusi teknis, tetapi juga menjadi pendekatan berkelanjutan dalam pengembangan material bangunan ramah lingkungan (Rahman et al., 2021).

Tabel 8. Perbandingan Karakteristik ASP dan AJKS

No	Parameter	Abu Sekam Padi (ASP)	Abu Janjang Kosong Sawit (AJKS)
1	Asal	Pembakaran sekam padi	Pembakaran janjang kosong kelapa sawit
2	Kandungan utama	Silika amorf (SiO_2) tinggi	Silika, Alumina (Al_2O_3), Kalsium (CaO)
3	Sifat kimia	Pozzolan aktif (reaktif dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$)	Lebih inert, dominan sebagai filler
4	Fungsi utama dalam bata	Reaksi pozzolanik membentuk C-S-H	Mengisi pori mikro, meningkatkan kepadatan
5	Dampak terhadap Kekuatan	Meningkatkan	Menstabilkan atau sedikit meningkatkan
6	Dampak terhadap Porositas	Menurunkan porositas melalui reaksi kimia	Menurunkan porositas melalui pengisian
7	Keuntungan Lingkungan	Mengurangi limbah padi, emisi CO_2	Mengurangi limbah kelapa sawit
8	Keuntungan Ekonomi	Menekan biaya bahan Baku	Alternatif pengganti bahan primer

Penggunaan ASP dan AJKS sebagai bahan tambah juga memiliki dampak positif dari sisi lingkungan dan ekonomi. Dari sisi lingkungan, pemanfaatan limbah

ini dapat mengurangi akumulasi limbah organik dan emisi gas rumah kaca akibat pembakaran terbuka. Sedangkan dari sisi ekonomi, bahan tambah alternatif ini mampu menekan biaya produksi karena mengurangi konsumsi bahan baku primer seperti tanah liat dan semen. Dengan demikian, pemanfaatan ASP dan AJKS sebagai bahan tambah bukan hanya menawarkan solusi teknis, tetapi juga menjadi pendekatan berkelanjutan dalam pengembangan material bangunan ramah lingkungan (Rahman et al., 2021).

2.3.6 Pemanfaatan Limbah sebagai Bahan Bangunan

Dalam era pembangunan berkelanjutan, industri konstruksi dituntut untuk lebih bertanggung jawab terhadap dampak lingkungan. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah konsep ekonomi sirkular, yaitu strategi yang mendorong pemanfaatan kembali limbah sebagai bahan yang bernilai guna. Limbah dari sektor pertanian dan industri, seperti abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kosong kelapa sawit (AJKS), memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan alternatif. Pemanfaatan limbah ini merupakan langkah konkret dalam mengurangi volume sampah dan emisi karbon yang dihasilkan dari proses pembangunan konvensional (Rahman et al., 2021).

Karakteristik fisik dan kimia dari ASP dan AJKS, seperti kandungan silika, alumina, dan kalsium, menjadikan limbah ini layak dijadikan sebagai bahan substitusi atau bahan tambah dalam produksi material konstruksi, khususnya bata merah, beton, atau mortar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencampuran limbah ini secara proporsional dalam material bangunan dapat meningkatkan kekuatan tekan, mengurangi porositas, dan memperbaiki daya tahan terhadap kelembaban. Dengan formulasi yang tepat, limbah yang semula dianggap tidak berguna dapat memberikan nilai tambah struktural dan ekonomis bagi material

bangunan (Maulani et al., 2022; Hasibuan et al., 2024).

Lebih dari itu, pemanfaatan limbah pertanian dalam konstruksi juga berdampak positif terhadap pengurangan penggunaan sumber daya alam non-terbarukan seperti semen, pasir, dan tanah liat. Dengan menurunkan ketergantungan terhadap bahan baku primer, biaya produksi pun dapat ditekan, sekaligus mendukung terciptanya praktik konstruksi hijau (*green construction*) yang ramah lingkungan dan efisien secara energi. Strategi ini tidak hanya sejalan dengan prinsip keberlanjutan, tetapi juga memberikan solusi jangka panjang terhadap masalah limbah dan kelangkaan sumber daya (Rahman et al., 2021).

2.3.7 Kerangka Pemikiran

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur menuntut penyediaan material bangunan yang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu material yang banyak digunakan dalam konstruksi adalah batu bata merah, yang umumnya berbahan dasar tanah liat. Namun, ketersediaan tanah liat yang semakin terbatas dan proses pembakaran yang menghasilkan emisi karbon cukup tinggi menjadi tantangan dalam industri ini.

Di sisi lain, limbah pertanian seperti abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kelapa sawit (AJKS) tersedia melimpah, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Kedua limbah ini mengandung senyawa pozzolan seperti silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang berpotensi meningkatkan ikatan partikel tanah dalam proses pembakaran batu bata. Pozzolan memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (CSH) yang berperan penting dalam meningkatkan kekuatan tekan material bangunan

Penggunaan ASP dan AJKS sebagai bahan tambah diharapkan dapat:

1. Meningkatkan kuat tekan batu bata merah,

2. Mengurangi porositas dan daya serap air,
3. Menurunkan suhu dan durasi pembakaran (lebih efisien energi),
4. Mengurangi penggunaan tanah liat sebagai bahan utama,
5. Menekan dampak lingkungan dan emisi dari proses pembakaran konvensional.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan ASP dalam kadar rendah (3-5%) dapat memberikan penguatan mekanik tanpa mengganggu struktur mikro bata, sementara AJKS dalam kadar serupa juga berkontribusi terhadap kestabilan bentuk dan kekuatan tekan. Namun, penggunaan dalam kadar tinggi justru dapat menurunkan kualitas karena mengganggu kepadatan partikel.

Dengan dasar tersebut, penelitian ini disusun untuk mengamati secara kuantitatif pengaruh penambahan abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit terhadap kuat tekan batu bata merah berbasis limbah, guna menghasilkan formulasi material yang ramah lingkungan namun tetap memenuhi standar kekuatan material bangunan.

2.3.8 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual adalah kerangka berpikir yang menggambarkan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti, berdasarkan teori dan hasil-hasil penelitian terdahulu. Dalam penelitian ini, kerangka konseptual disusun berdasarkan pemanfaatan abu sekam padi (ASP) dan abu janjang kelapa sawit (AJKS) sebagai bahan tambah terhadap pembuatan batu bata merah berbasis limbah.

Limbah pertanian seperti ASP dan AJKS memiliki kandungan senyawa aktif seperti SiO_2 (silika) dan Al_2O_3 (alumina) yang dikenal sebagai material

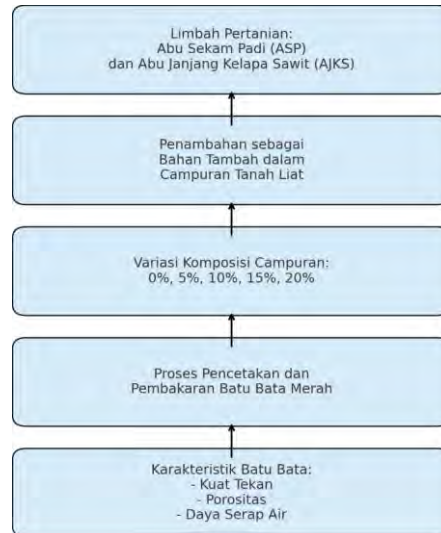
pozzolan. Dalam batas komposisi tertentu, zat-zat tersebut mampu berperan sebagai pengikat tambahan dalam struktur tanah liat, memperbaiki mikrostruktur, dan meningkatkan kuat tekan serta kestabilan dimensi dari bata yang dihasilkan.

Namun, penggunaan bahan limbah dalam jumlah berlebihan justru dapat menyebabkan penurunan kualitas akibat meningkatnya porositas dan turunnya kohesi antar partikel tanah. Oleh karena itu, penting untuk menentukan komposisi campuran yang optimal agar tercapai kekuatan maksimal tanpa mengorbankan kualitas visual dan daya tahan fisik bata. Berikut Gambar 2 adalah kerangka konseptual yang menggambarkan alur logika penelitian ini:

Selain berdampak pada sumber daya alam, proses produksi batu bata merah konvensional juga memberikan pengaruh terhadap kualitas udara. Pada tahap pembakaran, pengrajin umumnya menggunakan bahan bakar seperti kayu, sekam, batok kelapa, maupun limbah lainnya yang menghasilkan asap dalam jumlah cukup

Proses produksi batu bata merah konvensional juga memiliki dampak terhadap faktor produksi itu sendiri. Penggunaan bahan bakar dalam jumlah besar menyebabkan biaya produksi menjadi lebih tinggi, terutama ketika harga bahan bakar mengalami peningkatan. Selain itu, proses pembakaran tradisional yang kurang efisien sering menghasilkan kualitas bata yang tidak seragam, seperti bata yang retak, kurang matang, atau mudah pecah. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerugian bagi pengrajin karena hasil produksi tidak memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

Melalui kerangka ini, dapat terlihat bahwa fokus penelitian adalah mengetahui sejauh mana variasi kadar abu sekam padi dan abu janjang sawit memengaruhi kuat tekan dari batu bata merah.



Gambar 2 Kerangka Konseptual Penelitian

2.6 Dampak Lingkungan Produksi Bata Merah Konvensional

Produksi batu bata merah konvensional memberikan berbagai dampak terhadap lingkungan, terutama karena proses pembuatannya masih banyak menggunakan metode tradisional dengan pemanfaatan sumber daya alam secara langsung. Salah satu dampak yang paling terlihat adalah terhadap sumber daya alam, khususnya penggunaan tanah liat sebagai bahan baku utama. Pengambilan tanah liat secara terus-menerus tanpa pengelolaan yang baik dapat menyebabkan kerusakan lahan, berkurangnya kesuburan tanah, serta perubahan struktur permukaan tanah di area penggalian. Jika dilakukan secara berlebihan, kondisi ini dapat memicu erosi dan menurunkan kualitas lingkungan di sekitar lokasi produksi.

Selain berdampak pada sumber daya alam, proses produksi batu bata merah konvensional juga memberikan pengaruh terhadap kualitas udara. Pada tahap pembakaran, pengrajin umumnya menggunakan bahan bakar seperti kayu, sekam, batok kelapa, maupun limbah lainnya yang menghasilkan asap dalam jumlah cukup besar. Asap hasil pembakaran tersebut mengandung partikel debu dan gas tertentu yang dapat mencemari udara di sekitar area produksi. Apabila proses pembakaran

dilakukan secara terus-menerus tanpa pengendalian emisi yang baik, maka

pencemaran udara dapat meningkat dan memengaruhi kualitas lingkungan sekitar.

Dampak lain yang juga perlu diperhatikan adalah terhadap kesehatan masyarakat. Asap dan debu dari proses produksi batu bata merah dapat menyebabkan gangguan kesehatan, terutama pada sistem pernapasan. Masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi produksi maupun para pekerja berisiko mengalami gangguan seperti batuk, sesak napas, iritasi mata, hingga masalah kesehatan lainnya akibat paparan asap pembakaran dan debu tanah liat dalam jangka panjang. Selain itu, kondisi lingkungan kerja yang kurang memadai juga dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan gangguan kesehatan bagi para pekerja produksi bata merah.

Proses produksi batu bata merah konvensional juga memiliki dampak terhadap faktor produksi itu sendiri. Penggunaan bahan bakar dalam jumlah besar menyebabkan biaya produksi menjadi lebih tinggi, terutama ketika harga bahan bakar mengalami peningkatan. Selain itu, proses pembakaran tradisional yang kurang efisien sering menghasilkan kualitas bata yang tidak seragam, seperti bata yang retak, kurang matang, atau mudah pecah. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerugian bagi pengrajin karena hasil produksi tidak memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

Oleh karena itu, diperlukan berbagai upaya untuk mengurangi dampak negatif dari produksi batu bata merah konvensional. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan bahan tambahan ramah lingkungan, menggunakan teknologi pembakaran yang lebih efisien, serta menerapkan pengelolaan limbah dan penggunaan sumber daya alam secara bijak. Dengan adanya inovasi dan pengembangan teknologi produksi yang lebih modern, diharapkan proses pembuatan batu bata merah dapat menjadi lebih efisien, berkualitas, dan tetap memperhatikan keberlanjutan lingkungan.

2.6.1 Dampak Terhadap Sumber Daya Alam

Produksi bata merah konvensional memerlukan tanah liat sebagai bahan baku utama. Aktivitas penggalian tanah liat secara terus-menerus mengakibatkan degradasi lahan yang cukup serius. Lahan yang semula subur menjadi kehilangan lapisan atasnya dan tidak lagi produktif untuk kegiatan pertanian. Selain itu, pengambilan tanah liat secara berlebihan juga mengurangi fungsi ekologis tanah, seperti kemampuan menyerap air hujan. Akibatnya, daerah sekitar lokasi penggalian menjadi lebih rentan terhadap banjir maupun erosi. Kondisi ini memperlihatkan bahwa produksi bata merah tradisional tidak hanya berdampak pada berkurangnya sumber daya alam, tetapi juga mengancam keseimbangan lingkungan jangka panjang.

2.6.2 Dampak Terhadap Kualitas Udara

Tahap pembakaran bata merah tradisional dilakukan dengan tungku terbuka menggunakan bahan bakar seperti kayu bakar, jerami, maupun limbah pertanian. Proses ini menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), serta partikulat debu yang dapat mencemari udara. Di banyak sentra industri bata kecil, asap pekat dari pembakaran kerap menjadi masalah serius bagi masyarakat sekitar. Polusi udara ini tidak hanya menurunkan kualitas udara ambien, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan gas rumah kaca yang berdampak pada perubahan iklim global.

2.6.3 Dampak Terhadap Kesehatan Masyarakat

Emisi dari pembakaran bata konvensional berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Paparan partikulat halus dapat menyebabkan gangguan

pernapasan, batuk kronis, hingga penyakit paru-paru. Masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi pembakaran bata memiliki risiko lebih tinggi terkena penyakit saluran pernapasan, terutama anak-anak dan lansia. Selain itu, penggunaan kayu sebagai bahan bakar juga memperburuk masalah deforestasi, sehingga menambah beban lingkungan dan kesehatan secara bersamaan.

2.6.4 Permasalahan Kualitas Produk

Selain menimbulkan dampak lingkungan, metode produksi tradisional juga menghasilkan kualitas produk yang bervariasi. Suhu pembakaran dalam tungku tradisional sulit dikendalikan, sehingga sebagian bata menjadi kurang matang dan rapuh, sedangkan sebagian lainnya bisa retak karena panas berlebih. Hal ini menyebabkan tingkat *reject* cukup tinggi, yang pada akhirnya meningkatkan pemborosan energi dan bahan baku. Kualitas produk yang tidak konsisten juga mengurangi daya saing bata merah tradisional di pasaran

2.7 Konsep Kontruksi Berkelanjutan(*Green Construction*)

Dalam kontruksi berkelanjutan ada istilah yang mengatakan *green construction* dimana memiliki prinsip dasar dan apa tujuannya terhadap masyarakat luas, serta keberlanjutannya yang sejalan dengan SDGS (*sustainable development goals*).

2.7.1 Defenisi dan Prinsip Dasar *Green Construction*

Green construction adalah konsep pembangunan yang berfokus pada pemanfaatan sumber daya alam secara efisien, mengurangi limbah, serta menekan dampak negatif terhadap lingkungan. Prinsip utama pendekatan ini adalah penggunaan material ramah lingkungan, penghematan energi, serta memaksimalkan manfaat sosial dan ekonomi. Dalam konteks material bangunan, *green construction* mendorong pemanfaatan limbah industri maupun pertanian sebagai bahan alternatif.

2.7.2 Penerapan Pada Industri Bata Merah

Pada industri bata merah, konsep *green construction* dapat diwujudkan melalui pengurangan penggunaan tanah liat dan menggantinya dengan limbah pertanian seperti abu sekam padi (ASP) dan abu janjang sawit (AJKS). ASP dengan kandungan silika tinggi mampu berperan sebagai pozzolan, sedangkan AJKS dapat berfungsi sebagai filler untuk mengisi pori-pori dalam bata. Kombinasi keduanya mampu meningkatkan kualitas bata sekaligus menekan dampak lingkungan.

2.7.3 Manfaat Lingkungan dan Sosial

Pemanfaatan ASP dan AJKS memberikan manfaat ganda. Dari sisi lingkungan, penggunaan limbah ini mengurangi volume limbah pertanian yang berpotensi mencemari lingkungan, serta menekan eksploitasi tanah liat. Dari sisi sosial, masyarakat di sekitar sentra produksi bata dapat memperoleh nilai tambah dari penjualan limbah pertanian yang sebelumnya tidak bernilai. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berdampak pada aspek teknis, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat

2.7.4 Kaitan dengan SDGS

Pemanfaatan ASP dan AJKS dalam pembuatan bata merah mendukung

pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*). Secara khusus, hal ini relevan dengan SDG 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan) yang menekankan pentingnya pembangunan infrastruktur ramah lingkungan, serta SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) yang mendorong pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki landasan yang kuat tidak hanya secara teknis, tetapi juga dalam konteks kebijakan global.

2.8 Teknologi Dalam Produksi Bata Merah

Teknologi dalam produksi batu bata merah dikenal ada 2 yaitu diantaranya adalah produksi batu bata merah dengan cara tradisional dan ada juga dengan cara yang modern menggunakan mesin. Namun keduanya pasti memiliki kelebihan dan kekurangan yang membuat kita akan lebih signifikan menentukan cara produksi mana yang akan kita gunakan.

2.8.1 Metode Tradisional dan Keterbatasannya

Metode tradisional pembuatan bata masih banyak digunakan oleh pengrajin di daerah pedesaan. Proses ini melibatkan pencetakan manual menggunakan cetakan kayu dan pembakaran dengan tungku sederhana. Walaupun metode ini mudah dilakukan dan tidak membutuhkan biaya besar, hasilnya kurang konsisten. Variasi ukuran, kepadatan, serta kualitas pembakaran menyebabkan mutu bata sulit memenuhi standar industri.

2.8.2 Inovasi Mesin Teknologi Bata

Seiring perkembangan teknologi, telah banyak dikembangkan mesin pencetak bata modern. Mesin ini dilengkapi dengan *screw mixer* yang mampu mencampurkan tanah liat dengan bahan tambah secara homogen. Selain itu, proses pencetakan mekanis menghasilkan ukuran bata yang lebih seragam dan padat. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan kualitas, tetapi juga mempercepat proses produksi sehingga lebih efisien.

2.8.3 Efisiensi Produk dengan Teknologi Baru

Penggunaan teknologi mesin bata terbukti meningkatkan efisiensi produksi hingga 30% dibandingkan metode manual. Proses pencampuran yang lebih baik mengurangi risiko porositas berlebihan dalam bata, sehingga kuat tekan meningkat. Selain itu, tingkat *reject* atau kerusakan bata dapat ditekan, sehingga bahan baku lebih hemat. Efisiensi ini penting bagi industri kecil dan menengah agar dapat bersaing di pasar konstruksi yang semakin kompetitif.

2.8.4 Studi Kasus di UKM Deli Serdang

Penelitian Hasibuan et al. (2024) di salah satu UKM bata di Deli Serdang menunjukkan bahwa penerapan mesin bata modern menghasilkan produk dengan kualitas lebih konsisten. Nilai kuat tekan bata yang menggunakan campuran abu sekam padi dan abu janjang sawit mencapai standar SNI, dengan mutu bata yang seragam. Hal ini membuktikan bahwa penerapan teknologi dapat mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara lebih efektif dan berkelanjutan.

2.9 Kajian Ekonomi Pemanfaatan ASP dan AJKS

Dalam pemanfaatan ASP dan AJKS ada kajian ekonomi yang harus dilihat apakah hal tersebut memberikan dampak positif yaitu keuntungan atau bahkan justru memberikan impact yang membuat rugi, oleh karena itu ada efisiensi biaya.

2.9.1 Efisiensi Biaya Produksi

Penggunaan ASP dan AJKS sebagai bahan tambah dapat mengurangi ketergantungan pada tanah liat. Dengan demikian, biaya pengadaan bahan baku menurun. Limbah pertanian ini umumnya tersedia dalam jumlah besar dan harganya relatif rendah, sehingga dapat menekan biaya produksi secara signifikan.

2.9.2 Nilai Tambah bagi Sektor Pertanian dan Perkebunan

Bagi para petani padi, sekam padi yang selama ini sering dianggap sebagai limbah dan hanya dibuang atau dibakar ternyata memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomi. Melalui proses pembakaran dan pengolahan tertentu, sekam padi dapat diubah menjadi abu sekam padi yang memiliki kandungan silika cukup tinggi dan berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan dalam berbagai material konstruksi, termasuk bata merah. Pemanfaatan tersebut tidak hanya membantu mengurangi limbah pertanian, tetapi juga membuka peluang baru bagi masyarakat untuk memperoleh nilai tambah dari hasil sampingan pertanian.

Hal yang sama juga terjadi pada industri kelapa sawit. Janjang kosong sawit yang sebelumnya hanya menjadi limbah produksi kini dapat diolah menjadi abu janjang sawit yang memiliki manfaat dalam bidang konstruksi. Abu tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran pada pembuatan bata merah maupun material bangunan lainnya karena memiliki karakteristik tertentu yang dapat memengaruhi kualitas produk. Dengan adanya pemanfaatan ini, limbah industri kelapa sawit tidak lagi hanya menjadi sisa produksi yang tidak bernilai, tetapi dapat diubah menjadi produk yang lebih bermanfaat dan ekonomis.

Pemanfaatan abu sekam padi dan abu janjang sawit sebagai bahan tambahan material bangunan juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Pengurangan limbah yang sebelumnya dibakar secara terbuka dapat membantu menekan pencemaran udara dan mengurangi penumpukan limbah di lingkungan sekitar. Selain itu, penggunaan limbah sebagai bahan campuran bata merah dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan baku utama secara berlebihan sehingga mendukung konsep pembangunan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dari sisi ekonomi, pengolahan limbah pertanian dan perkebunan menjadi bahan bernilai jual dapat menciptakan peluang usaha baru bagi masyarakat. Petani maupun pelaku industri dapat memperoleh tambahan pendapatan melalui penjualan abu hasil pengolahan limbah tersebut kepada pengrajin bata merah atau sektor konstruksi lainnya. Kondisi ini secara tidak langsung dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekaligus memperluas pemanfaatan sumber daya lokal yang sebelumnya kurang dimaksimalkan.

Dengan demikian, pemanfaatan abu sekam padi dan abu janjang sawit tidak hanya memberikan manfaat dalam peningkatan kualitas material bangunan, tetapi juga mampu menciptakan rantai nilai ekonomi baru yang mendukung sektor pertanian dan perkebunan. Kolaborasi antara sektor konstruksi dengan pemanfaatan limbah lokal diharapkan dapat mendorong terciptanya inovasi material bangunan yang lebih ekonomis, ramah lingkungan, dan berkelanjutan bagi masyarakat..

2.9.3 Potensi Peningkatan Harga Jual Bata

Bata merah berbasis limbah pertanian memiliki potensi dipasarkan dengan harga lebih tinggi karena memiliki keunggulan tambahan, yakni ramah lingkungan dan berkualitas lebih baik. Tren pembangunan saat ini yang mengedepankan konsep

green building membuka peluang besar bagi bata merah ramah lingkungan untuk menembus pasar konstruksi modern.

2.9.4 Dampak Ekonomi Lokal

Industri bata merah skala kecil di Medan dan Deli Serdang dapat memperoleh manfaat ekonomi langsung dari penerapan teknologi ini. Selain menekan biaya produksi, masyarakat sekitar juga mendapatkan tambahan penghasilan dari penjualan limbah pertanian. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya meningkatkan daya saing industri bata, tetapi juga memperkuat perekonomian lokal secara keseluruhan.

2.10 Tinjauan Regulasi dan Kebijakan

Dalam perencanaan pembuatan batu bata merah, terdapat aspek penting yang dikenal sebagai tinjauan regulasi dan kebijakan. Tinjauan ini berkaitan dengan aturan, pedoman, serta standar yang menjadi acuan dalam proses produksi bata merah agar material yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan layak digunakan dalam konstruksi bangunan. Keberadaan regulasi dan kebijakan tersebut sangat penting untuk memastikan bahwa proses produksi dilakukan sesuai dengan ketentuan teknis, keamanan, dan kualitas yang telah ditetapkan.

Di Indonesia, standar yang digunakan dalam pengendalian mutu material bangunan dikenal sebagai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang disusun oleh Badan Standardisasi Nasional. SNI berfungsi sebagai pedoman resmi dalam menentukan spesifikasi teknis berbagai produk, termasuk batu bata merah. Standar ini mencakup berbagai aspek, seperti ukuran bata, bentuk, tingkat penyerapan air, hingga nilai kuat tekan minimum yang harus dipenuhi agar bata merah aman digunakan dalam pembangunan.

Penerapan standar SNI dalam produksi batu bata merah bertujuan untuk menjaga konsistensi kualitas produk yang beredar di masyarakat. Dengan adanya standar tersebut, produsen dapat mengetahui kriteria mutu yang harus dicapai dalam proses produksi, mulai dari pemilihan bahan baku, proses pencetakan, pengeringan, hingga pembakaran. Selain itu, standar ini juga membantu konsumen dan pelaku konstruksi dalam memilih material bangunan yang sesuai dengan kebutuhan dan memiliki kualitas yang terjamin.

Tinjauan regulasi dan kebijakan juga menjadi bagian penting dalam mendukung pembangunan yang aman dan berkelanjutan. Bata merah yang diproduksi sesuai standar akan memiliki daya tahan yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan keamanan struktur bangunan. Selain itu, regulasi yang baik dapat mendorong produsen untuk menerapkan proses produksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, termasuk dalam pemanfaatan bahan tambahan dari limbah pertanian maupun limbah industri.

Dengan demikian, tinjauan regulasi dan kebijakan yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia menjadi dasar penting dalam perencanaan dan produksi batu bata merah. Penerapan standar tersebut tidak hanya bertujuan meningkatkan kualitas produk, tetapi juga mendukung terciptanya konstruksi bangunan yang aman, kuat, serta sesuai dengan perkembangan kebutuhan pembangunan modern..

2.10.1 Standar Mutu Bata Menurut SNI

Badan Standardisasi Nasional telah menetapkan SNI 15-2094-2000 sebagai pedoman dalam menentukan persyaratan mutu bata merah yang digunakan pada konstruksi bangunan. Standar ini disusun untuk memastikan bahwa bata merah yang diproduksi dan digunakan di masyarakat memiliki kualitas yang sesuai dengan ketentuan teknis sehingga mampu memberikan keamanan dan ketahanan pada

struktur bangunan. Dengan adanya standar tersebut, proses produksi bata merah dapat dilakukan secara lebih terarah dan memiliki acuan mutu yang jelas.

Berdasarkan ketentuan dalam SNI tersebut, bata merah diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat mutu berdasarkan nilai kuat tekannya. Untuk bata merah mutu III, nilai kuat tekan minimum yang harus dipenuhi adalah sebesar 1,0 MPa. Nilai kuat tekan ini menunjukkan kemampuan bata dalam menahan beban tekanan tanpa mengalami kerusakan atau pecah. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang dimiliki, maka semakin baik kualitas bata merah tersebut dalam menopang konstruksi bangunan.

Penetapan standar kuat tekan minimum sangat penting karena berkaitan langsung dengan keamanan dan kualitas bangunan. Bata merah yang memiliki kuat tekan di bawah standar berisiko mengalami keretakan atau kerusakan ketika menerima beban, sehingga dapat memengaruhi kestabilan struktur bangunan. Oleh karena itu, pengujian kuat tekan menjadi salah satu tahapan penting dalam proses pengendalian mutu bata merah sebelum digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

Selain menjamin keamanan bangunan, penerapan standar mutu juga memberikan manfaat bagi produsen dan konsumen. Bagi produsen, standar SNI menjadi pedoman dalam menjaga kualitas proses produksi agar hasil yang diperoleh sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Sementara itu, bagi konsumen dan pelaku konstruksi, standar tersebut memberikan jaminan bahwa bata merah yang digunakan memiliki kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan serta layak digunakan dalam pembangunan.

Dengan demikian, penerapan SNI 15-2094-2000 menjadi langkah penting dalam mendukung penggunaan material bangunan yang berkualitas dan aman.

Standar ini tidak hanya berfungsi sebagai acuan teknis dalam produksi bata merah,

tetapi juga sebagai bentuk pengawasan mutu untuk menciptakan konstruksi bangunan yang lebih kuat, tahan lama, dan sesuai dengan kebutuhan pembangunan modern..

2.10.2 Regulasi Material Ramah Lingkungan

Pemerintah melalui Kementerian PUPR mendorong penggunaan material ramah lingkungan dalam pembangunan. Regulasi ini memberikan peluang besar bagi pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan tambahan konstruksi. Dengan demikian, bata merah berbasis ASP dan AJKS dapat menjadi salah satu produk inovatif yang sejalan dengan arah kebijakan nasional.

2.10.3 Dukungan Pemerintah Terhadap Inovasi Berbasis Limbah

Selain regulasi teknis, pemerintah juga mendukung program ekonomi sirkular, yaitu pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai tambah. Dukungan ini penting agar penelitian akademis dapat diterapkan secara nyata di masyarakat melalui insentif, pelatihan, maupun bantuan teknologi bagi industri kecil.

2.10.4 Implikasi Kebijakan Bagi Industri Bata Merah

Kebijakan pembangunan berkelanjutan membuka peluang bagi industri bata merah untuk meningkatkan daya saingnya. Dengan memenuhi standar mutu dan menerapkan inovasi ramah lingkungan, industri bata lokal dapat memperoleh legitimasi lebih kuat di pasar. Namun demikian, tantangan tetap ada, seperti keterbatasan teknologi dan minimnya kesadaran pengusaha kecil terhadap pentingnya inovasi. Oleh karena itu, diperlukan sinergi antara akademisi, pemerintah, dan pelaku industri agar penerapan teknologi berbasis ASP dan AJKS dapat berjalan efektif.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

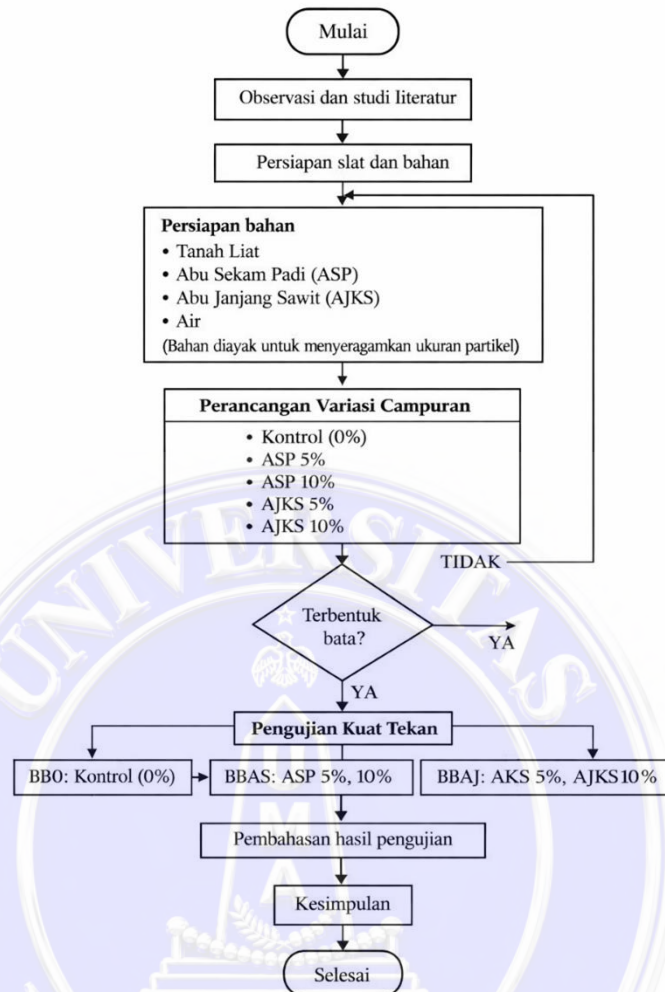
Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen kuantitatif, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas (penambahan abu sekam padi dan abu janjang kelapa sawit) terhadap variabel terikat (kuat tekan batu bata merah berbasis limbah). Penelitian eksperimen memungkinkan pengendalian variabel-variabel tertentu untuk mengamati dampak perubahan pada satu atau lebih variabel lainnya.

Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang diperoleh berupa angka dan hasil pengujian laboratorium (kuat tekan dalam MPa) yang kemudian dianalisis secara statistik untuk melihat adanya pengaruh yang signifikan

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Medan Area (UMA). Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan fasilitas dan peralatan pengujian material bangunan, khususnya alat uji kuat tekan yang diperlukan dalam penelitian ini. Seluruh proses pembuatan benda uji, perawatan, hingga pengujian kuat tekan bata merah dilakukan secara terpusat di laboratorium tersebut guna menjaga konsistensi kondisi lingkungan dan akurasi hasil pengujian. Waktu pelaksanaan penelitian dijadwalkan selama dua bulan, yaitu dari Juli hingga Agustus 2025. Kegiatan penelitian mencakup tahap persiapan bahan, proses produksi bata, pengeringan, pembakaran, serta pengujian kuat tekan

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan yang Digunakan:

- a. Tanah liat (Digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan bata merah).
- b. Abu sekam padi (ASP) (Diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi kering dan digunakan sebagai bahan tambah pozzolan).
- c. Abu janjang kelapa sawit (AJKS) (Diperoleh dari hasil pembakaran limbah janjang kosong kelapa sawit, berfungsi sebagai filler material).
- 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 cm × 4,2 cm × 9,5 cm, digunakan untuk membentuk bata).



Gambar 4 Cetakan Batu Bata Merah Standar (Pratama 2022)

- b. Timbangan digital (Digunakan untuk menakar bahan dengan presisi sesuai komposisi campuran).



Gambar 5. Timbangan Untuk Proporsi Campuran dan Tanah Liat (Rahmawati et al, 2023)

- c. Ember dan cetok pengaduk (Alat bantu untuk mencampur bahan secara manual).



Gambar 6. Baskom Sebagai Alat Pencampuran Tanah Liat
Sumber: (Almusawi et al, 2024)

- 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*)

3.5 Variabel Penelitian

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

1. Variabel bebas:

Komposisi penambahan abu sekam padi(ASP),dengan variasi campuran:

- a. 0% (control tanpa tambahan untuk sampel ASP dan AJKS)
- b. Campuran ASP dengan fraksi:5% dan 10%
- c. Campuran AJKS dengan fraksi:5% dan 10%

2. Variabel terikat:

- a. Kuat tekan batu bata merah (dalam satuan MPa)

3. Variabel kontrol:

- a. Ukuran cetakan, durasi pengeringan, suhu pembakaran, serta waktu pengujian.

3.6 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

Pengumpulan tanah liat, ASP, dan AJKS dari sumber terpercaya, bahan diayak untuk menyamakann ukuran partikel.

2. Pencampuran bahan

Bahan dicampur dalam komposisi sesuai desain eksperimen. Campuran diaduk hingga homogen

3. Pencetakan bata

Campuran dimasukkan ke dalam cetakan standar dengan ukuran 18,2 cm x 4,2 cm x 9,5 cm

4. Pengeringan

Bata yang telah dicetak dikeringkan secara alami sampai dengan 7 hari hingga kadar air turun secara signifikan

5. Pembakaran

Bata merah dibakar dalam tungku tradisional dalam 2 hari dengan suhu berkisar 600-900

6. Pengujian kuat tekan

Sampel bata yang telah dibakar di uji kuat tekannya menggunakan alat uji tekan di laboratorium untuk memperoleh nilai mekanik tiap variasi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Potensi Abu Sekam Padi (ASP) dan Abu Janjang Sawit (AJKS) sebagai Bahan Tambah terhadap Kuat Tekan Bata Merah Berbasis Limbah, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh ASP terhadap kuat tekan: Penambahan abu sekam padi (ASP) sebesar 5% memberikan peningkatan kuat tekan tertinggi, yaitu rata-rata 0,89 MPa. Namun pada kadar 10% nilai kuat tekan menurun kembali hingga mendekati kontrol (0,75 MPa). Hal ini membuktikan bahwa ASP efektif hanya pada dosis rendah.
2. Pengaruh AJKS terhadap kuat tekan: Penambahan abu janjang sawit (AJKS) 5% juga meningkatkan kuat tekan bata menjadi 0,94 MPa, sedangkan pada kadar 10% kuat tekan kembali menurun menjadi 0,81 MPa. Efektivitas AJKS lebih kecil dibanding ASP karena sifatnya lebih dominan sebagai filler.
3. Perbandingan dengan standar SNI: Hasil pengujian menunjukkan bahwa baik ASP maupun AJKS pada variasi tunggal belum mencapai standar minimum kuat tekan bata merah mutu III ($\geq 1,0$ MPa) menurut SNI 15-2094-2000. Namun, ASP 5% memiliki performa paling mendekati standar.
4. Implikasi penelitian: Pemanfaatan limbah pertanian berupa ASP dan AJKS memiliki potensi teknis, ekonomis, dan lingkungan. Penelitian ini mendukung konsep *green construction* dengan memanfaatkan limbah yang melimpah, menekan penggunaan tanah liat, serta berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dari pembakaran terbuka.

5.2 **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka saran-saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

5.2.1 **Untuk Penelitian Lanjutan**

1. Disarankan untuk mencoba variasi persentase lain di bawah 10% (misalnya 3%, 7%, atau 8,5%) agar diperoleh kadar optimum.
2. Perlu dilakukan penelitian kombinasi ASP dan AJKS dengan komposisi seimbang untuk melihat efek sinergis keduanya.
3. Analisis tambahan berupa uji serapan air, densitas, dan porositas juga perlu dilakukan untuk melengkapi karakteristik mekanik bata merah.

5.2.2 **Untuk Industri Bata Merah**

1. Penggunaan ASP dan AJKS dapat dijadikan alternatif bahan tambah ramah lingkungan, namun harus dikombinasikan dengan pengendalian suhu dan durasi pembakaran agar hasil lebih optimal.
2. Diperlukan penerapan teknologi mesin pencetak modern untuk meningkatkan homogenitas campuran sehingga kualitas produk lebih konsisten.

5.2.3 **Untuk Pemerintah dan Masyarakat**

1. Perlu adanya dukungan kebijakan dalam pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan bangunan alternatif.
2. Pemanfaatan ASP dan AJKS dapat membuka peluang usaha baru bagi masyarakat sekitar sentra produksi bata, sehingga memberikan dampak sosial-ekonomi yang positif.

5.2.4 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Variasi komposisi terbatas: Penelitian hanya menggunakan dua variasi kadar (5% dan 10%) pada ASP dan AJKS, sehingga belum dapat menggambarkan performa pada rentang konsentrasi yang lebih luas.
2. Parameter uji terbatas: Fokus penelitian hanya pada uji kuat tekan, belum melibatkan pengujian sifat fisik lain seperti penyerapan air, densitas, dan porositas yang juga penting dalam menentukan kualitas bata merah.
3. Skala penelitian: Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium dengan jumlah sampel terbatas, sehingga hasilnya belum sepenuhnya mewakili kondisi produksi bata merah skala industri.
4. Faktor proses pembakaran: Penelitian ini belum mengeksplorasi secara mendalam pengaruh variasi suhu dan durasi pembakaran, padahal faktor tersebut sangat menentukan kualitas akhir bata.

Keterbatasan ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dan dasar perbaikan untuk penelitian selanjutnya agar diperoleh hasil yang lebih komprehensif dan aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2015). *ASTM C618-15: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. <https://doi.org/10.1520/C0618-15>
- Alhaq & Taveriyanto. (2026). Pengaruh abu sekam padi terhadap kuat tekan, porositas, permeabilitas beton porous. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4). <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.4342>
- Almusawi et al. (2024). Enhancing mechanical properties of clay brick by using stone powder. *Civil and Environmental Engineering*, 20(1), 481–490. <https://doi.org/10.2478/cee-2024-0037>
- Awal & Hussin. (2020). Effect of palm oil fuel ash in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 236, 117599. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117599>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 15-2094-2000: Bata Merah untuk Pasangan Dinding*. Jakarta: BSN.
- Basman et al. (2025). Kinerja mortar dengan substitusi abu sekam padi sebagai bahan pozzolan. *Jurnal Sipil Terapan*, 3(1), 01–11. <https://doi.org/10.58169/jusit.v3i1.746>
- Cancerio et al. (2024). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kekuatan batu bata (Literature review). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 12(1), 10–20.
- Nugroho et al. (2020). Pengaruh campuran abu sekam padi terhadap kualitas bata merah. *Jurnal Material Bangunan Berkelanjutan*, 5(2), 89–98.
- Fadillah et al. (2019). Pemanfaatan abu janjang sawit sebagai bahan tambahan campuran beton ramah lingkungan. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 55–61. <https://doi.org/10.32734/jrsl.v3i1.3847>
- Farhan et al. (2023). Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada campuran beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 11(1), 12–19. <https://doi.org/10.24036/jtsi.v11i1.1489>
- Fernandes et al. (2025). Pengaruh pelapukan tanah liat terhadap kuat tekan bata merah di Dataran Tapus Kabupaten Rejang Lebong. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 1871. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1871>
- Hartono. (2020). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan batu bata merah. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 6(1), 33–40.
- Hasibuan et al. (2024). Analisis kombinasi abu sekam padi dan abu janjang sawit terhadap kuat tekan bata merah. *Jurnal Inovasi Material dan Struktur Bangunan*, 5(2), 22–30.
- Hasibuan et al. (2024). Pemanfaatan abu sekam dan abu janjang sawit dalam pembuatan bata merah. *Jurnal Rekayasa Material*, 10(1), 45–52.
- Hasanah et al. (2018). Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Konstruksi*, 12(1), 45–50. <https://doi.org/10.21009/jk123>
- Hidayat & Siregar. (2021). Studi pemanfaatan limbah pertanian dalam pengembangan material konstruksi alternatif. *Jurnal Teknik Sipil Nusantara*, 8(2), 90–98. <https://doi.org/10.31289/jtsn.v8i2.5123>
- Liew et al. (2022). Sustainable construction materials using oil palm biomass ash:

- A review. *Journal of Cleaner Production*, 347, 131277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131277>
- Maulani et al. (2022). Pengaruh penggunaan abu sekam padi terhadap kuat tekan batu bata campuran tanah diatomae. *Jurnal Material Terapan*, 8(1), 14–22.
- Maulani et al. (2022). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur bata merah. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 8(1), 11–19.
- Maulani et al. (2021). Studi eksperimental penggunaan abu sekam padi pada pembuatan bata merah. *Jurnal Material Konstruksi*, 9(1), 33–40. <https://doi.org/10.25077/jmk.v9i1.612>
- Matsyuri. (2020). Pengaruh variasi abu sekam padi terhadap kuat tekan bata merah. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas*, 7(2), 21–27.
- Mehta et al. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mindess et al. (2014). *Concrete* (2nd ed.). Pearson Education.
- Neville. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Nugroho et al. (2021). Studi pengaruh porositas terhadap kuat tekan bata merah dengan variasi bahan tambah. *Jurnal Konstruksi*, 10(1), 45–52.
- Nugroho et al. (2017). Kualitas bata merah berbasis limbah: Kajian awal karakteristik dan kekuatan tekan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1(1), 120–126.
- Oli et al. (2025). Compressive strength performance of rice husk ash-based geopolymer concrete with fly ash as a secondary material. *Journal of Soil and Infrastructure Engineering*, 10(2), 259–266. <https://doi.org/10.29244/jsil.10.2.259-266>
- Putra & Rahmawati. (2018). Evaluasi karakteristik kuat tekan material bangunan berbasis limbah organik. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 7(3), 123–131.
- Putri & Sutrisno. (2020). Analisis dampak eksploitasi tanah liat terhadap lingkungan dalam pembuatan batu bata tradisional. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 101–107. <https://doi.org/10.24853/jtl.6.2.101-107>
- Prasetyo. (2021). *Inovasi Material Tradisional dalam Konstruksi Modern*. Jakarta: Mitra Cendekia.
- Rahman et al. (2021). Kajian pemanfaatan limbah pertanian untuk bahan bangunan ramah lingkungan. *Jurnal Inovasi Lingkungan*, 8(3), 120–130.
- Rahman et al. (2021). Utilization of oil palm empty fruit bunch ash as supplementary cementitious material in mortar. *Construction and Building Materials*, 300, 124066. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124066>
- Rahman & Halim. (2021). Agricultural waste-based eco-friendly construction materials: A review on sustainability and innovation. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126176>
- Safitri et al. (2020). Potensi abu sekam padi dan abu janjang sawit sebagai bahan alternatif pengganti semen pada mortar. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 9(3), 112–120. <https://doi.org/10.24198/jmei.v9i3.40278>
- Sari et al. (2020). Pengaruh variasi abu sekam padi terhadap kuat tekan paving block. *Jurnal Konstruksi*, 14(2), 95–102.

<https://doi.org/10.25077/jk.v14n2.2020.95-102>

- Siregar & Lubis. (2021). Potensi abu janjang kosong sawit sebagai bahan filler dalam material konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 9(1), 34–41.
- Situmorang & Maulana. (2021). Inovasi bahan bangunan berbasis limbah pertanian: Studi kombinasi pozzolan alami. *Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil*, 4(1), 33–39.
- Wicaksono et al. (2024). Optimalisasi pemanfaatan limbah ABUTA sebagai substitusi semen. *Jurnal Inovasi Infrastruktur Hijau*, 10(1), 45–52.
- Wulandari & Gunawan. (2021). Optimalisasi abu janjang kosong kelapa sawit (AJKS) sebagai pengganti sebagian semen pada mortar. *Jurnal Material Inovatif*, 6(1), 23–31.
- Yulianto & Prabowo. (2018). Pengaruh komposisi tanah liat terhadap kualitas bata merah. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 45–52.

