

Analisis Unsur Stem Pada Pemuatan Batu Bata Tradisional Dan Press Dengan Konsep Termodinamika

Aisyaningrum Maharani Devina Larasati Prapsetyo¹⁾, Agung Prapsetyo^{*2)}

¹⁾Universitas Tidar, Jl. Kapt. Suparman No. 30 Magelang, Jawa Tengah
aisyaningrum.maharani.devina.larasati.prapsetyo@students.untidar.ac.id

²⁾Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang, Jawa Tengah
**kinggoenk@gmail.com*

ABSTRAK

Industri batu bata merupakan sektor manufaktur yang berkembang pesat di Kabupaten Magelang. Tanah liat dan pasir menjadi material pokok dalam proses pembuatan yang melalui tahapan penggalian, pencampuran, pencetakan, pengeringan, hingga pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan hukum termodinamika pada proses pembuatan batu bata serta mengidentifikasi unsur STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yang terkandung di dalamnya. Metode penelitian menggunakan metode kualitatif, dengan cara teknik observasi langsung dan diperkuat dengan wawancara serta studi kepustakaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembakaran batu bata terkait dengan Hukum Termodinamika II yaitu energy kalor mengalir secara langsung dari suatu benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah melalui mekanisme radiasi, konveksi dan konduksi. Unsur sains tercermin dalam penerapan konsep perpindahan kalor; unsur teknologi pada penggunaan alat cetak press dan mesin penggiling; unsur teknik pada desain susunan batu bata dalam tungku; serta unsur matematika pada perhitungan kalor yang dibutuhkan dalam proses pembakaran. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami integrasi konsep fisika dengan praktik industri tradisional serta implikasinya terhadap peningkatan kualitas produk batu bata.

Kata-kunci: batu bata; kalor; STEM; termodinamika; pembakaran.

ABSTRACT

The brick industry is a rapidly growing manufacturing sector in Magelang Regency. Clay and sand are the primary materials in the manufacturing process, which involves excavation, mixing, molding, drying, and firing. This study aims to analyze the application of thermodynamic laws to the brick-making process and to identify the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) elements contained therein. The research method used is a qualitative method, with direct observation techniques and strengthened by interviews and literature studies. The results show that the brick-firing process is related to the Second Law of Thermodynamics, namely that heat energy flows directly from a high-temperature object to a low-temperature object through radiation, convection, and conduction mechanisms. The scientific element is reflected in the application of the concept of heat transfer; the technological element in the use of presses and grinding machines; the engineering element in the design of the brick arrangement in the kiln; and the mathematical element in the calculation of the heat required in the firing process. This study contributes to understanding the integration of physics concepts with traditional industrial practices and its implications for improving the quality of brick products.

Keywords: brick; heat; STEM; thermodynamics; firing.

PENDAHULUAN

Termodinamika adalah cabang ilmu fisika yaitu Termodinamika merupakan bagian dari cabang fisika yang bernama termo fisika (*termal physic*), yaitu cabang ilmu fisika yang mempelajari hubungan dan energy pada suatu sistem, akan tetapi ilmu ini hanya menekuni besaran-besaran yang bersekala besar (makroskopis) dan

sistem yang bisa dihitung dengan penelitian. Termodinamika memiliki arti sebagai ilmu yang berhubungan dengan besaran fisis tertentu menggambarkan sikap dari suatu zat yang mempengaruhi kalor. Besaran ini disebut dengan besaran koordinat kalor. Batu bata adalah suatu material yang sangat dibutuhkan saat pembuatan bahan bangunan. sering digunakan saat membuat dinding rumah. Proses

pembuatan batu bata terdiri dari beberapa tahapan yaitu: penggalian tanah, pengolahan tanah, pencetakan batu bata, pengeringan batu bata, dan yang terakhir pembakaran batu bata. Dalam proses pembakaran, batu bata mengalami susut bakar yang merupakan perubahan volume dari batu bata karena proses pembakarannya.

Dari observasi yang telah kami lakukan ini berada di daerah mertoyudan dan tempuran. Dengan perbedaan cara pembuatan dan bentuk dari batu bata tersebut di tempat yang pertama yaitu mertoyudan pembuatannya masih sederhana yaitu dengan pengambilan tanah dan pencetakannya masih dengan cara manual. Sedangkan di tempat yang kedua yaitu di daerah tempuran proses pembuatan batu batanya dengan menggiling dahulu tanah yang akan dibuat selanjutnya batu bata dicetak dengan menggunakan alat press. Untuk cara pembakarannya yaitu sama sekitaran 12 jam. Dari dua tempat pembuatan tersebut berskala home industri dengan cakupan pemasarannya yaitu di tempat 1 yaitu hanya di area magelang saja dan di tempat kedua yaitu di 2 tempat yaitu daerah jawa dan bali.

Proses pembuatan batu bata ini masuk kedalam hukum termodinamika kedua yaitu perpindahan kalor dalam bentuk panas yang disebabkan adanya perbedaan suhu antara benda dan materialnya. Didalam proses perpindahan kalor tersebut terdapat kecepatan panas biasanya disebut dengan laju perpindahan panas. Unsur STEM dalam observasi ini yaitu dengan memanfaatkan teknologi seperti alat yang digunakan untuk mencetak batu bata press dan alat penggiling untuk menggiling tanah agar halus dan mudah untuk dicetak. Tujuan dari observasi ini yaitu untuk mengetahui bagaimana penjelasan hukum termodinamika II

dan unsur STEM yang terdapat dalam proses pembuatan batu bata tersebut.

METODE

Penelitian Analisis Unsur Stem Pada Pemuatan Batu Bata Tradisional dan Press Dengan Konsep Termodinamika ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan pada desain studi kasus (Creswell & Creswell, 2017). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menggali pemahaman mendalam tentang fenomena yang diamati, termasuk perspektif, nilai-nilai, dan pengalaman partisipan (Groat & Wang, 2002). Penelitian dilakukan pada tanggal 19 Mei 2025 di dua lokasi: (1) RT 01/09, Sarirejo, Sukorejo, Kecamatan Mertoyudan, Kabupaten Magelang (milik Pak Ahmad); dan (2) Rejomulyo 1, Sidoagung, Kecamatan Tempuran, Kabupaten Magelang (milik Pak Farid). Pemilihan kedua lokasi didasarkan pada perbedaan metode produksi yang digunakan.

Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi:

1. **Observasi langsung.** Peneliti mengamati secara langsung seluruh tahapan pada proses pembuatan batu bata, mulai dari penggalian tanah sampai dengan proses pembakaran. Pengamatan dilakukan berdasarkan pedoman observasi terstruktur, yang meliputi aspek-aspek yang terkait dengan termodinamika dan unsur STEM (Flick, 2018).

2. **Wawancara mendalam.** **Wawancara** dilakukan secara semi-terstruktur, yang dilakukan dengan kedua pemilik usaha untuk menggali dan mendapatkan informasi tentang proses produksi, kendala yang terjadi dan solusi cara menghadapi, dan pengetahuan mereka tentang konsep fisika dalam pembuatan batu bata (Kvale & Brinkmann, 2009).

3. **Dokumentasi:** Pengambilan gambar dan pencatatan data pendukung seperti jumlah produksi, suhu pembakaran, jenis bahan bakar, dan dimensi batu bata.

4. **Studi literatur:** Pengkajian berbagai sumber pustaka terkait termodinamika, perpindahan kalor, dan teknologi pembuatan batu bata untuk mendukung analisis data (Snyder, 2019).

Analisis data menggunakan teknik analisis data tematik (Braun & Clarke, 2006) yang terdiri dari: (1) familiarisasi data; (2) pengkodean awal; (3) pencarian tema; (4) peninjauan tema; (5) pendefinisian dan penamaan tema; dan

(6) penulisan laporan. Validitas data dijamin melalui triangulasi sumber data (observasi, wawancara, dan dokumentasi) serta member checking dengan partisipan (Lincoln & Guba, 1985)

PEMBAHASAN

1.1. Karakteristik Proses Pembuatan Batu Bata

Berdasarkan hasil observasi, ditemukan perbedaan signifikan antara proses pembuatan batu bata di Mertoyudan dan Tempuran sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Pembuatan Batu Bata di Mertoyudan dan Tempuran

No	Parameter	Mertoyudan (Tradisional)	Tempuran (Press)
1	Jenis batu bata	Batu bata bangunan (AT)	Batu bata ekspose (hias)
2	Jenis tanah	Tanah lempung berhumus berpasir	Tanah lempung
3	Alat cetak	Cetakan kayu manual	Mesin press
4	Lama pengeringan	2 minggu (panas)	2 minggu (diangin-anginkan)
5	Jumlah produksi/hari	840 keping	2.000-2.800 keping
6	Lama pembakaran	24 jam	12-14 jam
7	Suhu pembakaran	$\pm 800^{\circ}\text{C}$	$\pm 700^{\circ}\text{C}$
8	Jenis kayu bakar	Kayu mahoni	Kayu sengon
9	Kapasitas pembakaran per	40.000-50.000 keping	9.000 keping
10	Ukuran batu bata	25×12×4 cm	23×5,5×2 cm; 23×8×2 cm
11	Tungku	Tidak permanen	Permanen

(Sumber: Hasil observasi dan wawancara, 2025)

Perbedaan utama terletak pada teknologi pencetakan dan efisiensi pembakaran. Penggunaan mesin press di Tempuran memungkinkan produksi yang lebih tinggi dengan waktu pembakaran yang lebih singkat, meskipun pada suhu yang lebih rendah.

1.2. Analisis Tahapan pada Pembuatan Batu Bata.

Penggalian dan Pengolahan Tanah

Pembuatan batu bata diawali dengan proses penggalian tanah liat. Tanah yang digunakan harus memiliki tekstur lempung dengan kandungan pasir yang sesuai untuk menghasilkan

batu bata berkualitas baik (Huda & Hastuti, 2020). Di Mertoyudan, pengolahan tanah dilakukan secara manual dengan cara mencangkul, mengaliri air, dan menginjak-injak tanah hingga lembut. Proses ini menghabiskan waktu yang cukup lama, dan juga membutuhkan tenaga kerja yang tidak sedikit.

Di Tempuran, proses pengolahan tanah telah menggunakan mesin penggiling modifikasi. Tanah yang telah digali dimasukkan ke dalam mesin penggiling yang menghasilkan lumpur bertekstur halus dan homogen. Lumpur tersebut kemudian didiamkan selama

satu malam untuk mengurangi kadar air dan memadatkan struktur tanah.



Gambar 1. Proses pengolahan tanah secara manual di Mertoyudan dengan cara menginjak-injak tanah
(Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Proses pengolahan tanah dengan mesin penggiling di Tempuran menghasilkan tanah yang lebih halus dan homogen.



Gambar 2. Proses penggilingan tanah menggunakan mesin modifikasi di Tempuran
(Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Proses ini sejalan dengan prinsip mekanika tanah di mana pengurangan kadar air meningkatkan kepadatan dan kohesi material (Das, 2016). Tanah yang sudah diproses hingga siap cetak dapat bertahan hingga 2 minggu jika ditutup rapat untuk mempertahankan kadar air yang optimal.

Pencetakan Batu Bata

Pada proses pencetakan batu bata di Mertoyudan menggunakan cetakan kayu dengan teknik manual. Tanah yang telah diproses dimasukkan ke

dalam cetakan dan ditekan dengan tangan. Teknik ini menghasilkan batu bata dengan kepadatan yang bervariasi tergantung pada tekanan yang diberikan pekerja.



Gambar 3. Pencetakan batu bata tradisional menggunakan cetakan kayu di Mertoyudan
(Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Sebaliknya, di Tempuran digunakan mesin press hidrolik yang memberikan tekanan konstan pada setiap cetakan. Tekanan yang konsisten ini akan memperoleh jenis abatau bata dengan kepadatan dan dimensi yang seragam. Proses mencetak bata diawali dengan memasukkan tanah ke dalam cetakan, memutar cetakan sehingga tanah tercetak, kemudian mengeluarkan batu bata yang sudah dicetak.



Gambar 4. Pencetakan batu bata menggunakan mesin press di Tempuran
(Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Dari perspektif fisika material, tekanan yang diberikan pada tanah liat menyebabkan partikel-partikel tanah saling mendekat dan mengurangi rongga udara (voids), sehingga meningkatkan densitas dan kekuatan produk akhir (Callister & Rethwisch, 2018). Proses ini dapat dianalisis menggunakan konsep mekanika kontinum di mana tegangan (σ) berbanding lurus dengan regangan (ϵ) yang terjadi pada material tanah liat (Hukum Hooke).

Pengeringan

Untuk mengurangi kadar air batu bata dilakukan proses pengeringan, sebelum batu bata di bakar. Di Mertoyudan, batu bata dikeringkan dengan bantuan sinar matahari namun ditutup dengan plastik untuk mencegah paparan langsung yang dapat menyebabkan retak. Batu bata dibalik setelah satu hari dan disusun dengan celah udara untuk sirkulasi. Proses ini memakan waktu 2-3 minggu tergantung cuaca.



Gambar 5. Proses pengeringan batu bata di Mertoyudan dengan penutupan plastik (Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Di Tempuran, pengeringan dilakukan dengan cara yang berbeda. Batu bata diletakkan di rak dengan jarak antar bata untuk memungkinkan sirkulasi udara alami. Pada saat setengah kering, bagian sisi batu bata dirapikan menggunakan pisau. Metode pengeringan ini bertujuan untuk menghindari paparan sinar matahari secara langsung, yang dapat menyebabkan pengeringan tidak merata dan retak.



Gambar 6. Pengeringan batu bata press di Tempuran dengan sistem rak dan angin-angin

(Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Proses pengeringan melibatkan perpindahan massa dan energi yang dapat dijelaskan dengan konsep termodinamika. Air dalam tanah liat menguap karena menyerap energi panas dari lingkungan. Laju penguapan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban relatif, dan kecepatan udara (Kaviany, 2012). Proses ini dapat dimodelkan menggunakan persamaan difusi Fick dan perpindahan panas konvektif.

Pembakaran

Pembakaran merupakan tahap paling kritis dalam pembuatan batu bata dan sangat terkait dengan konsep termodinamika. Proses ini bertujuan untuk mengubah tanah liat yang rapuh menjadi material yang keras dan tahan air melalui reaksi kimia dan fisika pada suhu tinggi (Sutton & Matson, 1956).



Gambar 7. Susunan batu bata dalam tungku pembakaran di Mertoyudan (Sumber: Dokumentasi peneliti, 2025)

Menurut Sutton dan Matson (1956), selama proses pembakaran akan terjadi perubahan yaitu:

1. **Suhu 500-700°C:** Air yang terikat secara kimia menguap, terjadi susut bakar, partikel tanah merapat, dan kekuatan meningkat.
2. **Suhu 700-900°C:** Setengah silika melebur, terjadi perenggangan butiran yang menyebabkan penurunan kekuatan sementara.
3. **Suhu >900°C:** Silika melebur sempurna membentuk fasa gelas yang mengikat butiran dengan sangat erat, menghasilkan kekuatan maksimal.

Di Mertoyudan, batu bata dibakar sampai mencapai suhu $\pm 800^\circ\text{C}$ dan dibakar selama 24 jam menggunakan kayu mahoni. Batu bata disusun dalam tungku yang terbuat dari susunan batu bata itu sendiri, dengan kapasitas 40.000-50.000 keping per pembakaran. Terdapat dua tungku yang disusun bertingkat, di mana api dari tungku bawah naik ke tungku atas (efek cerobong/chimney effect). Batu bata yang telah dibakar didinginkan selama 2-3 hari sebelum dibongkar untuk menghilangkan uap panas dan mencegah kejutan termal yang dapat menyebabkan retak.

Di Tempuran, pembakaran dilakukan pada suhu $\pm 700^\circ\text{C}$ selama 12-14 jam menggunakan kayu sengon dalam tungku permanen. Meskipun suhu lebih rendah dan waktu lebih singkat, kualitas batu bata hias yang dihasilkan tetap baik karena ukuran yang lebih kecil dan kebutuhan kekuatan yang berbeda.

1.3. Analisis Termodinamika Pembuatan Batu Bata Hukum dalam

Pembuatan batu bata melibatkan penerapan beberapa konsep termodinamika yang mendasar.

Hukum Termodinamika II.

Merujuk pada hukum termodinamika II, dalam proses alami, entropi total sistem dan lingkungannya selalu meningkat, dan kalor akan mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah secara spontan. (Cengel & Boles, 2015). Proses pembakaran batu bata tersebut merupakan aplikasi nyata dari hukum Termodinamika II tersebut.

1. **Perpindahan kalor konduksi.** Kalor berpindah dari kayu yang terbakar akan berpindah ke batu bata yang bersentuhan langsung. Proses ini mengikuti Hukum Fourier:

$$q = -k \nabla T$$

Ket: q = fluks kalor; k = konduktivitas termal; dan ∇T = gradien suhu (Incropera et al., 2007).

2. **Perpindahan kalor secara konveksi:** Udara panas hasil pembakaran naik ke atas karena perbedaan densitas (efek cerobong), membawa kalor ke batu bata di bagian atas tungku.
3. **Perpindahan kalor secara radiasi:** Energi panas dipancarkan dari api dan dinding tungku dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang diserap oleh batu bata. Radiasi ini mengikuti Hukum Stefan-Boltzmann:

$$Q = \epsilon \sigma A T^4$$

Ket: ϵ = emisivitas; σ = konstanta Stefan-Boltzmann; A = luas permukaan; dan T = suhu absolut (Modest, 2013).

Perubahan Fase dan Transformasi Material

Selama pembakaran, terjadi perubahan fase air (penguapan) dan transformasi mineral dalam tanah liat. Proses ini dapat dianalisis menggunakan konsep kalor laten dan kalor sensibel:

1. **Kalor sensibel:** Energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu batu bata hingga mencapai pada pembakaran.

2. **Kalor laten:** Kebutuhan energi untuk menguapkan air yang terkandung dalam suatu batu bata.

Untuk kebutuhan jumlah keseluruhan energi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{sensibel}} + Q_{\text{laten}} \\ = m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L$$

Ket: m = massa; c = J/kg jenis; ΔT = perubahan pada suhu; dan L = kalor laten penguapan.

Efisiensi Termal dan Optimasi Energi

Perbedaan waktu dan suhu pembakaran antara metode tradisional dan press menunjukkan adanya perbedaan efisiensi termal. Secara teoritis, efisiensi termal tungku dapat dihitung sebagai:

$$\eta = \frac{(\text{Energi yang diserap batu bata})}{(\text{Energi yang dilepaskan bahan bakar})}$$

Penggunaan tungku permanen di Tempuran dan metode susunan yang lebih efisien menghasilkan waktu pembakaran yang lebih singkat (12-14 jam vs 24 jam) meskipun dengan suhu yang lebih rendah, hal tersebut berarti menunjukkan efisiensi pemanfaatan energi yang lebih baik.

1.4. Analisis Unsur STEM dalam Pembuatan Batu Bata

Unsur Sains (Science)

Unsur sains dalam pembuatan batu bata tercermin dalam penerapan konsep termodinamika, terutama pada proses pembakaran (Mufidah et al., 2025; Trisnowati et al., 2025). Beberapa konsep sains yang terlibat meliputi:

1. **Perpindahan kalor:** Konduksi (antar batu bata yang bersentuhan), konveksi (aliran udara panas dalam tungku), dan radiasi (dari api dan dinding tungku).
2. **Perubahan wujud:** Penguapan air dalam tanah liat.

3. **Transformasi material:** Perubahan struktur kristal tanah liat menjadi keramik.

4. **Reaksi kimia:** Oksidasi bahan organik dalam tanah liat dan perubahan mineral.

Pemahaman tentang konsep-konsep ini memungkinkan pengrajin untuk mengoptimalkan proses pembakaran dengan mengatur suhu, waktu, dan sirkulasi udara.

Unsur Teknologi (Technology)

Unsur teknologi dalam pembuatan batu bata meliputi:

1. **Alat cetak:** Penggunaan cetakan kayu untuk metode tradisional dan mesin press hidrolik untuk metode modern. Mesin press memungkinkan produksi massal dengan dimensi yang presisi dan konsisten (Irianto, 2016).
2. **Mesin penggiling:** Modifikasi mesin penggiling untuk menghaluskan tanah, meningkatkan homogenitas dan efisiensi pengolahan.
3. **Tungku pembakaran:** Tungku permanen di Tempuran memiliki desain yang lebih efisien untuk sirkulasi panas dibandingkan tungku sementara di Mertoyudan.
4. **Kontrol suhu:** Penggunaan pengalaman empiris untuk mengontrol suhu pembakaran, meskipun belum menggunakan instrumentasi digital.

Unsur Teknik (Engineering)

Unsur teknik terlihat pada desain dan optimasi sistem produksi:

1. **Desain susunan batu bata:** Susunan batu bata dalam tungku berbentuk seperti candi dengan susunan yang rapat untuk mempertahankan suhu di dalam dan mencegah panas keluar. Desain ini memanfaatkan prinsip termodinamika tentang isolasi termal dan retensi panas (Alkindi, 2016).

2. **Optimasi sirkulasi udara:** Penempatan celah-celah udara pada susunan batu bata memungkinkan sirkulasi dan distribusi panas yang merata.

3. **Desain tungku:** Tungku permanen di Tempuran dirancang dengan bentuk dan material yang optimal untuk meminimalkan kehilangan panas dan memaksimalkan perpindahan kalor ke batu bata.

Prinsip-prinsip teknik yang diterapkan termasuk:

1. **Termodinamika teknik:** Analisis perpindahan kalor dan konversi energi.
2. **Mekanika material:** Analisis tegangan dan deformasi pada batu bata selama pengeringan dan pembakaran.
3. **Optimasi proses:** Penentuan parameter operasi optimal (suhu, waktu, aliran udara).

Unsur Matematika (*Mathematics*)

Unsur matematika dalam pembuatan batu bata meliputi:

1. **Perhitungan kalor yang dibutuhkan:** Berdasarkan rumus

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Untuk menghitung kebutuhan energi guna menaikkan suhu batu bata sampai pada suhu pembakaran.

2. **Perhitungan dimensi:** Pengukuran volume dan perhitungan perubahan dimensi akibat susut bakar.
3. **Perhitungan produksi:** Estimasi kapasitas produksi berdasarkan volume bahan baku dan waktu siklus.
4. **Analisis statistik:** Evaluasi kualitas produk berdasarkan variasi dimensi dan kekuatan.

Sebagai contoh perhitungan kalor untuk pembakaran batu bata dengan massa 1 kg, kalor jenis 0,85 kJ/kg°C, dan kenaikan suhu dari 30°C ke 800°C:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$= 1 \text{ kg} \times 0,85 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (800-30)^\circ\text{C} = 654,5 \text{ kJ}$$

Perhitungan ini menunjukkan bahwa dibutuhkan energi sebesar 654,5 kJ untuk menaikkan suhu 1 kg batu bata dari suhu ruang ke suhu pembakaran 800°C.

1.5. *Implikasi dan Rekomendasi*

Efisiensi Energi dan Kualitas Produk. Berdasarkan analisis, metode press di Tempuran menunjukkan efisiensi yang lebih baik dengan waktu pembakaran lebih singkat (14 jam vs 24 jam) dan suhu lebih rendah (700°C vs 800°C) namun tetap menghasilkan produk berkualitas. Hal ini menunjukkan bahwa optimalisasi desain tungku dan pengaturan aliran udara dapat meningkatkan efisiensi termal secara signifikan. Rekomendasi untuk peningkatan efisiensi:

1. **Isolasi termal:** Penggunaan material isolasi pada dinding tungku untuk mengurangi kehilangan panas.
2. **Recuperator:** Pemanfaatan panas gas buang untuk pre-heating udara pembakaran.
3. **Kontrol suhu otomatis:** Penggunaan termokopel dan kontroler untuk menjaga suhu optimal.
4. **Bahan bakar alternatif:** Eksplorasi penggunaan biomassa atau bahan bakar yang lebih efisien.

Kontribusi terhadap Pendidikan STEM

Analisis pembuatan batu bata ini dapat dijadikan sebagai bahan ajar interdisipliner STEM yang kontekstual. Integrasi konsep fisika (termodinamika), teknologi (mesin dan alat), teknik (desain dan optimasi), dan matematika (perhitungan) dalam satu kasus nyata dapat meningkatkan pemahaman siswa dan mahasiswa tentang aplikasi STEM dalam kehidupan sehari-hari (Kelley & Knowles, 2016; Bybee, 2013).

Keterbatasan Penelitian

Penulis mengakui akan keterbatasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengukuran suhu berdasarkan perkiraan pengrajin, bukan pengukuran instrumen.
2. Tidak dilakukan pengujian laboratorium untuk mengukur kualitas batu bata secara kuantitatif (kekuatan tekan, penyerapan air, dll).
3. Studi hanya pada dua lokasi, sehingga generalisasi terbatas.

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengukur secara kuantitatif parameter-parameter termodinamika dan kualitas produk menggunakan instrumen yang akurat.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat dipetik berdasarkan hasil observasi dan analisis di atas adalah:

1. Proses pembuatan batu bata, khususnya pada tahap pembakaran, bahwa kalor mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, melalui mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi. Proses ini mencakup transformasi energi termal menjadi perubahan struktur material tanah liat menjadi keramik yang keras dan tahan air. Hal tersebut tersebut terkait dan sesuai dengan Hukum Termodinamika II.
2. Pada proses pembuatan batu bata, terdapat unsur STEM, yaitu:
 - a. **Sains:** Penerapan konsep perpindahan kalor dan termodinamika.
 - b. **Teknologi:** Penggunaan mesin penggiling dan alat cetak press.
 - c. **Teknik:** Desain susunan batu bata dan optimasi tungku pembakaran.
 - d. **Matematika:** Perhitungan kalor yang dibutuhkan dan optimasi dimensi.

3. Metode press di Tempuran menunjukkan efisiensi termal yang lebih baik dibandingkan metode tradisional di Mertoyudan, ditandai dengan waktu pembakaran yang lebih singkat (12-14 jam vs 24 jam) dan suhu yang lebih rendah (700°C vs 800°C) namun tetap menghasilkan produk berkualitas.
4. Pemahaman tentang konsep termodinamika dan integrasi STEM dalam proses pembuatan batu bata dapat memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas produk, efisiensi energi, dan pengembangan industri batu bata yang lebih berkelanjutan.

Penelitian ini diharapkan menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam optimalisasi proses pembuatan batu bata melalui pendekatan ilmiah dan teknologi, serta memberikan kontribusi pada pengembangan kurikulum pendidikan STEM yang kontekstual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih Penulis berikan kepada Untidar Magelang, atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Ahmad (pemilik usaha batu bata di Mertoyudan) dan Bapak Farid (pemilik usaha batu bata di Tempuran) yang telah meluangkan waktu dan berbagi pengetahuan tentang proses pembuatan batu bata. Terima kasih juga kepada Akademi Militer atas kontribusinya dalam penyusunan artikel ini..

DAFTAR PUSTAKA

Alkindi, M. (2016) 'Analisis temperatur pembakaran Tungku Bata', Academia.edu. Tersedia di: https://www.academia.edu/20835746/analisis_temperatur_pembakaran_tungku_bata (Diakses: 16 Juni 2025).

Badan Standarisasi Nasional (2000). *SNI 15-2094-2000: Batu bata merah*

- untuk pasangan dinding, Jakarta. BSN.
- Braun, V and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology, *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), pp 77-101.
- Bybee, R.W., (2013), *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington: NSTA Press.
- Callister, W.D. And Rethwisch, D.G., (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction 10th edn*. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Cengel, Y.A. and Boles, M.A, (2015)., *Thermodynamics: An Engineering Approach*. 8th Edn. New York: McGraw-Hill Education.
- Cresswell, J.D. and Creswell, J.W. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 5th Edn. London: Sage Publications.
- Das, B.M. (2016). *Principles of Geotechnical Engineering*, 9th Edn. Boston: Cengage Learning.
- Flick, U, (2018), *An Introduction to Qualitative Research*, 6th Edn, London: Sage Publication.
- Groat, L, and Wang, D, (2002), *Architectural Research Methods*, New York: John Wiley & Sons.
- Groat, L. and Wang, D. (2002) *Architectural Research Methods*. New York: John Wiley & Sons.
- Huda, Muh, and Hastuti, S (2020), Pengaruh Temperatur Pembakaran dan penambahan Abu terhadap Kualutas Batu Bata, *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), pp.45-56.
- Incropera, FP, DeWitt, Dp, Bergman, TL. And Lavine, AS, (2007), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 6th Edn, Hoboken: John Wiley & Sons.
- Irianto, EB, (2016), Kualitas Batu Bata Merah dengan Penambah-an Serbuk Gergaji, *Jurnal Teknologi*, 8(2), pp. 112-120.
- Kaviany, M, (2012), *Principles of Heat Transfer in Porous Media*. 2nd Edn, New York: Springer.
- Kelley, TR, and Knowless, Jg, (2016), A Conceptual Framework for Integrated STEM Educations, *International Journal of STEM Education*, 3(1), pp. 1-11.
- Kvale, s, and Brinkman, S, (2009), Interviews: Learning The Craft of Qualitative Research Interviewing. 2nd Edn. London: Sage Publications.
- Lincoln, YS, and Guba, EG, (1985), *Naturalistic Inquiry*, Beverly Hills: Sage Publications.
- Modest, MF, (2013), *Radiative Heat Transfer*, 3rd Edn. New York: Academic Press.
- Novianti, S (2020), *Analisis Energi pada Berbagai Material Dinding (Bata, Batako, dan Bata Ringan)*, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/346022560> (Diakses: 15 Juni 2025).
- Snyder, H, (2019), Literature Review as a Research Metodology: An Overview and Guidelines, *Jurnal Of Bisnis Research*, 104, pp. 333-339.
- Sutton, J. and Matson, A. (1956) *The Science of Brickmaking*. London: British Ceramic Research Association.
- Trisnowati, E., Mahfirotun, E.C., Sari, P.I. and Akhlida, S.K. (2025). Analisis Konsep Termodinamika pada Produksi Kerupuk sebagai Bentuk Kearifan Lokal di Magenlang, Jawa Tengah. *Jurnal Penidikan Mipa*, 13(1), pp. 268-273.