

TUGAS AKHIR

**BATU BATA BERBAHAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA
SAWIT DAN DAUN TEH SEBAGAI PEREDAM SUHU PANAS
BANGUNAN**



CYNTIA LESTARI H

D121 15 015

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : **Batu Bata Berbahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Dan Daun Teh Sebagai Peredam Suhu Panas Bangunan.**

Disusun Oleh :

Nama : **Cyntia Lestari H**

D121 15 015

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 16 Januari 2020

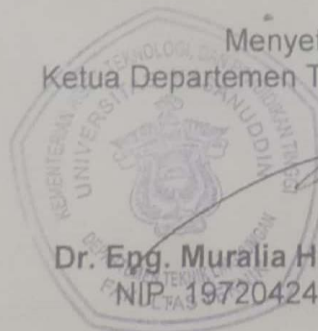
Pembimbing I

Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M. Eng
NIP. 197512142015041001

Pembimbing II

Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T.
NIK 198604092019043001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Egg. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas nikmat, berkah, dan karunia-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “***Batu Bata Berbahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Dan Daun Teh Sebagai Peredam Suhu Panas Bangunan.***”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan bukan tanpa hambatan. Ada banyak hambatan serta masalah yang dilalui oleh penulis dalam proses penyelesaiannya. Namun berkat bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Haeruddin dan Ibu Jusrah, selaku orang tua kandung yang tidak henti-hentinya memberikan doa dan dukungan dalam bentuk apapun. Semoga selalu bahagia dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T., selaku Kepala Lab Riset Sanitasi dan Persampahan yang terus memberikan dorongan selama penelitian.
4. Bapak Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu serta senantiasa memberikan pengarahan selama penelitian.
5. Bapak Dr. Eng. Muh. Akbar Caronge, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga serta memberikan pengarahan selama penelitian.

6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan serta Ibu Sumi dan Kak Oland selaku staff yang selalu siap sedia membantu mahasiswa dalam menyelesaikan berkas-berkas.
7. Kakak dewi, Okta, inna yang dari awal selalu mendukung dan membantu penulis selama menjalani masa studi serta keluarga besar yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan.
8. Nisa, Nurfa, S.T., Desiani, dan Ghina, selaku *partner* andalangkah yang selalu bersedia meluangkan waktu dan telinganya untuk mendengarkan curhatan penulis.
9. Nurfa S.T., selaku teman hidup selama 2 bulan diperantauan nan jauh disana yang selalu memberikan motivasi terhadap penulis.
10. Nisa dan Gina yang dari semester awal selalu menemani, berbagi cerita, yang selalu mau saya repotkan dan membantu
11. Fachmy musfirah selaku teman dan junior ketika dikampus yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
12. Dzikri dan irmayani sebagai teman rumah yang selalu melatih kesabaran penulis.
13. Teman-teman *shaun the sheep* selaku saudara yang tak sedarah yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam hal apapun.
14. Terima kasih kepada teman yang tidak dapat dituliskan namanya yang selalu menemani penulis dalam mengerjakan skripsi dan selalu mendoakan penulis.
15. Saudara-saudara se-PATRON 2016, yang telah banyak mengukir kenangan bersama dan mengajarkan banyak hal selama penulis menjalani masa perkuliahan.
16. Anak-anak Ugoreng yang memberikan banyak kenangan manis sejak awal hingga disaat-saat terakhir perkuliahan.
17. Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan, sebagai Organisasi yang memberikan banyak ilmu dan mengajarkan banyak hal. Semoga semakin berjaya.

18. Teman-teman KKN gel.99 Pulau Kodingareng yang selalu heboh dengan kealayannya.
19. Serta semua pihak yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.

Akhir kata, Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kedepannya.

Gowa, Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

CYNTIA LESTARI H. Batu Bata Berbahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Dan Daun Teh Sebagai Peredam Suhu Panas Bangunan. (dibimbing oleh Ibrahim Djamaluddin dan M. Akbar Caronge).

Pemanasan global merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca atau *greenhouse effect* yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitroksida (N_2O), dan CFC sehingga sinar matahari terperangkap dalam atmosfer bumi. Salah satu efek dari adanya pemanasan global yang dapat kita rasakan saat ini adalah tingginya temperatur yang terjadi pada ruang dalam bangunan sehingga diperlukan bahan alternative untuk mengurangi penggunaan AC dengan menggunakan batu bata yang dapat mereduksi panas matahari. Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah limbah abu yang digunakan berasal dari perusahaan pembuat teh yang berlokasi di Kabupaten Gowa dengan kombinasi abu cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh. Metodologi penelitian ini bersifat eksperimental dan dilakukan di laboratorium, dimana setiap benda uji memiliki variasi yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebagai substitusi tanah pada batu bata efektif meredam/mengurangi suhu panas karena memiliki pori-pori yang lebih banyak sehingga mampu meredam suhu panas dari luar. Penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh pada pembuatan batu bata tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga dapat mengurangi penggunaan pendingin ruangan (AC).

Kata Kunci : Batu Bata, Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit, Ampas Daun Teh, Peredam Suhu Panas Bangunan

ABSTRACT

CYNTIA LESTARI H. Brick Made From Palm Kernel Shell And Tea Leaves Ash As Heat Reducer Building Temperature(adviser by Ibrahim Djamaluddin and M.Akbar Caronge).

Global warming is a phenomenon of increasing global temperature from year to year due to the effect of greenhouse or greenhouse effect caused by increasing emissions of gases such as carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), Dinitroksida (N₂O), and CFC so that sunlight is trapped in Earth's atmosphere. One of the effects of global warming that we can feel today is the high temperature that occurs in the space in the building so that the alternative material is needed to reduce the use of air conditioning using bricks that can decrease the heat of the sun. In this research material used is waste ash used from tea making company located in Gowa Regency with a combination of palm kernel shells and tea leaf pulp. The research methodology is experimental and performed in laboratories, where each test item has different variation of 0%, 5%, 10%, 15% and 20%.

The results showed that the use of palm kernel shells and tea leaves (ACKTSP) as soil substitution on the bricks effectively dampen/reduce the heat temperature because it has more pores so as to dampen the heat temperature from the outside. The use of palm kernel shell and tea leaves in brick making not only reduce waste but also can reduce the use of air conditioner (AC).

Keywords: bricks, palm kernel shell ash waste, tea leaf pulp, heat damper temperature building.

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Batu Bata	5
B. Tanah	8
C. Abu Cangkang Kelapa sawit dan daun teh	15
D. Kuat Tekan Menggunakan ACKDST	19

E. Berat Batu Bata Menggunakan ACKDST	21
F. Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Bagan Alir Penelitian	27
B. Tempat dan Waktu Penelitian	28
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	29
D. Alat dan Bahan Penelitian	29
E. Rancang Campuran	32
F. Pembuatan Sampel Batu Bata dan Benda Uji	33
G. Pengujian <i>Thermal Performance</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. <i>Thermal Performance</i>	36
1. Variasi 1	36
2. Variasi 2	38
3. Variasi 3	39
4. Variasi 4	41
5. Variasi 5	43
B. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	47
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	49
B. Saran	49

DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Ukuran Batu Bata Berdasarkan SNI 15-2094-2000	6
2. Modul Standar Ukuran Batu Bata Merah Sesuai dengan SII-0021-78	7
3. Ukuran Maksimum Batu Bata Sesuai dengan SII-0021-78	7
4. Kelompok Tanah Berbutir kasar (<35% lolos saringan no.200)	14
5. Kelompok Tanah Berbutir kasar (<35% lolos saringan no.200)	14
6. Sistem Klasifikasi AASTHO untuk Tanah	15
7. Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit	15
8. Komposisi ACKS Hasil Pembakaran Serat dan Cangkang	17
9. Kandungan Unsur Kimia Abu Cangkang Sawit	17
10. Komposisi Abu Hasil Pembakaran Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit	18
11. Kuat Tekan Sampel Batu Bata	19
12. Berat Sampel Batu Bata	21
13. Rancangan Campuran Batu Bata	32
14. Nilai Temperatur Variasi 1	36
15. Nilai Temperatur Variasi 2	38
16. Nilai Temperatur Variasi 3	40
17. Nilai Temperatur Variasi 4	42
18. Nilai Temperatur Variasi 5	43
19. Selisih Temperatur Bagian Dalam dan Temperatur Permukaan Luar	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Bagan Alir Penelitian	27
2. Termometer Ruang	29
3. Termometer Laser	30
4. Plastisin	30
5. <i>Styrofoam</i>	31
6. Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit – Daun Teh	31
7. Tanah Lempung/Liat	32
8. Benda Uji Menggunakan Sampel Batu Bata	34
9. Cara Pengukuran <i>Thermal Performance</i>	35
10. Grafik Temperatur Variasi 1	37
11. Grafik Temperatur Variasi 2	39
12. Grafik Temperatur Variasi 3	41
13. Grafik Temperatur Variasi 4	43
14. Grafik Temperatur Variasi 5	45
15. Grafik Selisih Temperatur Bagian dalam dan Temperatur Permukaan Luar	46
16. SEM Batu Bata ACKSDT	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Alat yg Digunakan untuk Pengambilan Data	53
2. Proses Pembuatan Benda Uji	55
3. Pengujian <i>Thermal Karakteristik</i>	57
4. <i>Scanning Electron Microscope</i>	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanasan global atau *global warming* adalah suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi. Pemanasan global sendiri merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca atau *greenhouse effect* yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitroksida (N₂O), dan CFC sehingga sinar matahari terperangkap dalam atmosfer bumi.

Salah satu efek dari adanya pemanasan global yang dapat kita rasakan saat ini adalah tingginya temperatur yang terjadi pada ruang dalam bangunan. Tingginya temperatur pada siang hari, dan temperatur tersebut masih relatif tinggi pada malam hari, meskipun pada saat itu temperatur udara luar relatif rendah. Sehingga ruang menjadi tidak nyaman untuk digunakan. Dalam usaha memperoleh kenyamanan termal, banyak orang yang menggunakan *Air Conditioner* (AC) untuk mendinginkan udara suatu ruangan.

Penggunaan *Air Conditioner* (AC) perlu mendapat perhatian khusus, karena kebanyakan manusia lebih sering beraktivitas di dalam ruangan, sehingga mereka sangat membutuhkan kenyamanan di dalam ruangan guna melakukan aktivitas kegiatan dengan baik, tenang dan nyaman. Di jaman modern seperti saat ini, kemajuan teknologi sangat berdampak terhadap kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia, misalnya penggunaan *Air Conditioner* (AC).

Air Conditioner (AC) merupakan sebuah alat penyejuk ruangan yang mampu mengkondisikan udara dalam ruangan serta memberikan efek nyaman bagi tubuh. Penggunaan *Air Conditioner* (AC) yang berlebihan dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan selain dapat memberikan efek yang kurang bagus buat tubuh, juga sangat berpengaruh pada proses pemanasan global yang setiap tahunnya semakin mengkhawatirkan. Dimana salah satu

penyebabnya adalah penggunaan freon pada AC yang dapat merusak ozon. Oleh karena itu diperlukan bahan alternative untuk mengurangi penggunaan AC dengan menggunakan batu bata yang dapat mereduksi panas matahari.

Batu bata adalah salah satu material pembentuk bangunan, yaitu dinding pembatas, Menurut (Riaz dkk,2019) penggunaan tanah liat mencapai 340 milyar ton per tahun apabila tidak dibatasi penggunaannya maka dapat merusak lingkungan. Pada masa kini kebutuhan dinding bangunan dengan batu bata yang masih menjadi favorit menyebabkan perlu diusahakan bahan alternatif dalam campuran pembuatan material batu bata. Telah banyak penelitian yang dilakukan mengenai pemanfaatan beberapa limbah industri untuk penambahan dalam campuran berbagai keperluan bahan bangunan. Salah satunya dengan pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit dan daun teh. Selama ini, penggunaan ampas kelapa sawit dan daun teh yang telah di ekstraksi digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan listrik dengan proses pembakaran sehingga menyisakan produk sampingan berupa abu dalam skala yang sangat besar dan umumnya dibuang pada area terbuka yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Abu yang dihasilkan dari proses pembakaran dan tidak mengalami proses lanjutan dapat dikategorikan sebagai limbah. Salah satu perusahaan yang tidak melakukan proses lanjutan pada limbah yang telah terbentuk menjadi abu adalah PT. Tirta Fresindo Jaya (Mayora Group) di Kabupaten Gowa. Limbah abu yang dihasilkan dari perusahaan tersebut adalah limbah dari hasil pembakaran boiler menggunakan cangkang kelapa sawit yang dikombinasikan dengan ampas daun teh dengan perbandingan 70% : 30% (Rino Hidayat, 2018). Umumnya ACKSDT digunakan oleh warga setempat sebagai bahan *fertilizer* (pupuk).

Dilihat dari potensi limbah ACKSDT yang belum dimaksimalkan maka perlu diusahakan untuk memanfaatkan limbah tersebut, khususnya sebagai bahan dalam pembuatan batu bata.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis melakukan penelitian dengan judul:

“Batu Bata Berbahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh Sebagai Peredam Suhu Panas “

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas maka diambil rumusan masalah, Bagaimana pengaruh penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKDST) terhadap *thermal performance* kemampuan meredam panas batu bata.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKDST) terhadap *thermal performance* kemampuan meredam panas batu bata.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana, maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penambahan abu cangkang kelapa sawit - daun teh (AKSDT) sebagai bahan substitusi tanah liat dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat tanah liat.
2. Penelitian ini membuat benda uji batu bata peredam suhu panas berbentuk persegi dengan ukuran dimensi 25 cm x 25 cm.
3. Limbah abu yang digunakan berasal dari perusahaan pembuat teh yang berlokasi di Kabupaten Gowa dengan kombinasi abu cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh dengan perbandingan 70% : 30%.

E. Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Kesimpulan dan Saran. Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan hal - hal mengenai latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, rumusan masalah, ruang lingkup dan batasan masalah serta sistematika penulisan yang berisi tentang penggambaran secara garis besar mengenai hal - hal yang dibahas dalam bab - bab berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang kerangka konseptual yang memuat beberapa penulisan sebelumnya yang berkaitan dengan limbah buangan cangkang kelapa sawit, daun teh, dan suhu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahap - tahap yang dilakukan selama penelitian meliputi alat dan bahan yang digunakan, lokasi penelitian, pembuatan sampel dan benda uji.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang beberapa pengujian yang dilakukan untuk membandingkan tingkat efisiensi penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap kekuatan, berat batu-bata, analisa *thermal performance*, dan menjelaskan tentang hubungan kuat tekan dengan temperatur serta hubungan antara berat batu bata dengan temperatur.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran - saran yang diusulkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Batu-Bata

Batu bata merah adalah suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Batu bata merah adalah unsur bangunan yang digunakan untuk membuat suatu bangunan. Bahan bangunan untuk membuat batu bata merah berasal dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain yang kemudian dibakar pada suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi apabila direndam dalam air (SII-0021-78).

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-1991, batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang di peruntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.hal-hal yang harus di perhatikan pada pelaksanaan penelitian batu bata antara lain :

a. Pembuatan bata

Proses pembuatan, dari penggalian tanah nya, pencampuran nya dengan air dan bahan-bahan lain jika perlu, hingga pemberian bentuknya. dapat dilakukan seluruhnya dengan tangan dengan mempergunakan cetakan-cetakan kayu, atau pada prosesnya dipergunakan mesin-mesin (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, 1978).

b. Kualitas batu bata

Kualitas batu bata merah dapat dibagi atas tiga tingkatan dalam hal kuat tekan dan penyimpangan ukuran menurut SNI-10, 1978:6 yaitu;

- 1) Batu bata mutu tingkat I dengan kuat tekan rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm^2 dan ukurannya tidak ada yang menyimpang.

- 2) Batu bata mutu tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 80 kg/cm^2 sampai 100 kg/cm^2 dan ukurannya yang menyimpang satu buah dari sepuluh benda percobaan.
- 3) Batu bata merah mutu tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 60 kg/cm^2 sampai 80 kg/cm^2 dan ukurannya menyimpang dua buah dari sepuluh benda percobaan.

Adapun syarat-syarat batu bata dalam beberapa standar nasional meliputi beberapa aspek seperti :

a. Pandangan Luar

Batu bata merah harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul. Batu bata harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisanya harus datar.

b. Ukuran

Standar Bata Merah di Indonesia oleh Y.D.N.I (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia) nomor 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut :

- 1) Panjang 240 mm, lebar 115 mm dan tebal 52 mm
- 2) Panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm

Tabel 1 menunjukkan Standar batu bata merah di Indonesia oleh BSN (Badan Standar Nasional) nomor 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk batu bata merah.

Tabel 1.Ukuran Batu Bata Berdasarkan SNI 15-2094-2000

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

(Sumber: SNI 15-2094-2000)

Tabel 2 menunjukkan modul standar ukuran batu bata sesuai dengan SII-0021-78

Tabel 2. Modul standar ukuran batu bata merah sesuai dengan SII-0021-78

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65	90	190
M-5b	65	140	220
M-6	55	110	220

(Sumber : SII-0021-78)

Penyimpangan ukuran standar batu bata terbesar yang diperbolehkan dalam SII 0021-78, yaitu 3% untuk panjang maksimum, lebar maksimum 4%, dan tebal maksimum 5%. sedangkan selisih antara batu bata berukuran maksimum dengan batu bata berukuran minimum yang diperbolehkan, yaitu untuk panjang 10 mm, lebar 5 mm, dan tebal 4 mm, seperti yang terlihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Ukuran maksimum batu bata sesuai dengan SII-0021-78

Kelas	Penyimpangan Ukuran Maksimum (mm)		
	M-5a M-5b dan M-6		
	Tebal	Lebar	Panjang
25	2	3	5
50	2	3	5
100	2	3	4
150	2	2	4
200	2	2	4
250	2	2	4

(Sumber : SII-0021-78)

Dalam konstruksi bangunan Pemanfaatan batu bata perlu adanya peningkatan produk yang dihasilkan. Peningkatan yang dilakukan baik dari kualitas bahan material batu bata sendiri (material dasar tanah liat yang digunakan) maupun penambahan dengan bahan lain. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mencampur material dasar batu bata dengan menggunakan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh.

c. Penyerapan air

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%.

d. Garam yang membahayakan

Garam yang mudah larut dan membahayakan Magnesium Sulfat (MgSO_4), Natrium Sulfat (Na_2SO_4), Kalium Sulfat (K_2SO_4), dan kadar garam maksimum 1,0%, tidak boleh menyebabkan lebih dari 50% permukaan batu bata tertutup dengan tebal akibat pengkristalan garam.

e. Kerapatan semu

Kerapatan semu minimum bata merah pasangan dinding 1,2 gram/cm

B. Tanah

Istilah “tanah” dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung sampai kerakal. Tanah dibentuk oleh pelapukan fisika dan kimiawi pada batuan. Pelapukan fisika terdiri atas dua jenis. Jenis pertama adalah penghancuran disebabkan terutama oleh pembasahan dan pengeringan terus-menerus ataupun pengaruh salju dan es. Jenis kedua adalah pengikisan, akibat air, angin ataupun es (*glacier*). Proses ini menghasilkan butir yang kecil sampai yang besar. Namun komposisinya masih tetap sama dengan batuan asalnya. Butiran lanau dan pasir biasanya terdiri atas satu jenis mineral saja. Butir lebih kasar terdiri atas beberapa jenis mineral, seperti halnya pada batuan asalnya. (Wesley, 2010)

Tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batu yang besar, biasanya berukuran 250 mm-300 mm dan untuk ukuran 150 mm -250 mm.
- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm-150 mm.
- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm-5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm-5 mm sampai halus yang berukuran < 1 mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm - 0,0074 mm.

- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kosehi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm. (Bowles,1991)

Lempung adalah tanah hasil pelapukan batuan keras seperti : basalt(sebagai batuan dasar),andesit dan granit (batu besi). lempung sangat tergantung pada jenis batuan asalnya. umumnya batuan keras akan memberikan pengaruh warna pada lempung,seperti merah,sedangkan granit akan memberikan warna lempung menjadi putih. lempung disebut juga sebagai batuan sedimen (endapan),karena pada umumnya setelah terbentuk dari batuan keras,lempung akan diangkut oleh air dan angin,diendapkan dalam suatu tempat yang lebih rendah. lempung merupakan bahan alam yang sangat penting bagi manusia. bagian luar dari lempung disebut tubuh tanah.pada tubuh tanah ini terdapat sisa akar tumbuhan dan bahan organik lainnya yang membusuk,sehingga memberi warna abu-abu kehitaman pada lempung.ketebalan lempung ini mencapai 0,25 sampai 0,5 m.

Hardiyatmo (1999) dalam Hidayat (2018), sifat-sifat yang dimiliki tanah liat atau lempung adalah sebagai berikut :

- a. Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm
- b. Permeabilitas rendah
- c. Bersifat sangat kohesif
- d. Kadar kembang susut yang tinggi
- e. Proses konsolidasi lambat .

Aphin (2012) dalam Hidayat (2018), lempung atau tanah liat ialah kata umum untuk partikel mineral yang mengandung unsur silika yang memiliki diameter kurang dari 4 mikrometer.Lempung mengandung leburan silika dan aluminium dengan ukuran partikel yang halus. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket saat basah terkena air.Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang

mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya. Golongan 1:1 memiliki lapisan satu oksida silikon dan satu oksida aluminium, sementara golongan 2:1 memiliki dua lapis golongan oksida silikon dan satu lapis oksida aluminium. Mineral lempung golongan 2:1 memiliki sifat elastis yang kuat, menyusut saat kering dan membesar saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerut-kerutan atau “pecah-pecah” bila kering.

Perlu dimengerti bahwa pelapukan fisika tidak pernah menghasilkan tanah bersifat lempung sekaligus ukurannya sama kecilnya dengan butir lempung. Untuk menghasilkan lempung, harus ada juga pelapukan kimiawi. Pelapukan kimiawi adalah proses yang lebih rumit daripada pelapukan fisika. Pelapukan kimiawi memerlukan air serta oksigen dan karbon dioksida. Proses kimiawi ini mengubah mineral yang terkandung dalam batuan menjadi jenis mineral lain yang sangat berbeda sifatnya. Mineral baru ini disebut mineral lempung. Jenis mineral ini yang terkenal adalah kaolinit, illite dan montmorillonite. Mineral ini masih termasuk bahan yang disebut kristalin, dan besarnya umumnya lebih kecil dari 0,002 mm. Mineral lempung inilah yang menghasilkan sifat lempung yang khusus, yaitu kohesi serta plastisitas (Wasley, 2010).

Jenis mineral lempung yang dihasilkan pada suatu keadaan tertentu bergantung pada batuan asal dan lingkungan pelapukan. Faktor-faktor penting adalah iklim, topografi, dan nilai pH dari air yang merembes dalam tanah. Misalnya, kaolinit dibentuk dari mineral feldspar akibat air dan karbon dioksida. Kwarsa adalah mineral yang paling tahan terhadap pelapukan, sehinggalah tanah yang berasal dari granit biasanya mengandung banyak butir kasar yang terdiri atas kwarsa, (tercampur dengan butir lain yang lebih halus). Pelapukan kimiawi lebih keras pada iklim panas dan basah. Pada iklim semacam ini pelapukan dapat berlangsung sampai sangat dalam. Di Indonesia pelapukan masih berlangsung sampai sedalam puluhan meter. Cara pelapukan sebetulnya kurang penting diketahui dengan teliti yang penting adalah sifat tanah yang dihasilkan oleh proses pelapukan (Wasley, 2010).

Selain pelapukan fisika dan kimiawi, ada faktor lain yang terlibat dalam cara pembentukan tanah. Faktor terpenting adalah pengangkutan butir tanah dan kemudian pengendapannya di lain tempat seperti dilaut atau danau. (Wasley,2010)

Hardiatmo (1999) dalam Aulia(2008), berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya,lempung dibagi dalam beberapa jenis:

1. Lempung residual

Lempung residual adalah lempung yang terdapat pada tempat dimana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya.sifat lempung jenis ini adalah berbutir kasar dan masih bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan,tidak plastis,semakin digali semakin banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

2. Lempung illuvial

Lempung illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asalnya seperti di kaki bukit.lempung ini memiliki sifat yang mirip dengan lempung residual,hanya saja lempung illuvial tidak ditemukan lagi batuan dasarnya.

3. Lempung alluvial

Lempung alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai di sekitar atau disepanjang sungai.pasir akan mengendap di dekat sungai, sedangkan lempung akan mengendap jauh dari tempat asalnya.

4. Lempung rawa

Lempung rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa.jenis lempung ini dicirikan oleh warnanya yang hitam.apabila terdapat di dekat laut akan mengandung garam.di Indonesia pada pembuatan batu bata merah dan genteng pada umumnya menggunakan lempung alluvial,karena sawahsawahnya rata-rata mengandung lempung alluvial dan jarang sekali menggunakan lempung marin. tanah liat memiliki komposisi kimia sebagai berikut :

- a. Silika(SiO_2), silika dalam bentuk sebagai kuarsa jika memiliki kadar yang tinggi akan menyebabkan tanah liat menjadi pasir dan mudah

slaking, kurang plastis dan tidak begitu sensitif terhadap pengeringan dan pembasahan.

- b. Alumina (Al_2O_3), terdapat dalam mineral lempung, feldspar dan mika. Kadar alumina yang tinggi akan memperlebar jarak temperature sintering
- c. Komponen besi ini dapat menguntungkan atau merugikan, tergantung jumlahnya dan sebar butirannya. makin tinggi kadar besi tanah liat, makin rendah temperature peleburan tanah liat. mineral besi yang berbentuk kristal engan ukuran yang besar dapat menyebabkan cacat pada permukaan produknya seperti pada batu bata atau keramik.
- d. CaO (kapur). terdapat dalam tanah liat dalam bentuk batu kapur. bertindak sebagai pelebur bila temperature pembakarannya mencapai lebih dari 11000°C , 5. MgO, terdapat dalam bentuk dolomite, magnesit atau silikat. dapat meningkatkan kepadatan produk hasil pembakaran .
- e. Organik, bahan-bahan yang bertindak sebagai protektor koloid dan menaikkan keplastisan, misalnya : humus, bitumen dan karbon. bahan dasar pembuatan batu bata merah bersifat plastis, dimana tanah liat akan mengembang bila terkena air dan terjadi penyusutan bila dalam keadaan kering atau setelah proses pembakaran. tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur yang tinggi hingga mengeras seperti batu. proses perubahan yang terjadi pada pembakaran tanah liat dalam suhu tertentu, yaitu: pada temperatur $\pm 150^\circ\text{C}$, terjadi penguapan air pembentuk yang ditambahkan dalam tanah liat pada pembentukan setelah menjadi batu bata mentah. pada temperatur antara 300°C - 600°C , air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah liat akan menguap dan akan menjadi kuat dan keras seperti batu. pada temperatur diatas 800°C , terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah liat dan mulai terbentuk bahan gelas yang akan mengisi pori-pori sehingga batu bata merah menjadi padat dan keras. senyawa-senyawa besi akan berubah menjadi senyawa yang

lebih stabil dan umumnya mempengaruhi warna batu bata merah. tanah liat yang mengalami susut kembali disebut susut bakar. susut bakar diharapkan tidak menimbulkan cacat seperti perubahan bentuk (melengkung), pecah-pecah dan retak. tanah liat yang sudah dibakar tidak dapat kembali lagi menjadi tanah liat ataulempung oleh pengaruh udara maupun air.

Adapun sistem klasifikasi tanah tersebut sebagai berikut :

a. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified System*

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. sistem ini biasa digunakan untuk desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. klasifikasi berdasarkan *Unified system* (Das, 1988), tanah dikelompokkan menjadi :

- 1) Tanah butir kasar (*Coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (gravel) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.
- 3) Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau, dan sisa tumbuh tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

b. Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem klasifikasi AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public*

Road Administration Classification System. Berdasarkan sifat tanahnya dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

- 1) Kelompok tanah berbutir kasar (<35% lolos saringan no.200) diperlihatkan pada **Tabel 4**

Tabel 4. Kelompok Tanah Kelompok tanah berbutir kasar (<35% lolos saringan no.200)

Kode	Karakteristik Tanah
A-1	Tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat plastis.
A-2	Terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir halus lolos saringan no.200 dan tidak plastis.
A-3	Kelompok batas tanah berbutir kasar dan halus dan merupakan campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%),

(Sumber: AASHTO,1929)

- 2) Kelompok tanah berbutir halus (>35% lolos saringan no.200) dapat dilihat pada **Tabel 5**

Tabel 5. Kelompok Tanah Kelompok tanah berbutir Halus (>35% lolos saringan no.200)

Kode	Karakteristik Tanah
A-4	Tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah
A-5	Tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir – butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari A – 4.
A-6	Tanah lempung yang masih mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.
A-7	Tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

(Sumber: AASHTO,1929)

Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai ukuran butir.dan plastis. ukuran butir. sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada **Tabel 6**

Tabel 6. Sistem Klasifikasi AASHTO untuk Tanah

Krikil	Tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
Pasir	Tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).
Lanau dan Lempung	Tanah yang lolos ayakan No. 200.

(Sumber: AASHTO, 1929)

Plastisitas merupakan kemampuan tanah yang dapat menyesuaikan bentuk pada volume konstan tanpa retak-retak atau pun remuk. hal itu bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. lanau dipakai apabila bagian – bagian halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang, sedangkan lempung dipakai jika bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisnya sebesar 11 atau lebih.

C. Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Produk samping dari pengolahan kelapa sawit adalah cangkang sawit yang asalnya dari tempurung kelapa sawit.

Tabel 7 Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit

Parameter	Hasil (%)
Kadar Air (moisture in analysis)	7,8
Kadar Abu (ash content)	
Kadar yang menguap (volatile matter)	2,2
Karbon aktif murni (fixed carbon)	69,5

(Sumber : Susanto, 2013 dalam Aulia, 2018)

Menurut Sustanto (2013) dalam Aulia (2018) Cangkang adalah sejenis bahan bakar padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut. Pada bahan bakar cangkang ini terdapat berbagai kandungan antara lain : Dimana kandungan yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya. Antara lain : kalium (K) sebesar 7,5 %, natrium (Na) sebesar 1,1, kalsium (Ca) 1,5 %, klor (Cl) sebesar 2,8 %, karbonat (CO_3) sebesar 1,9 %, nitrogen (N) sebesar 0,05 % posfat (P) sebesar 0,9 % dan silika (SiO_2) sebesar 61 %. Bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar. Sustanto, 2013 dalam Aulia ,2018).

Abu boiler kelapa sawit yang merupakan limbah dari sisa pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit di dalam dapur atau tungku pembakaran (*boiler*) dengan suhu 7000°C sampai dengan 8000°C (Elhusna. dkk, 2013 dalam Ecohadi, 2016)). Abu cangkang sawit tersebut merupakan salah satu material sisa dari proses pengolahan yang selama ini dianggap sebagai limbah. Limbah tersebut masih belum dimanfaatkan secara maksimal penggunaannya (Rosalia dkk ,2013 dalam Ecohadi 2016). Cangkang sawit merupakan salah satu limbah pengolahan dari minyak kelapa sawit yang cukup besar yaitu mencapai 60% dari produksi minyak (Elly, 2013 dalam Ecohadi, 2016).Cangkang sawit merupakan bagian paling keras yang terdapat pada kelapa sawit yang menghasilkan kalori mencapai 20000 KJ/kg. Pada industri pengolahan minyak *Crude Palm Oil* (CPO) salah satu kegunaan utama cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar untuk ketel uap (*boiler*). Dimana, ketel uap ini yang menjadi tenaga sumber uap yang akan dipakai mengolah kelapa sawit. Adapun alasan digunakannya serabut dan cangkang sebagai bahan bakar adalah : 1. Bahan bakar cangkang cukup tersedia dan mudah diperoleh di pabrik 2. Cangkang dan serabut merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit apabila tidak digunakan 3.Nilai kalor bahan bakar cangkang dan serabut memenuhi persyaratan untuk menghasilkan panas yang diperlukan 4.Harga lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar

batubara Menurut Graille (1985) dalam Ecohadi (2016) abu cangkang sawit hasil pembakaran banyak mengandung silika. Abu sawit juga mengandung kation anorganik seperti kalium dan natrium. Adapun komposisi abu hasil pembakaran serat dan cangkang dapat dilihat pada **Tabel 8**

Tabel 8. Komposisi Abu Cangkang Sawit Hasil Pembakaran Serat Dan Cangkang

Unsur/Senyawa	Serat (%)	Cangkang (%)
Kalium (K)	9.2	7.5
Natrium (Na)	0.5	1.1
Kalsium (Ca)	4.9	1.5
Magnesium (Mg)	2.3	2.8
Klor (Cl)	2.5	1.3
Karbonat (CaCO₃)	2.6	1.9
Nitrogen (N)	0.04	0.05
Pospat (P)	1.4	0.9
Silika (SiO₂)	59.1	61

(Sumber: Graille dkk, 1985 dalam Ecohadi, 2016)

Menurut Hutahean (2007) dalam Ecohadi (2016) kandungan unsur kimia abu cangkang sawit dapat dilihat pada **Tabel 9**

Tabel 9. Kandungan Unsur Kimia Abu Cangkang Sawit

Senyawa	Persentase (0%)
SiO₂	58.02
Al₂O₃	8.7
Fe₂O₃	2.6
CaO	12.65
MgO	4.23
Na₂O	0.41
K₂O	0.72
H₂O	1.97
Hilang Pijar	8.59

(Sumber: Hutahean, 2007 dalam Ecohadi, 2016)

Menurut Nugroho (2013) dalam Ecohadi (2016) komposisi abu hasil pembakaran cangkang dan serabut kelapa sawit dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Komposisi Abu Hasil Pembakaran Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit

Senyawa	%Berat
SiO₂	45.2
Al₂O₃	1.83
Fe₂O₃	1.91
CaO	11.16
Na₂O	0.09
K₂O	4.91

(Sumber: Nugroho 2013 dalam Ecohadi 2016)

Teh merupakan salah satu minuman seduh yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia selain kopi. Di Indonesia sendiri tingkat produksi teh berdasarkan data statistik perkebunan Indonesia menurut status perusahaan dari tiga tahun terakhir meningkat yakni 146,168 ton produksi teh per tahun pada tahun 2017. Akan tetapi Indonesia pernah mencapai angka tertinggi dalam memproduksi teh sebesar 169,821 ton pada tahun 2003. (Rino, 2018)

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Zoller dalam Rino (2018), Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan teh berupa ampas daun biasanya dimanfaatkan sebagai media tanam terhadap berbagai pertumbuhan tanaman. Selain itu ampas daun teh juga dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif apabila dikelola dengan baik. Abu yang dihasilkan dari proses pembakaran daun teh memiliki kandungan Silika (SiO₂) yang cukup tinggi. Analisis yang dilakukan Zoller menunjukkan bahwa kandungan silika pada abu yang diperoleh dari hasil pembakaran ampas daun teh lebih tinggi daripada silika yang terkandung pada abu dari hasil pembakaran daun teh yang masih segar.

Dibeberapa negara eropa telah lama menggunakan biomassa untuk energi produksi, dengan membentuk regulasi yang memungkinkan pengendalian dan penggunaan kembali abu dari pembangkit listrik tenaga biomassa, seperti di Jerman, penggunaan abu biomassa sebagai pupuk telah diterapkan tetapi dalam kondisi yang berbeda dengan berbagai jenis pupuk, sedangkan di Belanda tidak ada aturan khusus dalam penggunaan abu biomassa dalam aplikasi kehutanan, yang artinya penyebaran limbah dalam kehutanan harus memenuhi syarat.

Meskipun gagasan utama dalam mengembalikan mineral abu ke tanah yang berasal dari produksi biomassa relatif sulit untuk diaplikasikan karena kandungan logam berat yang terkandung dalam abu, selain itu lahan untuk landfill semakin terbatas dan volume abu yang terus meningkat. Salah satu masalah lingkungan akibat abu yang dikembalikan ke tanah atau landfill mengakibatkan kontaminasi sumber daya air tanah, yang dimana rembesan air hujan akan mengikut sertakan logam berat pada abu yang ikut masuk kedalam tanah, serta kemungkinan ketikasuburan lahan pertanian. (Aulia, 2018)

D. Kuat Tekan Menggunakan ACKDST

Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk menegetahui kekuatan batu bata. Nilai kuat tekan batu bata yang didapatkan dari beberapa variasi substitusi abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKDST) dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Kuat Tekan Sampel Batu Bata

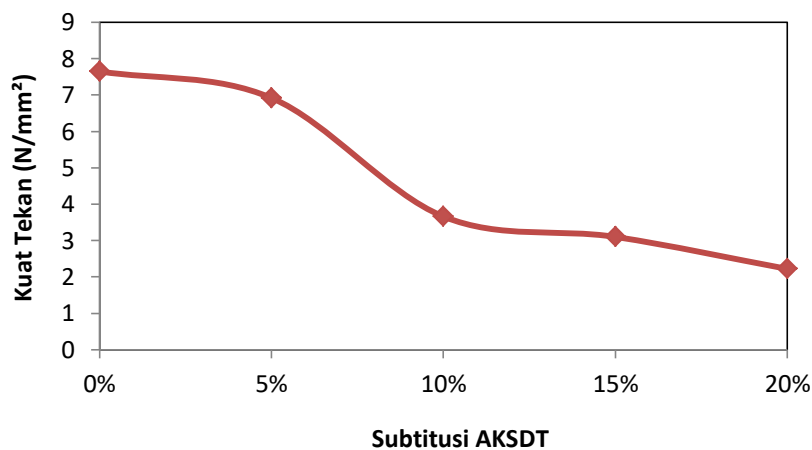
No	Variasi	Kuat Tekan (N/mm ²)
1	0%	7,65
2	5%	6,92
3	10%	3,66
4	15%	3,10
5	20%	2,22

Pada **Gambar 14** dapat dilihat untuk batu bata normal tanpa adanya penambahan ACKSDT (0%) sebagai bahan substitusi didapatkan kuat tekan sebesar 7,65 N/mm². Sesuai standar SNI 15-2094-2000 untuk kuat tekan batu bata memenuhi standar dan masuk dalam kategori kelas III. Pada **Tabel 12** menunjukkan substitusi abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% didapatkan hasil uji kuat tekan masing-masing

sebesar 6,92 N/mm², 3,66 N/mm², 3,10 N/mm², dan 2,22 N/mm². Dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan batu bata dengan ACKSDT sebesar 5% mengalami penurunan sebesar 13% dibandingkan dengan batu bata normal (0% ACKSDT), substitusi dengan 5% ACKSDT didapatkan nilai sebesar 6,92 N/mm², berdasarkan SNI 15-2094-2000 batu bata dengan substitusi 5% ACKSDT merupakan standar substitusi maksimum yang disarankan, untuk digolongkan kedalam kelas III.

Untuk substitusi 10%, dan 15%, dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 3,66 N/mm², dan 3,10 N/mm² mengalami persentasi penurunan kuat tekan terhadap batu bata tanpa adanya abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT 0%) masing-masing sebesar 199%, dan 175% .

Sedangkan untuk substitusi sebesar 20% abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) terhadap tanah tidak disarankan untuk digunakan karena memiliki nilai kuat tekan sebesar 2,22 N/mm² dan penurunan kuat tekan sebesar 248% terhadap batu bata normal (0% ACKSDT), yang mana tidak memenuhi kualifikasi batu bata sesuai dengan SII-0021,1978 maupun SNI 15-2094-2000.



Gambar 14. Grafik Kuat Tekan Batu Bata

Penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) dapat menyebabkan penurunan nilai kuat tekan pada batu bata, hal ini disebabkan oleh alumina (Al₂O₃) yang terkandung dalam tanah sebagai perekat batu bata

berkurang, semakin banyak tanah yang digantikan oleh abu cangkang kelapa sawit (ACKSDT) maka semakin banyak pula alumina (Al_2O_3) yang hilang.

E. Berat Batu Bata Menggunakan ACKDST

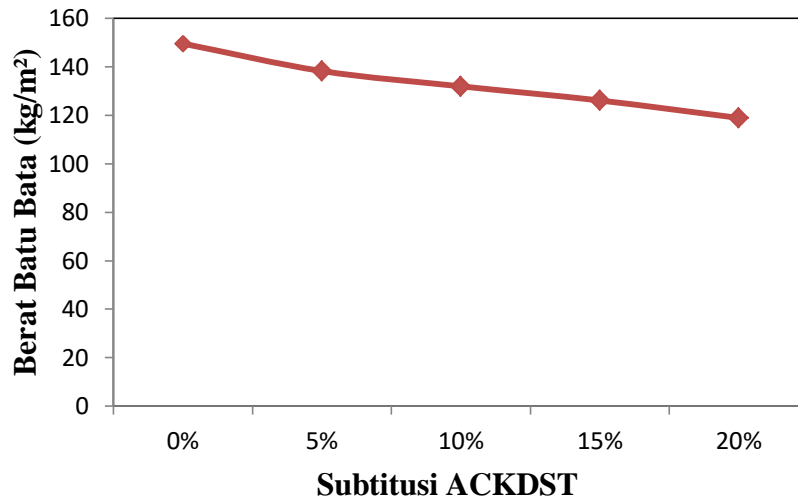
Hasil pengujian berat pada batu bata dengan substitusi tanah dengan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) dapat dilihat pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Berat Batu Bata

No	Substitusi	Berat (kg/m^2)
1	0%	149,5
2	5%	138,2
3	10%	131,9
4	15%	126,06
5	20%	118,87

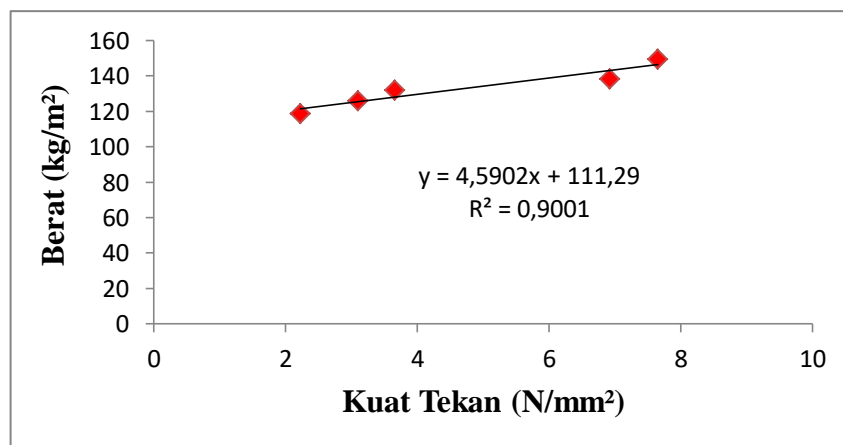
Dapat dilihat pada **Tabel 12** untuk berat material tanah dan abu memiliki perbedaan yang cukup signifikan, hal tersebut bisa menjelaskan penurunan berat jenis batu bata yang ada, semakin banyak tanah yang disubstitusi maka berat batu bata pada sampel batu bata juga ikut berkurang.

Dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan ACKSDT untuk menggantikan tanah dapat mengurangi berat batu bata hingga 25,88%. Hal ini sangat berguna jika digunakan pada bangunan karena mampu meminimalisir beban pada struktur bangunan.



Gambar 15. Grafik Berat Batu Bata

Pada **Gambar 15** menunjukkan nilai berat setiap batu bata yang digunakan dengan substitusi ACKSDT sebesar 5%,10%,15%, dan 20%, dapat dilihat bahwa substitusi ACKSDT dapat mengurangi berat batu bata dari batu bata normal yang mempunyai berat sebesar 149,5 kg/m² setelah diberikan substitusi ACKSDT sebesar 5%,10%,15% dan 20% dapat mengurangi berat batu bata masing-masing sebesar 138,2 kg/m², 131,9 kg/m², 126,06 kg/m² dan 118,87 kg/m² atau penurunan beratnya masing-masing sebesar 8,16%, 13,3%, 18,61% dan 25,88% terhadap batu bata normal (0% ACKSDT).



Gambar 16 Grafik Hubungan Berat Batu Bata Terhadap Kuat Tekan

Gambar 16 Menjelaskan hubungan berat yang dimiliki batu bata terhadap nilai kuat tekan. Dapat dilihat bahwa hubungan yang terjadi pada berat batu bata terhadap kuat tekan batu bata, semakin besar berat yang dimiliki batu bata maka semakin besar pula kuat tekan yang dihasilkan.

F. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian oleh Rino Hidayat (2018) dengan judul Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit – Daun Teh Sebagai Material *Paving Block*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam membuat *paving block* dengan harapan dapat mereduksi tingkat penggunaan semen dengan tidak mengurangi mutu pada *paving block*. Dari hasil penelitian diperoleh pengaruh substitusi limbah abu cangkang kelapa sawit sebanyak 10% dapat menaikkan nilai kuat tekan dibandingkan dengan *paving block* normal. Selain mempengaruhi kuat tekan, penambahan limbah juga dapat mengurangi emisi gas CO₂ sebesar 0,003 ton – 0,010 ton dalam produksi 1m²*paving block*.
2. Penelitian oleh Asri Djuriawan (2018) dengan judul Beton Ramah Lingkungan Dari Abu Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Dan Daun Teh. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efek penambahan abu kelapa sawit dan daun teh sebagai material terhadap kekuatan tekan beton dan berat jenis, pengaruh terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan melalui proses kalsinasi, dan pengaruh terhadap penyerapan air beton. Benda uji yang digunakan yaitu beton dalam bentuk kubus dengan ukuran 15 cm untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari, serta beton bentuk kubus ukuran 10 cm untuk pengujian porositas dan penyerapan air pada umur 28 hari. Pada hasil pengujian berat jenis benda uji, terjadi penurunan dari beton normal

hingga beton dengan penambahan abu kelapa sawit dan daun teh sebesar 30%, namun tetap memenuhi syarat beton normal yaitu 2.200 kg/m³ – 2.500 kg/m³ berdasarkan SNI 03-2847-2012. Pada hasil pengujian kuat tekan beton, nilai kuat tekan maksimal diperoleh pada benda uji dengan penambahan abu kelapa sawit dan daun teh sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 32,96 Mpa dan penyerapan air minimum sebesar 3,6%. Dari segi lingkungan, diperoleh analisa emisi CO₂ yang dihasilkan melalui proses kalsinasi diperoleh nilai minimum sebesar 0,0112 sebanyak 30% pada penambahan abu kelapa sawit dan daun teh 30%.

3. Penelitian oleh Haspiadi, Kurniawaty (2015) dengan judul Pemanfaatan Limbah Padat Abu Cangkang Dan Serat Kelapa Sawit Dari Boiler Untuk Pembuatan Bata Beton Ringan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah padat abu boiler berbahan bakar cangkang dan serat sebagai bahan pembuatan bata beton ringan sebagai salah satu alternatif pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Dalam penelitian ini, bata beton ringan dibuat dengan berbagai komposisi abu boiler dan pasir yang diproduksi dalam skala laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan untuk semua komposisi memenuhi batas minimum yang dipersyaratkan untuk struktural ringan yaitu 6,89 MPa sesuai SNI 03-3449-2002. Demikian pula bobot jenis dari bata ringan yang dihasilkan masih dibawah dari batas maksimum yang direkomendasikan SNI 03-3449-2002 yaitu maksimal 1400 Kg/m³. Sedangkan daya serap air mengalami kenaikan dengan naiknya jumlah abu yang digunakan .
4. Penelitian oleh Fauzi Rahman (2017) dengan judul Pemanfaatan Hasil Pembakaran Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Pembuatan Beton Normal. Penelitian ini dilakukan karena melihat dari hasil pembakaran limbah cangkang kelapa sawit yang berupa abu kerak boiler, merupakan limbah yang memiliki unsur kimia SiO₂, Al₂O₃, dan CaO, dengan kandungan senyawa tersebut dapat

berpengaruh dalam kekuatan beton dan mampu meningkatkan kekuatannya. Pengujian beton meliputi uji kuat tekan yang dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari, 42 hari, dan 56 hari. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh analisa kuat tekan beton dengan campuran optimum pada umur 28 hari adalah sebesar 24,44 Mpa melebihi dari kuat tekan rencana 23 Mpa. Beton yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi terjadi pada umur 56 hari adalah beton dengan campuran normal yang kuat tekannya sebesar 34,44 MPa lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton dengan campuran optimum 15% abu kerak boiler yaitu sebesar 28,51 MPa.

5. Penelitian oleh Jamizar (2013) dengan judul Pengaruh Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambahan (*Admixture*) Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh terhadap penambahan abu kerak boiler cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan mortar dan serapan air dengan bahan ikat semen portland pada campuran dengan komposisi tertentu. Dari hasil penelitian dapat dilihat pengaruh dari penambahan abu kerak boiler cangkang kelapa sawit terhadap mortar berpengaruh terhadap kuat tekan mortar karena abu kerak boiler menyebabkan porositas dan permeabilitas bertambah sehingga membuat nilai kuat tekan mortar turun dari mortar kontrol karena butiran abu kerak boiler lebih besar dari butiran semen akan menghasikan serapan air semakin tinggi.
6. Penelitian oleh Martin Larry, Elhusna, Yuzuar Afrizal (2012) dengan judul Perilaku Kuat Tekan Beton dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk memanfaatkan kandungan Silika Oksida (SiO_2) dan bahan lainnya yang terdapat dalam abu cangkang sawit dan abu tersebut digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton. Dari hasil penelitian diperoleh Kuat tekan beton menurun seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan.

7. Penelitian Oleh Epi Prianti, Mariana Bara'allo Malino, dan Boni Pahlanop Lapanporo (2015) dengan judul Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir pada Pembuatan Beton. Pembuatan beton dilakukan dengan memvariasikan kandungan kerak boiler pada komposisi campuran beton 0%, 5%, 10%, 15%, 25%, 50% dan 100%. Dari hasil penelitian diperoleh hasil analisis yang menunjukkan kuat tekan optimum beton dengan komposisi yang mengandung abu kerak boiler 25% yakni 17,83 MPa.
8. Penelitian Oleh Aulia Mashyta Arifin (2019) dengan judul Kuat Tekan dan Karakteristik Leachate Mortar Berbahan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil dan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan karakteristik lindi yang ada pada mortar yang dibuat. Berdasarkan penelitian ini, diperoleh hasil bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit-daun teh mengakibatkan penurunan kuat tekan. Dapat dilihat pada mortar yang menggunakan air limbah mempunyai kuat tekan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal. Sedangkan mortar yang direndam air limbah tempat pencucian mobil mempunyai kuat tekan lebih kecil dibandingkan dengan mortar yang direndam dengan aquades.

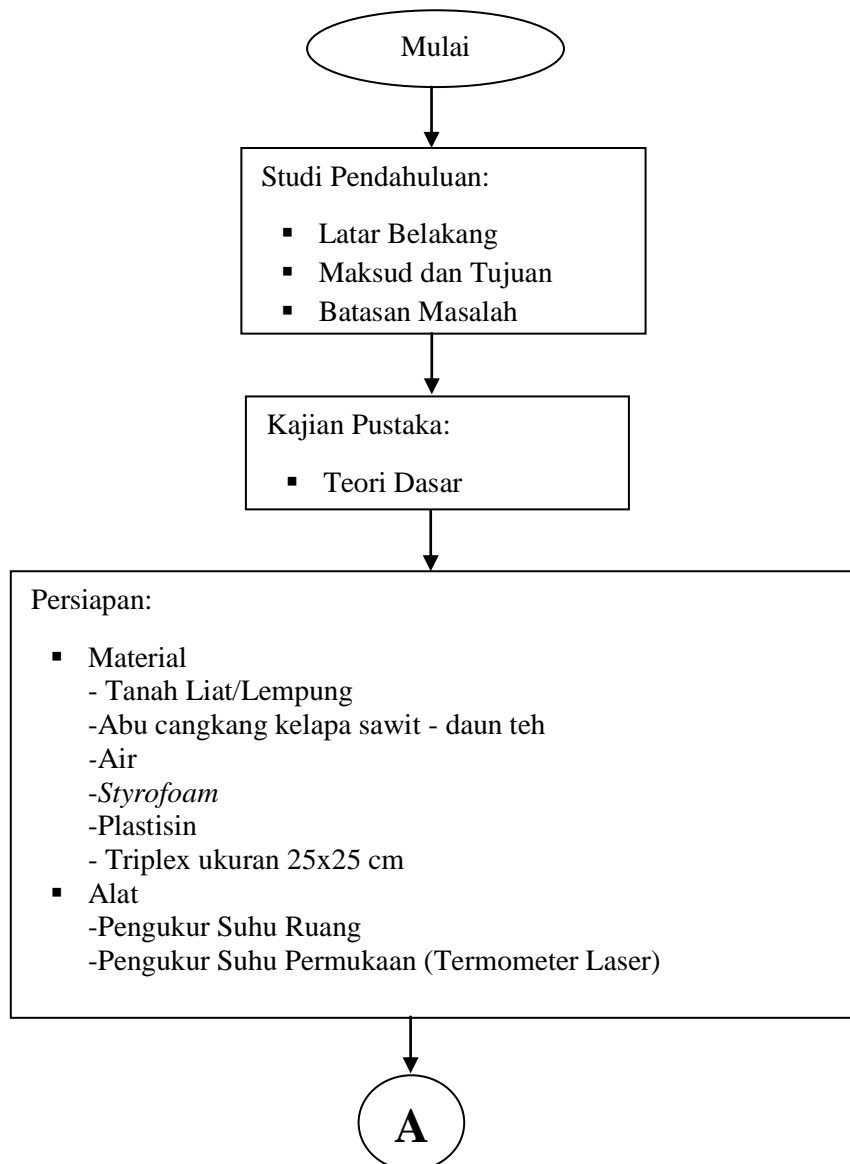
Berdasarkan penelitian terdahulu diatas dapat dilihat bahwa belum pernah dilakukan penelitian mengenai **Batu Bata Berbahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh Sebagai Peredam Suhu Panas Bangunan**, sehingga penelitian ini bersifat baru.

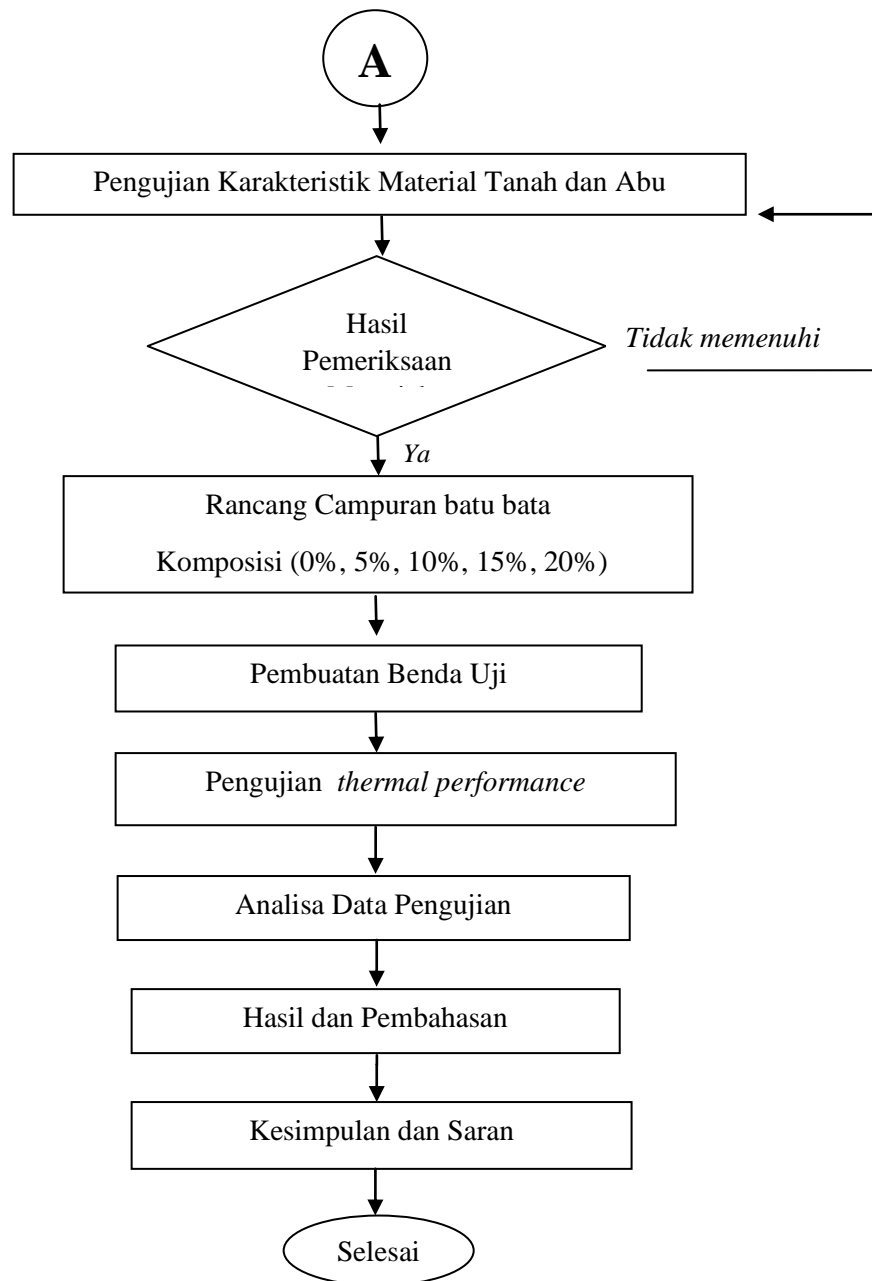
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bagan Alir Penelitian

Secara garis besar, prosedur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4** dibawah ini.





Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Eco Material Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa . Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium berupa Pengukuran Suhu pada

batu bata berbahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 Agustus 2019.

C. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Pada penelitian ini digunakan dua metode pengumpulan data yaitu :

- 1) Studi Pustaka, bertujuan memperoleh data sekunder melalui berbagai literatur seperti buku, jurnal penelitian, artikel penelitian, artikel ilmiah serta standar pengujian.
- 2) Pemeriksaan dan pengujian sampel di laboratorium, bertujuan untuk mendapatkan data primer yang digunakan dalam menganalisa hasil dari penelitian yang akan digunakan dalam menganalisa hasil dari penelitian yang dilaksanakan'

D. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1 Termometer Ruang

Termometer Ruang seperti pada **Gambar 2** berfungsi untuk mengukur temperatur di dalam ruang.



Gambar 2. Termometer Ruang

2 Termometer Laser

Termometer Laser seperti pada **Gambar 3** berfungsi untuk mengukur temperatur pada batu bata di luar ruang.



Gambar 3. Termometer Laser

3 Plastisin

Plastisin seperti pada **Gambar 4** digunakan untuk menutupi celah-celah agar udara tidak masuk ke dalam benda uji.



Gambar 4.Plastisin

4 Styrofoam

Styrofoam seperti pada **Gambar 5** digunakan sebagai penutup benda uji.



Gambar 5. Styrofoam

5 Limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh

Limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh (AKSDT) pada **Gambar 6** diperoleh dari salah satu industri pembuatan teh di kab.Gowa, selanjutnya digunakan sebagai material substitusi tanah pada pembuatan batu bata.



Gambar 6.Limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh
(ACKSDT)

6 . Tanah Lempung/Liat

Tanah yang digunakan pada penelitian ini seperti pada **Gambar 7** adalah tanah jenis lempung yang digunakan oleh industri batu bata yang di dapatkan dari Kab.Gowa, Sulawesi-Selatan.



Gambar 7. Tanah Lempung (Hidayat, 2018)

E. Rancang Campuran

Penentuan komposisi batu bata mengikuti komposisi yang digunakan pada industri batu bata di Kabupaten Gowa. Rancangan campuran batu bata dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Rancangan campuran batu bata

No	Variasi	Tanah Lempung (kg)	Abu (kg)
1	0% AKSDT 100% Tanah	33,5	0
2	5% AKSDT 95% Tanah	31,8	1,8
3	10% AKSDT 90% Tanah	30,1	3,4
4	15% AKSDT 85% Tanah	28,5	5,1
5	20% AKSDT 80% Tanah	26,8	6,7

F. Pembuatan Benda Uji

Adapun langkah langkah dalam pembuatan benda uji sebagai berikut:

a. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini dirancang untuk pembuatan benda uji menggunakan sampel batu bata dengan campuran AKSDT. Adapun langkah langkah – langkah dalam pembuatan benda uji sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan sampel batu bata, plastisin, *styrofoam*, tripleks ukuran 25x25 cm, termometer dan alat laser pengukur termometer.
- 2) Meletakkan *styrofoam* diatas tripleks ukuran 25x25 cm.
- 3) Meletakkan sampel batu bata di atas *styrofoam* yang telah diletakkan diatas tripleks ukuran 25x25 cm.
- 4) Merekatkan sampel batu bata pada *styrofoam*.
- 5) Menutup bagian atas sampel batu bata menggunakan *styrofoam*.
- 6) Menutupi semua celah pada benda uji menggunakan plastisin.
- 7) Memasang alat pengukur suhu dalam ruang (termometer) pada benda uji.

Untuk visualisasi benda uji menggunakan sampel batu bata abu cangkang kelapa sawit dan daun teh dapat dilihat pada **Gambar 8**.

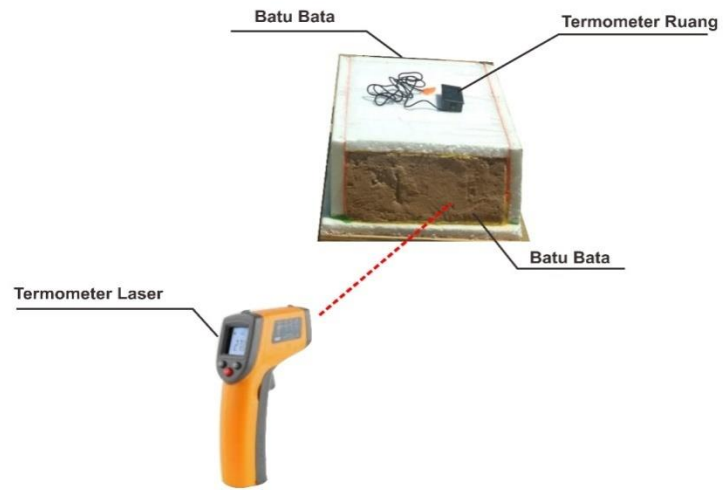


Gambar 8. Benda uji menggunakan sampel batu bata

G. Pengujian *Thermal Performance*

Pengujian *thermal performance* dilakukan dengan menggunakan termometer ruang dan termometer laser. Prosedur pelaksanaan pengujian *thermal performance* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

- 1) Siapkan Sampel Batu bata dengan ukuran 10 cm x 9 cm x 5 cm yang sudah di letakkan di atas triplex dengan ukuran 25x25 cm.
- 2) Letakkan benda uji pada tempat yang telah disiapkan.
- 3) Memasang termometer ruang di atas benda uji.
- 4) Mengarahkan termometer laser ke permukaan batu bata.
- 5) Dalam melakukan pengujian ini dapat diperoleh hasil temperatur dalam ruang dan temperatur permukaan. Untuk visualisasi pengambilan data dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Cara pengukuran *thermal performance*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Thermal Performance*

Thermal Performance dilakukan untuk mengamati perbedaan suhu antara temperatur bagian dalam dan permukaan luar dari batu bata. Keduanya diamati pada batu bata dengan 5 variasi, yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dimana masing-masing memiliki kandungan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) yang berbeda.

1. Variasi 1

Variasi 1 yaitu variasi dengan campuran 100% tanah atau sebanyak 33.5 kg pada batu bata sedangkan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebanyak 0%. Nilai temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar pada variasi 1 yang terdapat pada **Tabel 14**.

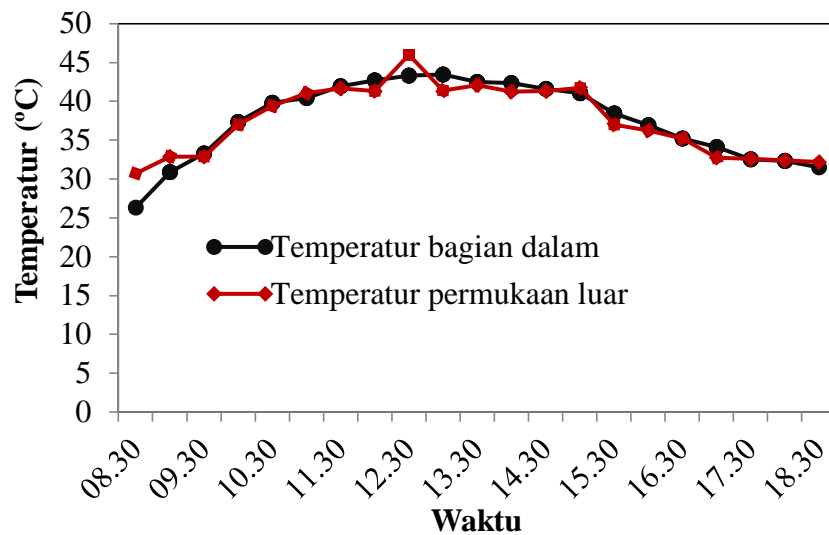
Tabel 14a. Nilai Temperatur Variasi 1

Jam	Temperatur bagian dalam (°C)	Temperatur permukaan luar (°C)
08.30	26,3	30,7
09.00	30,9	32,85
09.30	33,3	32,85
10.00	37,3	37
10.30	39,8	39,4
11.00	40,4	41
11.30	41,9	41,65
12.00	42,7	41,3
12.30	43,3	46
13.00	43,4	41,35
13.30	42,5	42,05
14.00	42,3	41,25
14.30	41,6	41,3
15.00	41	41,7

Tabel 14b. Nilai Temperatur Variasi 1

Jam	Temperatur bagian dalam (°C)	Temperatur permukaan luar (°C)
16.00	36,9	36,25
16.30	35,2	35,2
17.00	34,1	32,7
17.30	32,5	32,6
18.00	32,3	32,35
18.30	31,5	32,15

Berdasarkan **Tabel 14**, pengambilan data dilakukan mulai pukul 08.30 hingga pukul 18.30 dengan memperhatikan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar.



Gambar 10. Grafik Temperatur Variasi 1

Pada **Gambar 10** dapat dilihat bahwa sejak pukul 08.30 hingga pukul 18.30 temperatur udara bagian dalam dan temperatur permukaan luar tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pada pukul 08.30, temperatur yang dihasilkan pada bagian dalam sebesar 26,3°C lalu meningkat dan mencapai puncak temperatur tertinggi yang terjadi pada pukul 12.30 dengan temperatur 46,0°C lalu mengalami penurunan pada jam berikutnya. Sementara pada

temperatur permukaan luar terjadi peningkatan temperatur pada pukul yang sama, tetapi dengan nilai temperatur yang berbeda.

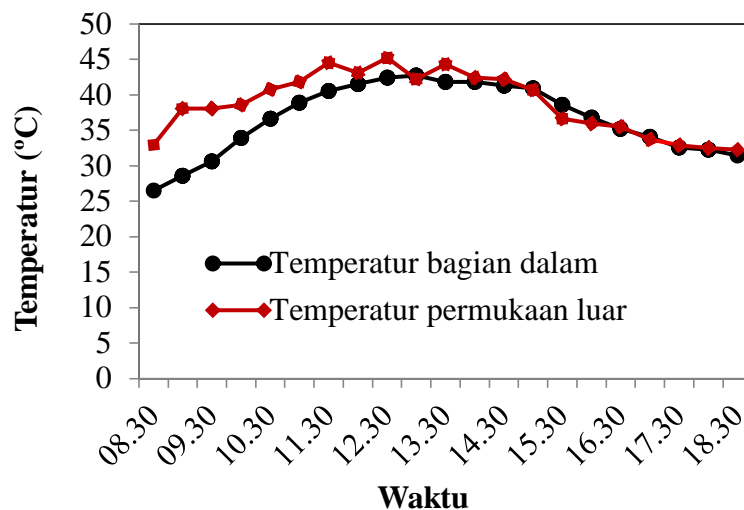
2. Variasi 2

Variasi 2 yaitu variasi dengan 5% penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT), dalam campuran batu bata ini menggunakan tanah 95% atau 31.83 kg dan 5 % atau 1,67 kg abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT). Nilai temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar pada variasi 2 yang terdapat pada **Tabel 15**.

Tabel 15. Nilai Temperatur Variasi 2

Jam	Temperatur bagian dalam (°C)	Temperatur permukaan luar (°C)
08.30	26,5	32,95
09.00	28,6	38,05
09.30	30,6	38,05
10.00	33,9	38,6
10.30	36,6	40,75
11.00	38,9	41,8
11.30	40,5	44,5
12.00	41,5	43,1
12.30	42,4	45,2
13.00	42,7	42,2
13.30	41,8	44,3
14.00	41,8	42,45
14.30	41,3	42,2
15.00	40,9	40,65
15.30	38,6	36,6
16.00	36,8	35,95
16.30	35,2	35,5
17.00	34,1	33,7
17.30	32,6	32,9
18.00	32,3	32,5
18.30	31,4	32,25

Berdasarkan **Tabel 15**, Pengambilan data dilakukan mulai pukul 08.30 hingga pukul 18.30 dengan memperhatikan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar.



Gambar 11. Grafik temperatur Variasi 2

Pada **Gambar 11** dapat dilihat bahwa mengalami temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar memiliki perbedaan yang signifikan mulai dari pukul 08.30 hingga pukul 15.30. Pada pukul 08.30, temperatur yang dihasilkan pada bagian dalam sebesar 26,5°C lalu meningkat dan mencapai puncak temperatur tertinggi yang terjadi pada pukul 13.00 dengan temperatur 42,2 °C lalu penurunan pada pukul 16.30 hingga pukul 18.30. Untuk temperatur permukaan luar puncak tertinggi terjadi pada siang hari sekitar pukul 12.30 dengan temperatur 45,2°C. Pada pukul 08.30 hingga pukul 15.30 dapat dilihat perbedaan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar dengan selisih 6,45°C pada pukul 08.30, 7,45°C pada pukul 09.30, 7,15°C pada pukul 10.30, 4°C pada pukul 11.30, 2,8°C pada pukul 12.30, 2,5°C pada pukul 13.30, 0,9°C pada pukul 14.30, 2°C pada pukul 15.30.

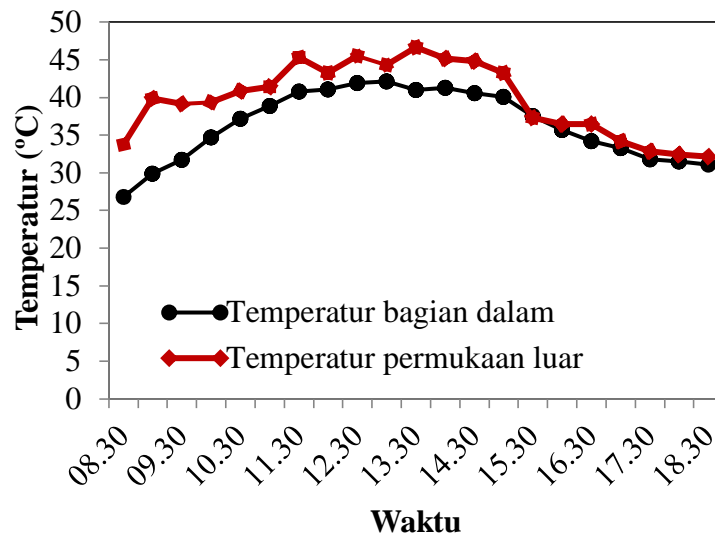
3. Variasi 3

Variasi 3 yaitu variasi dengan 10% penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT), dalam campuran batu bata ini menggunakan tanah 90% (30.15 kg) dan 10% (3.35 kg) abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT). Nilai temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar pada variasi 3 yang terdapat pada **Tabel 16**.

Tabel 16.Nilai Temperatur Variasi 3

Jam	Temperatur Bagian Dalam (°C)	Temperatur Permukaan Luar (°C)
08.30	26,8	33,75
09.00	29,9	39,9
09.30	31,7	39,15
10.00	34,7	39,35
10.30	37,2	40,85
11.00	38,9	41,45
11.30	40,8	45,35
12.00	41,1	43,3
12.30	41,9	45,5
13.00	42,1	44,3
13.30	41	46,65
14.00	41,3	45,15
14.30	40,6	44,8
15.00	40,1	43,3
15.30	37,5	37,35
16.00	35,7	36,5
16.30	34,2	36,45
17.00	33,3	34,2
17.30	31,8	32,85
18.00	31,5	32,4
18.30	31,1	32,15

Tabel 16, Pengambilan data dilakukan mulai pukul 08.30 hingga pukul 18.30 dengan memperhatikan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar.



Gambar 12. Grafik temperatur Variasi 3

Pada **Gambar 12** dapat dilihat bahwa temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar memiliki perbedaan yang signifikan mulai dari pukul 08.30 hingga pukul 15.30. Pada pukul 08.30, temperatur yang dihasilkan pada bagian dalam sebesar 26,8°C lalu meningkat dan mencapai puncak temperatur tertinggi yang terjadi pada pukul 13.00 dengan temperatur 44,3 °C lalu mengalami penurunan pada pukul 16.30 hingga pukul 18.30. Untuk temperatur permukaan luar puncak tertinggi terjadi pada siang hari sekitar pukul 13.30 dengan temperatur 46,65°C. Pada pukul 08.30 hingga pukul 15.30 dapat dilihat perbedaan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar dengan selisih 6,95°C pada pukul 08.30, 7,45°C pada pukul 09.30, 3,65°C pada pukul 10.30, 4,55°C pada pukul 11.30, 3,6°C pada pukul 12.30, 5,65°C pada pukul 13.30, 4,2°C pada pukul 14.30, 0,15°C pada pukul 15.30.

4. Variasi 4

Variasi 4 yaitu variasi dengan 15% penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT), dalam campuran batu bata ini menggunakan tanah 85% (28,475 kg) dan 15% (5,025 kg) abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT). Nilai temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar pada variasi 4 yang terdapat pada **tabel 17**.

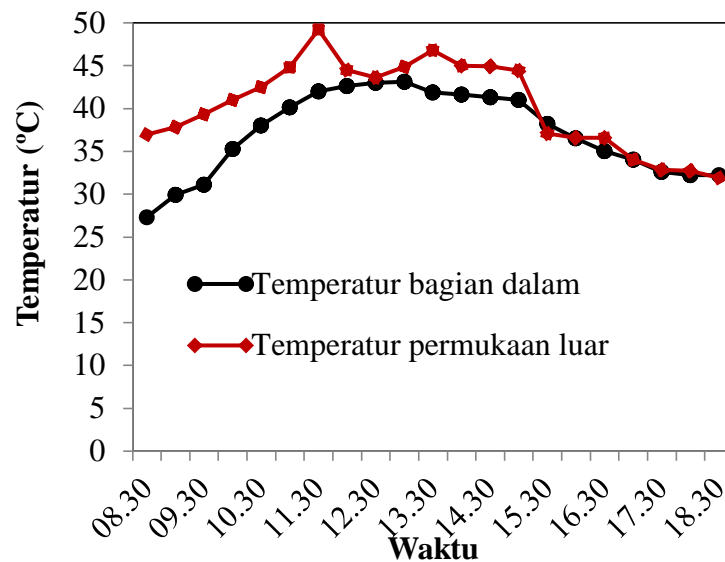
Tabel 17. Nilai Temperatur Variasi 4

Jam	Temperatur bagian dalam (°C)	Temperatur permukaan luar (°C)
08.30	27,3	36,95
09.00	29,9	37,8
09.30	31,1	39,35
10.00	35,3	41
10.30	38	42,5
11.00	40,1	44,8
11.30	42	49,2
12.00	42,6	44,5
12.30	43	43,6
13.00	43,1	44,85
13.30	41,9	46,8
14.00	41,6	45
14.30	41,3	44,9
15.00	41	44,4
15.30	38,2	37,1
16.00	36,5	36,6
16.30	35	36,6
17.00	34	34
17.30	32,6	32,85
18.00	32,2	32,7
18.30	32,2	31,9

Tabel 17, Pengambilan data dilakukan mulai pukul 08.30 hingga pukul 18.30 dengan memperhatikan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar.

Pada **Gambar 13** dapat dilihat bahwa temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar memiliki perbedaan yang signifikan mulai dari pukul 08.30 hingga pukul 15.30. Pada pukul 08.30, temperatur yang dihasilkan pada bagian dalam sebesar 29,9°C lalu meningkat dan mencapai puncak temperatur tertinggi yang terjadi pada pukul 13.00 dengan temperatur 44,85 °C lalu mengalami penurunan pada pukul 16.30 hingga pukul 18.30. Untuk temperatur

permukaan luar puncak tertinggi terjadi pada siang hari sekitar pukul 11.30 dengan temperatur 49,2°C. Pada pukul 08.30 hingga pukul 15.30 dapat dilihat perbedaan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar dengan selisih 9,65°C pada pukul 08.30, 8,25°C pada pukul 09.30, 4,5°C pada pukul 10.30, 7,2°C pada pukul 11.30, 0,6°C pada pukul 12.30, 4,9°C pada pukul 13.30, 3,6°C pada pukul 14.30, 1,1°C pada pukul 15.30.



Gambar 13. Grafik temperatur variasi 4

5. Variasi 5

Variasi 5 yaitu variasi dengan 20% penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT), dalam campuran batu bata ini menggunakan tanah 80% (26,8 kg) dan 20% (6,7 kg) abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT). Nilai temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar pada variasi 5 yang terdapat pada tabel 18.

Tabel 18a. Nilai Temperatur Variasi 5

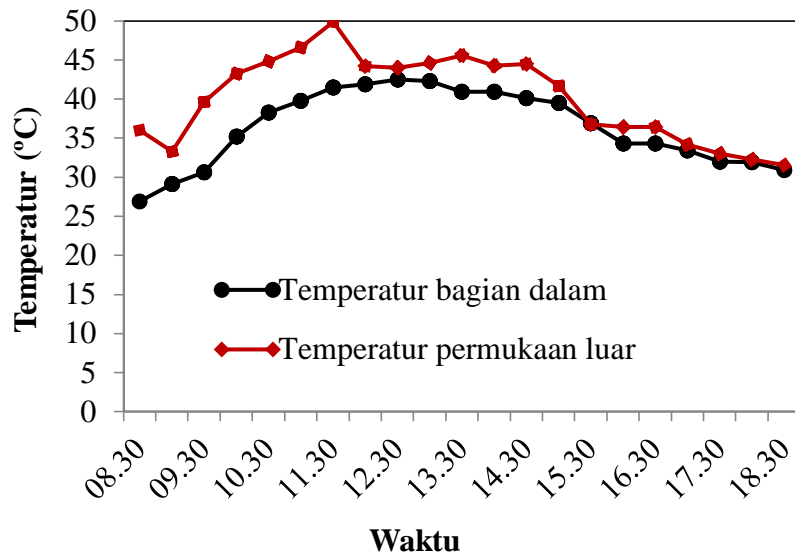
Jam	Temperatur Bagian Dalam (°C)	Temperatur Permukaan Luar (°C)
08.30	26,9	36
09.00	29,1	33,3
09.30	30,6	39,65

Tabel 18b. Nilai Temperatur Variasi 5

Jam	Temperatur Bagian Dalam (°C)	Temperatur Permukaan Luar (°C)
10.30	38,3	44,85
11.00	39,8	46,6
11.30	41,5	49,85
12.00	41,9	44,2
12.30	42,5	41,7
13.00	42,3	44,6
13.30	40,9	45,6
14.00	40,9	44,25
14.30	40,1	44,5
15.00	39,5	41,65
15.30	36,9	36,75
16.00	34,3	36,45
16.30	34,3	36,45
17.00	33,4	34,2
17.30	32	33
18.00	31,9	32,25
18.30	30,9	31,55

Tabel 18, Pengambilan data dilakukan mulai pukul 08.30 hingga pukul 18.30 dengan memperhatikan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar.

Pada **Gambar 14** dapat dilihat bahwa temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar memiliki perbedaan yang signifikan mulai dari pukul 08.30 hingga pukul 15.30. Pada pukul 08.30, temperatur yang dihasilkan pada bagian dalam sebesar 26,9°C lalu meningkat dan mencapai puncak temperatur tertinggi yang terjadi pada pukul 12.30 dengan temperatur 44 °C lalu mengalami penurunan pada pukul 16.30 hingga pukul 18.30. Untuk temperatur permukaan luar puncak tertinggi terjadi pada siang hari sekitar pukul 11.30 dengan temperatur 49,85°C. Pada pukul 08.30 hingga pukul 15.30 dapat dilihat perbedaan temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar dengan selisih 9,1°C pada pukul 08.30, 9,05°C pada pukul 09.30, 6,55°C pada pukul 10.30, 8,33°C pada pukul 11.30, 0,8°C pada pukul 12.30, 4,7°C pada pukul 13.30, 4,4°C pada pukul 14.30, 0,15°C pada pukul 15.30.



Gambar 14. Grafik Temperatur Variasi 5

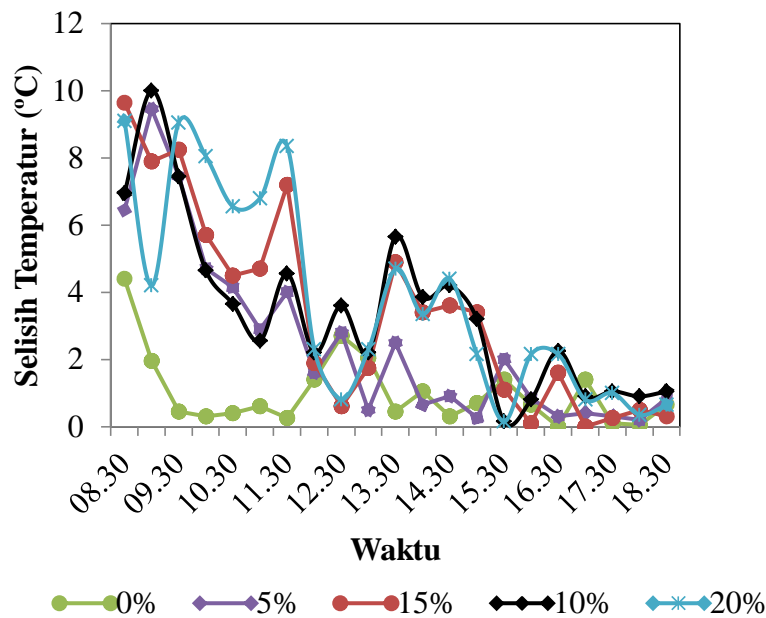
Tabel 19a. Menunjukkan selisih pengukuran temperatur pada benda uji yang menggunakan batu bata berbahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh sebanyak 0% , 5% , 10% , 15% dan 20%.

Tabel 19a. Selisih Temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar

Jam	0%	5%	10%	15%	20%
08.30	4,4	6,45	6,95	9,65	9,1
09.00	1,95	9,45	10	7,9	4,2
09.30	0,45	7,45	7,45	8,25	9,05
10.00	0,3	4,7	4,65	5,7	8,05
10.30	0,4	4,15	3,65	4,5	6,55
11.00	0,6	2,9	2,55	4,7	6,8
11.30	0,25	4	4,55	7,2	8,35
12.00	1,4	1,6	2,2	1,9	2,3
12.30	2,7	2,8	3,6	0,6	0,8
13.00	2,05	0,5	2,2	1,75	2,3
13.30	0,45	2,5	5,65	4,9	4,7
14.00	1,05	0,65	3,85	3,4	3,35
14.30	0,3	0,9	4,2	3,6	4,4
15.00	0,7	0,25	3,2	3,4	2,15
15.30	1,4	2	0,15	1,1	0,15
16.00	0,65	0,85	0,8	0,1	2,15
16.30	0	0,3	2,25	1,6	2,15

Tabel 19b.Selisih Temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan

Jam	0%	5%	10%	15%	20%
17.30	0,1	0,3	1,05	0,25	1
18.00	0,05	0,2	0,9	0,5	0,35
18.30	0,65	0,85	1,05	0,3	0,65

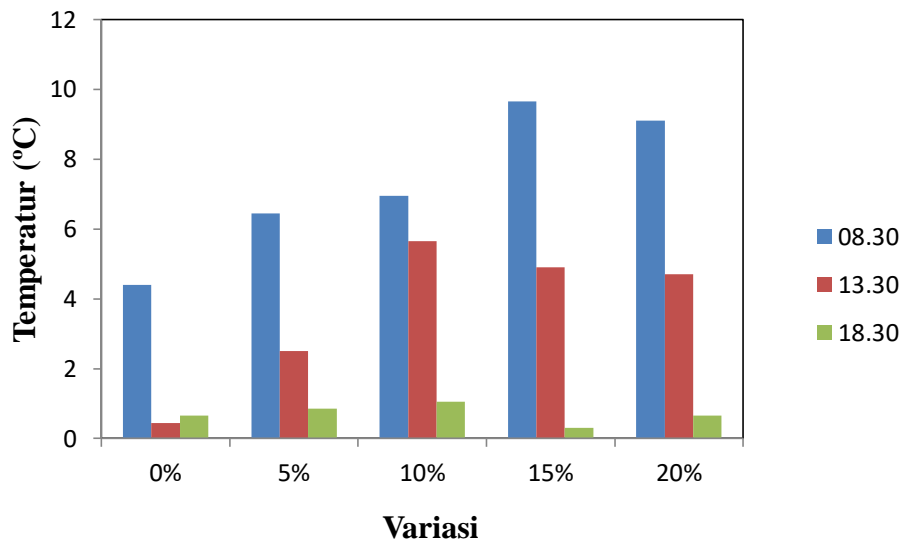


Gambar 15.Grafik selisih temperatur bagian dalam dan temperatur permukaan luar.

Pada **Gambar 15**, dapat dilihat selisih untuk 0% tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk 5%, 10%, 15% dan 20 % pada pukul 08.30 hingga pukul 15.30 memiliki perbedaan yang signifikan. Dari 5 (lima) variasi benda uji yang paling baik mereduksi temperatur panas adalah 10-15%. Untuk batu bata normal perbedaan temperatur pada pukul 13.30 dimana merupakan suhu puncak panas sebesar 0,45°C, Sedangkan untuk batu bata yang menggunakan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebesar 2,5–5,65 °C. Dimana substitusi 10-15% abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) menunjukkan selisih temperatur yang tinggi jika dibandingkan dengan batu bata normal (0% ACKSDT). Hal ini menunjukkan penggunaan abu cangkang kelapa

sawit dan daun teh (ACKSDT) sebagai substitusi tanah pada batu bata efektif meredam/mengurangi suhu panas karena memiliki pori-pori yang lebih banyak sehingga mampu meredam suhu panas dari luar. Penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh pada pembuatan batu bata tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga dapat mengurangi penggunaan pendingin ruangan (AC).

Pada **Gambar 16** dapat dilihat bahwa grafik perbandingan batu bata pada pukul 08.30, 13.30 dan 18.30 yang paling baik mereduksi temperatur panas adalah 10-15%. Untuk batu bata normal perbedaan temperatur pada pukul 13.30 dimana merupakan suhu puncak panas sebesar 0,45°C, Sedangkan untuk batu bata yang menggunakan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebesar 2,5–5,65 °C.



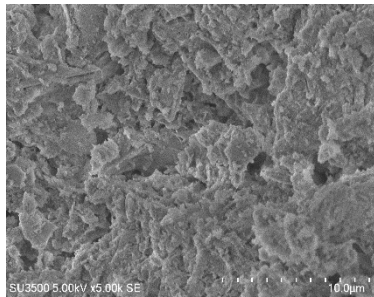
Gambar 16. Grafik perbandingan batu bata pukul 08.30, 13.30 dan 18.30

B. Scanning Electron Microscope (SEM)

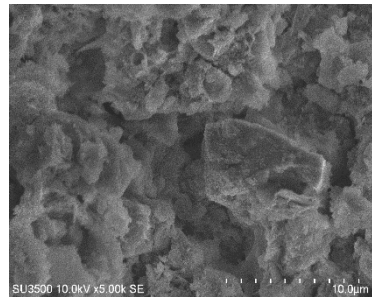
Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. *Scanning Electron Microscope (SEM)* dimaksudkan untuk mengetahui bentuk

mengetahui bagaimana pori batu bata terhadap penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKDST).

Berdasarkan pada **Gambar 17** dapat dilihat hasil dari *scanning electron micrograph* (SEM) batu bata dengan penambahan 15% abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKDST) memiliki fraktal yang optimum dibandingkan dengan batu bata yang tidak menggunakan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKDST). Hal ini sejalan dengan hasil pengujian kuat tekan, berat batu bata dan *thermal performance*.



0 % (ACKDST)



15% (ACKDST)

Gambar 17.SEM dari Batu Bata ACKSDT

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya mengenai penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebagai material untuk substitusi tanah pada batu bata, maka dapat diambil kesimpulan bahwa substitusi 10-15% abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) pada batu bata sebesar $4,9^{\circ}\text{C} - 5,65^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) sebagai substitusi tanah pada batu bata efektif meredam/mengurangi suhu panas karena memiliki fraktal yang optimum sehingga mampu meredam suhu panas dari luar. Penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh pada pembuatan batu bata tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga dapat mengurangi penggunaan pendingin ruangan (AC).

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka sebagai bahan pertimbangan, diajukan beberapa saran berikut :

1. Sebaiknya untuk batu bata abu cangkang kelapa sawit sebagai peredam suhu panas digunakan untuk material bahan bangunan khususnya bahan material batu bata dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh (ACKSDT) 10-15%.
2. Diharapkan untuk penelitian lebih lanjut dilakukan analisa numerik untuk mengetahui seberapa besar suhu panas yang dapat direduksi oleh batu bata yang menggunakan abu cangkang kelapa sawit dibandingkan dengan material *styrofoam*.
3. Sebaiknya penelitian ini juga dilakukan ketika musim penghujan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1929. *Public Road Administration Classification System*.
- Bowles. E, Joseph . 2010. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*. Penerbit : Erlangga. Jakarta.
- Das. M, Braja. 1998. *Mekanikah Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*.Erlangga. Jakarta.
- Djuriawan,Asri, Irwan Ridwan, dan H. Muchtar Gani. 2018. *Beton RamahLingkungan dari Abu Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit dan DaunThe*. Makassar: Program Studi TeknikLingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Haspiadi, Kurniawaty. 2015. *Pemanfaatan Limbah Padat Abu Cangkang Dan Serat Kepala Sawit DariBoiler Untuk Pembuatan Bata Beton Ringan*. Samarinda : Bristand Industri.
- Hidayat, Muhammad. 2018. *Studi Karakteristik Batu Bata Berbahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh (AKSDT)*. Makassar: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Hidayat, Rino. 2018. *Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit-Daun Teh Sebagai Material Paving Block*. Makassar: Program Studi TeknikLingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Jamizar, Iskandar GR, dan Prima YP. 2013. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambahan (Admixture) Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar*. UNP, 1-9.
- Kristianto, Mungok,Crisna Djaja, dan Handalan, Ecohadi Cek Putra. 2016. *Pengaruh Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Mutu Beton*. Pontianak: Teknik Sipil Universitas Tanjungpura

- Lerry, Martin, Elhusna, dan Afrizal, Yuzuar. 2012. *Perilaku Kuat Tekan Beton dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagai Semen*. InersiaJurnal Teknik Sipil. ISSN: 2086-9045 Vol 2: 85-92.
- Mashyta.A, Aulia.2019. *Kuat Tekan dan Karakteristik Leachate Mortar berbahan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil dan Abu Cangkang Kelapa Sawit-Daun Teh*. Makassar: Program Studi TeknikLingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Prianti, Epi, Mariana Bara'allo Malino, Boni Pahlanop Lapanporo. 2015. *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir pada Pembuatan Beton*. Pontianak: Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Tanjungpura.
- Rahman, Fauzi. 2017. *Pemanfaatan Hasil Pembakaran Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Pembuat Beton Normal*. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat
- Riaz,Dkk. 2019.*Evaluation Of Sustainable Clay Bricks Incorporating Brick Killn Dust*.J. Building Eng. 24, 1000725.
- SNI 15-2094-1991. *Bata Merah Pejal*. Badan Standarisasi Nasional.
- SII-0021-78.*Pengertian Batu Bata*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-10, 978:6. *Tingkatan Mutu, Kuat Tekan Rata-Rata, dan Penyimpangan Ukuran*.Badan standarisasi nasional.
- SII-0021-78.*Standar Ukuran Batu Bata* .Badan Standarisasi Nasional.
- Wesley, Laurence D. 2010.*Mekanikah Tanah*. Penerbit : Andi, Yogyakarta

LAMPIRAN

LAMPIRAN I:
ALAT YANG DIGUNAKAN UNTUK
PENGAMBILAN DATA

Gambar	Keterangan
	<p><i>Termometer</i> digunakan untuk mengukur temperature bagian dalam pada benda uji</p>
	<p>Laser pengukur temperatur digunakan untuk mengukur temperatur permukaan luar pada benda uji</p>

LAMPIRAN II:
PROSES PEMBUATAN BENDA UJI

Gambar	Keterangan
	<p>Meletakkan batu bata di atas <i>triplex</i> yang telah dialasi <i>styrofoam</i> lalu direkatkan menggunakan <i>double tip</i>.</p>
	<p>Menutup semua celah menggunakan plastisin.</p>
	<p>Setelah benda uji telah siap, kemudian dipasang termometer .</p>

LAMPIRAN III
PENGUJIAN *THERMAL*
KARAKTERISTIK

Gambar	Keterangan
	<p>Pengujian <i>thermal</i> karakteristik pada permukaan menggunakan laser pengukur temperatur</p>
<p>Pengujian <i>thermal</i> karakteristik menggunakan termometer</p>	
	

LAMPIRAN III
Scanning Electron Microscope (Sem)

