

TUGAS AKHIR
ANALISA KONDUKTIVITAS PANAS BATA TEKAN TANPA BAKAR
DENGAN SERBUK CANGKANG KERANG
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

ANNISA SALSABILLA YUSRA
2107210195P



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Annisa Salsabilla Yusra

Npm : 2107210195P

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Konduktivitas Panas Bata Tekan Tanpa Bakar
Dengan Serbuk Cangkang Kerang

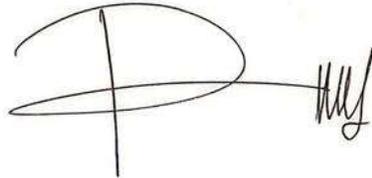
Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized letter 'F' followed by a series of vertical and diagonal strokes.

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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

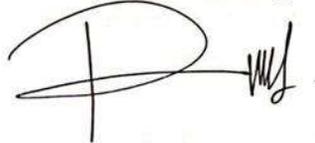
Nama : Annisa Salsabilla Yusra
NPM : 2107210195P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Konduktivitas Panas Bata Tekan Tanpa Bakar
Dengan Serbuk Cangkang Kerang
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 11 Mei 2024

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Ir. Tondi Aningsyah Putra, ST., MT.

Dosen Pembanding II



Sri Frapanti, ST., MT.

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc.Prof.Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Annisa Salsabilla Yusra
Tempat, Tanggal Lahir : Bogor, 03 Mei 1999
Npm : 2107210195P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang Berjudul:
"Analisa Konduktivitas Panas Bata Tekan Tanpa Bakar Dengan Serbuk Cangkang Kerang (Studi Penelitian)."

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjajaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Mei 2024

Saya yang menyatakan,


Annisa Salsabilla Yusra

ABSTRAK

ANALISIS KONDUKTIVITAS PANAS BATU BATA TEKAN TANPA BAKAR DENGAN CAMPURAN SERBUK CANGKANG KERANG

Annisa Salsabilla Yusra
2107210195P

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

Di Indonesia kita bisa melihat bangunan yang terbuat dari batu bata yang sudah ada sejak peradaban lampau, bata merah merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Bata merah terbuat dari tanah liat yang dibakar dengan suhu tinggi sampai bewarna kemerah-merahan. Bata merah merupakan salah satu bahan pembuat dinding yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini karena bata merah merupakan bahan yang tahan api. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konduktivitas panas Batu Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) yang menggunakan Serbuk Cangkang Kerang (SCK) dan untuk mengetahui konduktivitas panas BT3B dengan SCK memenuhi persyaratan sebagai material konstruksi. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dan metode eksperimen yaitu metode yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain, dengan cara membuat BT3B dengan menggunakan bahan tambahan SCK dan akan di uji konduktivitas panas pada BT3B dengan menggunakan SCK. Hasil penelitian yang di dapatkan yaitu di variasi 2 dengan penggunaan SCK 25% membuat nilai konduktivitas panas menurun, sementara itu penambahan SCK di variasi 4 dengan penggunaan 75% membuat nilai konduktivitas panas menjadi lebih meningkat, variasi BT3B dengan penambahan 50% SCK menghasilkan nilai konduktivitas panas yg lebih rendah dibandingkan dengan variasi lain, dengan nilai minimum sebesar 0.00000795 W/m°C. Sehingga BT3B dengan penambahan SCK memenuhi sebagai material konstruksi. Berdasarkan dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah penggunaan limbah SCK sebagai bahan campuran untuk pembuatan BT3B maka semakin meningkat nilai konduktivitas panas nya.

Kata kunci: Batu bata tanpa bakar, serbuk cangkang kerang, konduktivitas panas

ABSTRACT

THERMAL CONDUCTIVITY ANALYSIS OF UNBURNED PRESSED BRICKS WITH CLAM SHELL POWDER MIXTURE

Annisa Salsabilla Yusra
2107210195P

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

In Indonesia, we can see buildings made of bricks that have existed since ancient civilizations, red clay is one of the materials used as a wall-making material. Red clay was made from clay that was burned at high temperatures until it was colored red-red. It's because red bricks are a fire-resistant material. The study aims to determine the thermal conductivity of unburnt ground-pressure brick (BT3B) using shell powder (SCK) and to find out that the BT3B thermal conductance with SCK meets the requirements as a construction material. This study uses literature study methods and experimental methods, which are methods aimed at testing the influence of a variable on another variable, by making BT3B using additive SCK and will be tested thermal conductivity on BT3b using SCK. The results obtained are that in variation 2 with use of SCK 25% thermal conducting value decreases, while the addition of SCC in variance 4 with the use of 75% makes thermal guidance value increases, variation BT3 B with addition of 50% SCK produces a lower thermal guidance value compared to other variations, with a minimum value of 0.00000795 W/m°C. So BT 3B with addition SCK meets as a construction material. Based on the results of this study, it can be concluded that the greater the amount of SCK waste used as a mixture material for the manufacture of BT3B, the higher the value of its thermal conductivity.

Keywords: Unfired brick, thermal conductivity, shell powder

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa konduktivitas panas bata tekan tanpa bakar dengan menggunakan serbuk cangkang kerang” ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Ijazah Sarjana pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, ST., M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Tondi Amirsyah Putra, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Sri Frapanti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Yusri dan Ibunda tercinta Mersia Era Yenita yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
10. Terimakasih juga kepada adik saya Haya Jauza Yusra dan Muhammad Zaki Yusri beserta keluarga besar saya om, tante dll yang telah terus mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir saya ini.
11. Sahabat-sahabat penulis yaitu Ulzana Nurlian Nawa, Rifda Salsabilla dan Teman-teman Teknik Sipil pagi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 11 Mei 2024

Penulis

Annisa Salsabilla Yusra

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bata Tanpa Bakar	5
2.2 Syarat Mutu Batu Bata	6
2.3 Material Pembentukan BT3B	9
2.3.1 Serbuk Cangkang Kerang (SCK)	9
2.3.2 Tanah Liat	10
2.3.3 Air	13
2.3.4 Kapur	14
2.3.5 Pasir	15
2.4 Konduktivitas Panas Bata	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Bagan Alir Penelitian	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.3 Metode Penelitian	20
3.3.1 Data Primer	21

3.3.2	Data Sekunder	21
3.4	Bahan yang Digunakan	21
3.5	Alat yang Digunakan	23
3.6	Tahap Pembuatan Sampel	24
3.7	Pemeriksaan Bahan	26
3.8	Tahap Pengambilan dan Pengelolaan Data Sampel	26
3.9	Tahap Pengujian Sampel	27
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Hasil Campuran Bata	31
4.2	Pengujian Sifat Fisik Material Tanah	31
2.2.1	Pemeriksaan Analisa Butiran Tanah Merah	31
4.2.1	Kadar Air Tanah Merah	32
4.2.2	Indeks Plastisitas	32
4.3	Pengujian Sifat Fisik Material Agregat Halus	34
4.3.1	Analisa Saringan Agregat Halus	35
4.3.2	Kadar Lumpur Agregat Halus	35
4.3.3	Kadar Air Agregat Halus	36
4.4	Pengujian Daya Serap Bata	36
4.5	Pengujian Kadar Garam Bata	39
4.6	Pengujian Berat Jenis Bata	41
4.7	Sifat Tampak Bata	42
4.8	Konduktivitas Panas Bata	42
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN		52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu Bata Tanpa Bakar	6
Tabel 2.2: Ukuran Batu Bata (SNI 15-2094-2000)	7
Tabel 2.3: Klasifikasi Kekuatan Bata (SNI 15-2094-2000)	8
Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu Serbuk Cangkang Kerang	10
Tabel 2.5: Penelitian Terdahulu Tanah Liat	13
Tabel 2.6: Penelitian Terdahulu Air	14
Tabel 2.7: Penelitian Terdahulu Kapur	15
Tabel 2.8: Penelitian Terdahulu Pasir	16
Tabel 2.9: Penelitian Terdahulu Pegujian Konduktivitas Thermal	18
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Kandungan Kapur	22
Tabel 3.3 Komposisi Campuran Benda Uji	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir	19
Gambar 3.2 Perbandingan bahan pembuatan bata	25
Gambar 3.3 Alat pengujian konduktivitas panas	29
Gambar 3.4 Pengujian konduktivitas panas	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1 Grafik analisa butiran tanah merah	32
Gambar 4.2 Grafik plastisitas tanah merah	34
Gambar 4.3 Grafik analisa saringan agregat halus	35
Gambar 4.4 Proses pengeringan benda uji	36
Gambar 4.5 Proses perendaman benda uji	37
Gambar 4.6 Benda uji setelah direndam	37
Gambar 4.7 Grafik pengujian daya serap bata	38
Gambar 4.8 Bata sebelum pengujian kadar garam	39
Gambar 4.9 Proses pengujian kadar garam	39
Gambar 4.10 Hasil pengujian kadar garam	40
Gambar 4.11 Grafik pengujian berat jenis bata	41
Gambar 4.12 Sifat tampak bata	42
Gambar 4.13 Grafik uji konduktivitas panas variasi kontrol semen	43
Gambar 4.14 Grafik uji konduktivitas panas variasi 1	44
Gambar 4.15 Grafik uji konduktivitas panas variasi 2	44
Gambar 4.16 Grafik uji konduktivitas panas variasi 3	45
Gambar 4.17 Grafik uji konduktivitas panas variasi 4	45
Gambar 4.18 Grafik perbandingan konduktivitas panas uji	46

DAFTAR NOTASI

mk	= massa kering (tetap) (kg)
mb	= massa setelah direndam selama 24 jam (kg)
mc	= massa dalam air (kg)
W	= beban maksimum (Kg)
P	= Kuat tekan bata merah (Kg/ cm ²)
A	= Luas bidang tekan (mm ²), dan
A	= Luas bidang tekan (cm ²)
L	= jarak antara tumpuan (cm)
B	= lebar benda uji (cm)
H	= tinggi benda uji (cm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia kita bisa melihat bangunan yang terbuat dari batu bata yang sudah ada sejak peradaban lampau. Saat itu, peradaban sudah terbukti cukup maju untuk menggunakan batu bata merah. Bata merah lebih dominan digunakan dibandingkan jenis bata lainnya. Bata merah sebagai bahan pembuatan dinding, perpaduan yang tepat akan membuat dinding lebih awet dan tahan terhadap penetrasi air. Semakin baik campuran yang digunakan untuk lem bata, semakin tinggi kualitas dinding yang kita dapatkan.

Bata merah merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Bata merah terbuat dari tanah liat yang dibakar dengan suhu tinggi sampai bewarna kemerah-merahan. Bata merah merupakan salah satu bahan pembuat dinding yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini karena bata merah merupakan bahan yang tahan api. Selain itu, ukuran bata merah yang relatif cukup di tangan juga memungkinkan pekerjaan pemasangan bata merah cukup mudah dikerjakan dan divariasikan oleh tukang (Prayuda et al., 2018).

Setiap material atau bahan memiliki karakteristik yang berbeda-beda mulai dari sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Sifat fisis merupakan sifat yang dimiliki satu bahan yang dapat dilihat secara langsung, sedangkan sifat mekanik dan kimiawi tidak bisa dilihat secara langsung, maka harus dilakukan percobaan untuk mengetahui sifat mekanik dan sifat kimiawinya. Dalam setiap bahan teknik memiliki suatu kemampuan untuk menghantarkan panas. Kemampuan menghantarkan panas ini disebut konduktivitas panas.

Konduktivitas panas terjadi dikarenakan perpindahan kalor terjadi bila pada suatu sistem terdapat gradien temperatur atau bila ada dua sistem bersinggungan yang temperaturnya berbeda. Proses dimana sesuatu yang dipindahkan di antara sebuah sistem dan sekelilingnya akibat perbedaan temperatur ini disebut kalor

Pada dasarnya batu bata dapat mengeras tanpa dibakar, baik dengan cara dijemur maupun diangin-anginkan, namun membutuhkan waktu yang cukup lama

dibandingkan dengan pembakaran. Oleh karena itu perlu dilakukan pembuatan formula dengan menambahkan beberapa bahan khusus yang bertujuan untuk meminimalkan waktu pengeringan bahkan meningkatkan kuat tekan jika memungkinkan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Jananda & Sofianto, 2018) Serbuk Cangkang Kerang (SCK) pada pembuatan bata beton ringan dengan komposisi 4% SKC dan 5% bottom ash mengalami kenaikan kemudian pada komposisi berikutnya mengalami penurunan. Penambahan 4% SCK tersebut menghasilkan kuat tekan sebesar 3,34 MPa, kemudian kuat tekan turun sampai 8%. SCK yang dicampur dalam batu bata yang tidak dibakar menentukan konduktivitas panas masing-masing batu bata. Jadi, menambahkan SCK ke batu bata yang belum dibakar dapat meningkatkan kualitasnya dan menggunakan limbah yang dibuang. Tidak hanya serbuk yang digunakan sebagai bahan pembuatan Batu Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B), tanah liat merupakan bahan utama yang harus digunakan untuk membuat batu bata.

Dari pertimbangan tersebut, maka pada Tugas Akhir dari peneliti ini ingin mengetahui beberapa penjelasan tersebut, maka peneliti bermaksud melakukan penelitian. Oleh sebab itu diambil judul **“ANALISA KONDUKTIVITAS PANAS BATA TEKAN TANPA BAKAR DENGAN SERBUK CANGKANG KERANG”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana konduktivitas panas BT3B yang menggunakan SCK?
2. Apakah konduktivitas panas BT3B SCK tersebut memenuhi persyaratan sebagai material konstruksi?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah dilakukan dengan tujuan untuk mempersempit ruang lingkup pembahasan agar penelitian ini lebih terfokus apabila hanya memfokuskan pembahasan dalam batasan yang telah ditentukan. Ruang lingkup penelitian ini

adalah konduktivitas panas oleh satu buah BT3B, bukan sebagai pasangan bata ataupun menghitung konduktivitas panas antara luar dan dalam ruangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan yang ingin dicapai dengan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui konduktivitas panas BT3B yang menggunakan SCK.
2. Untuk mengetahui konduktivitas panas BT3B SCK memenuhi persyaratan sebagai material konstruksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat penelitian yang diperoleh penulis adalah bahwa:

1. Pemanfaatan limbah SCK sebagai bahan tambahan dalam penelitian batu bata dapat memberikan kontribusi bagi dunia industri.
2. Memberikan sumbangan data bagi penelitian mengenai BT3B khususnya dan earth masonry di indonesia secara umumnya, dan di harapkan dapat berkontribusi bagi penyusunan standard BT3B di indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan mengawali penulisan dengan menjelaskan latar belakang masalah yang akan dibahas, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menjelaskan tentang teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan juga bagan alir.

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 PENUTUP

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bata Tanpa Bakar

Menurut Civil Engeneering Materials (2001) mendefinisikan batu bata sebagai bahan bangunan dari tanah lempung dan mineral mineral lain yang dibentuk dalam ukuranukuran tertentu. Pada dasarnya, terdapat tiga tipe tanah lempung yang digunakan sebagai bahan baku batu bata, yaitu: Lempung permukaan (surface clays) ditemukan diatas permukaan bumi yang berasal dari deposit tanah hasil sedimentasi alami. Jenis lempung ini memiliki kandungan asam 10 – 25 % (Pendidikan & Bangunan, 2018).

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-2000 dan SII-0021-78 merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan 7 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 secara umum terbuat dari tanah liat kemudian dicampur dengan air dan dicetak menggunakan cetakan yang terbuat dari kayu atau baja, kemudian dikeringkan dan terakhir dibakar pada tungku pembakaran dengan suhu tinggi, yaitu antara 900°C -1000°C (Sudarsana et al., 2011).

Proses pembakaran bertujuan untuk mempersingkat waktu pengeringan, sehingga diperoleh batu bakar yang mengeras dalam jangka waktu yang relatif singkat. Namun hal tersebut mengakibatkan meningkatnya produksi gas karbondioksida dalam jumlah yang sangat besar. Gas karbondioksida merupakan salah satu gas penyebab utama terjadinya masalah lingkungan seperti efek rumah kaca dan polusi udara. Oleh karena itu diperlukan alternatif produksi batu bata untuk mengurangi gas karbondioksida.

Menurut Primayatma (1993), pada pembuatan batu bata tanpa pembakaran, proses akhirnya bukan pembakaran melainkan hanya pengeringan sehingga batubata dapat kering secara perlahan. Ketentuan pengeringan dilakukan 2-3 hari pada suhu kamar lalu dilanjutkan 3-4 minggu dipelihara pada suhu lembab, terhindar dari hujan dan panas matahari.

Pada umumnya proses pembuatan batu bata merah cetak tangan (batu bata tradisional) melalui tahap proses pembakaran, hal tersebut tidak sejalan dengan isu lingkungan mengenai polusi udara dan pemanasan global (global warming) akibat meningkatnya produksi gas karbondioksida yang sedang berkembang saat ini. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan batu bata tanpa proses pembakaran, hal ini selain bertujuan untuk mendapatkan batu bata dengan sifat mekanis yang sesuai persyaratan, baik sebagai elemen struktur maupun non struktur, juga mengurangi jumlah gas karbondioksida yang dihasilkan dari proses pembakaran dengan suhu tinggi (Witjaksana et al., 2016).

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu Bata Tanpa Bakar

No	Judul	Hasil
1.	Pembuatan batu bata tanpa bakar dengan campuran sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na ₂ SiO ₃) (Witjaksana et al., 2016).	Kuat tekan batu bata biasa dengan campuran sodium hidroksida (NaOH) dan sodiun silikat (Na ₂ SiO ₃) diperoleh 1.048 Mpa dimana kuat tekan batu bata tersebut lebih rendah dibandingkan dengan batu bata tanpa bakar dengan campuran yang sama dimana kuat tekan batu bata tersebut sebesar 1.28 Mpa.
2.	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran terbuat dari abu sekam padi dan serbuk batu tabas (Sudarsana et al., 2011).	Kuat tekan terbesar batu bata tanpa bakar di peroleh 22,90 kg/cm ² dengan resapan air yang di hasilkan sebesar 44,03%.

2.2 Syarat Mutu Batu Bata

Adapun syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000 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.

- b. Ukuran Standar Bata Merah di Indonesia oleh SNI 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 2.2: Ukuran Batu Bata (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±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

- c. Kuat tekan bata merah adalah gaya maksimum per satuan luas permukaan yang dibebani. SNI 15-2094-2000 menyatakan bahwa besarnya kuat tekan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- P = Kuat tekan (kg/cm²)
F = Beban maksimum (kg)
A = Luas penampang bata (cm²)

Tabel 2.3: Klasifikasi Kekuatan Bata (SNI 15-2094-2000)

Kelas	Kekuatan Tekan		Koefisien Variansi Izin
	Kg/cm ²	N/mm ²	
50	50	5	22%
100	100	10	5%
150	150	15	15%

d. Daya Serap Air

Daya serap air adalah besarnya penyerapan air pada bata. Besarnya daya serap dirumuskan sebagai berikut:

$$PA = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

- PA = Penyerapan air (%)
- A = Berat bata basah (kg)
- B = Berat bata kering (kg)

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%.

e. Pengujian Kadar Garam Bata

Berdasarkan SII-0021-78, garam yang mudah larut dan membahayakan serta yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural pada permukaan bata adalah magnesium sulfat (MgSO₄), natrium sulfat (Na₂SO₄), kalium sulfat (K₂SO₄), dengan total kadar garam kurang dari 50%. Adanya kandungan garam pada bata merah ditandai dengan adanya “Efflorescence” yaitu pewarnaan putih akibat garam oleh air dalam bata menguap dan tertimbun dipermukaan bata. Untuk menghitung besarnya kadar garam tergantung dari besarnya luasan bata yang ada kandungan garamnya dibagi dengan luasan bata dikali 100%.

$$\text{Kadar garam (G)} = \frac{Ag}{A} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dengan:

- G = kadar garam (%)
- Ag = Luasan kandungan garam (cm²)

$A = \text{Luasan Bata (cm}^2\text{)}$

Dalam NI-10 diatur beberapa kategori untuk kada garam yang larut dan membahayakan yaitu:

- 1) Tidak membahayakan: Bila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih, karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut.
- 2) Ada kemungkinan membahayakan: Bila 50% atau lebih dari permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk atau terlepas.
- 3) Membahayakan: Bila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

2.3 Material Pembentukan BT3B

Material yang digunakan pada campuran batu bata merah yang dipakai sebagai bahan penyusun utama yaitu tanah liat, Kapur, air, semen dan SCK dan bila mana diperlukan bahan tambah. Pada campuran ini, akan digunakan Semen dan kapur sebagai pengganti bahan perekat. Dalam pembuatan campuran batu bata merah, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan bata yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.3.1 Serbuk Cangkang Kerang (SCK)

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu jenis kerang yang banyak terdapat di perairan Indonesia dan banyak dikonsumsi masyarakat karena kandungan proteinnya yang tinggi. Menurut statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2011, nilai output kerang darah Indonesia (*Anadara granosa*) pada tahun 2011 sebanyak 373.202 ton, meningkat 44,12% dibandingkan tahun sebelumnya. Kerang merupakan bagian kerang yang tidak dapat dimakan sehingga akhirnya terakumulasi menjadi sampah rumah tangga.

Kerang ini menghuni kawasan Indo-Pasifik, menyebar dari pesisir Afrika Timur hingga Polinesia. Hewan ini suka mengubur dirinya di pasir atau tanah. Ukuran dewasa kurang lebih panjang 5 sampai 6 cm dan lebar 4 sampai 5 cm. Karena kerang darah mempunyai nilai ekonomi yang baik maka masyarakat mulai membudidayakan kerang darah. Meski biasanya direbus atau dikukus, kerang ini juga bisa digoreng atau dijadikan sate dan makanan kering lainnya (Elsa et al., 2019).

SCK adalah bubuk yang terbuat dari kerang yang dihaluskan yang dapat digunakan sebagai campuran. SCK mengandung senyawa pozzolan yaitu senyawa yang mengandung kapur (CaO), alumina dan silika sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku beton (Fauziah et al., 2019).

Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu Serbuk Cangkang Kerang

No	Judul	Hasil
1.	Cangkang kerang darah (anadara granosa) sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton (Elsa et al., 2019).	Penambahan kerang sebanyak 5% memberikan pengaruh penurunan kuat tekan beton hingga 17,6% dari beton normal, namun penambahan di atas 10% cenderung menurunkan kuat tekan beton hingga 10,7%.
2.	Studi penggunaan serbuk cangkang kerang darah pada pembuatan beton ringan seluler dengan foam agent pada aplikasi dinding (Fauziah et al., 2019).	Penambahan 5% serbuk cangkang kerang menghasilkan kuat tekan sebesar 3,54 MPa pada umur 28 hari, resapan air sebesar 30,805%, serta peningkatan berat volume sebesar 1,02 g/cm ³ .

2.3.2 Tanah Liat

Tanah liat merupakan bahan dasar pembuatan batu bata dan mempunyai sifat plastisitas dan susut. Sifat plastis tanah liat berperan sangat penting dalam mempermudah proses awal pembuatan batu bata. Jika plastisitas tanah liat yang digunakan terlalu kuat maka kekuatan kering batu bata yang dibentuk akan terlalu

tinggi sehingga mempengaruhi kekuatan, penyusutan, dan efek pembakaran batu bata yang sudah jadi (Tarigan, 2020).

Tanah liat merupakan bahan dasar selama proses pembuatan batu bata, Penggunaannya sangat menguntungkan Manusia karena bahannya sederhana Dapatkan dan gunakan hasilnya Sangat luas. Dilihat dari komposisi kimia tanah Tanah liat mengandung silikamax, jadi itu berfungsi untuk Meningkatkan daya rekat campuran bahan bata. (Mathura,2010).um, silikatnatrium-aluminium, silikat-kalsium aluminium (Pendidikan & Bangunan, 2018).

Syarat-syarat yang diperlukan untuk pembuatan batu bata dengan menggunakan tanah liat adalah sebagai berikut: (Elianora, 2010)

1. Tanah liat yang digunakan harus mempunyai plastisitas dan kohesi agar mudah dibentuk. Tanah liat dengan nilai plastisitas yang tinggi dapat menyebabkan batu bata retak atau retak bila dibakar. Tanah liat yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan batu bata harus mempunyai derajat plastisitas dan mikroplastisitas tertentu. Dari indeks plastisitas, tingkat plastisitas tanah liat yang digunakan untuk pembuatan batu bata adalah 25% sampai dengan 30%.
2. Tanah liat yang dibakar harus tahan terhadap rembesan air, tidak lapuk seiring waktu, dan harus berwarna merah.
3. Tanah liat yang kekurangan zat besi akan menjadi lebih terang warnanya. Jika kandungan besi pada tanah liat 5 - 9% maka batu bata yang dibakar akan berwarna merah.
4. Tidak boleh mengandung partikel batu kapur dan kerikil yang lebih besar dari 5 mm.

Sifat-sifat Tanah Liat Sifat-sifat tanah liat adalah sebagai berikut:

1. Butirnya kecil, yaitu kurang dari 0,002 mm.
2. Permeabilitas rendah.
3. Air kapiler naik.
4. Sangat kohesif.
5. Tingkat penyusutan yang tinggi.
6. Proses integrasinya lambat.

Jenis-Jenis Tanah Liat (Lempung) yang Digunakan untuk Pembuatan Batu Bata Berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya, tanah liat dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut : (Tahta Dinata & Adha, 2013)

1. Tanah Liat residual adalah tanah liat yang terdapat di tempat terjadinya tanah liat yang tidak berpindah sejak pembentukannya. Tanah liat jenis ini pada dasarnya berbutir kasar, masih tercampur dengan batuan aslinya, belum mengalami pelapukan, dan tidak bersifat plastis. Semakin banyak Anda menggali, semakin banyak pula batuan asli yang Anda temukan, masih kasar dan belum lapuk.
2. Tanah Liat illuvial adalah tanah liat yang terangkut dan diendapkan tidak jauh dari tempat asalnya, misalnya di kaki gunung. Lempung aluvial mempunyai sifat yang mirip dengan lempung sisa, hanya saja tidak ditemukan batuan asli pada lempung aluvial.
3. Tanah liat marin ialah tanah liat yang dimendapkan di dalam laut. Tanah liat marin adalah sangat halus dan sering bercampur dengan cangkang kerang foraminiferal (batu kapur). Tanah liat marin menjadi padat kerana daya geologi.
4. Tanah liat Danau ialah tanah liat yang dimendapkan di dalam tasik. Sifat tanah liat ini tidaklah seberat tanah liat laut, sebaliknya mempunyai sifat seperti tanah liat paya air tawar.
5. Tanah Liat Rawa ialah tanah liat yang dimendapkan di dalam paya. Tanah liat ini dicirikan oleh warna hitamnya. Ia mengandungi garam apabila ditemui di pantai (Tarigan, 2020).

Tabel 2.5: Penelitian Terdahulu Tanah Liat

No	Judul	Hasil
1.	Pembuatan batu bata dengan campuran limbah kulit tebu (<i>saccharum officinarum</i>) dan Tanah liat (Tarigan, 2020).	Penambahan abu kulit tebu pada komposisi 10-50% menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dan peningkatan nilai daya serap air. Kuat tekan pada campuran 0 dan 10% sebesar 5,71 dan 5,57 MPa. Untuk daya serap air pada komposisi 0-50% masing-masing sebesar 13,05, 13,96, 14,09, 14,78, 16,10, dan 16,53%.
2.	Karakteristik batu bata tanpa pembakaran dari limbah industri pertanian dan material alam (Irwansyah, Faiz Isma, 2018).	Penggunaan tanah lempung 30% menghasilkan kuat tekan 6,14 Mpa, kuat lentur 1,5 Mpa, densitas 1,60 kg/m ³ , porositas 18,65% dan kadar air 7,98%.

2.3.3 Air

Air merupakan komponen yang sangat penting dalam proses reaksi Ikatan bahan yang digunakan dalam produksi bata. Agar batu bata mudah dicetak maka perlu dimiliki Jumlah kelembapan yang ditambahkan tentu saja tergantung pada jenis batu bata diproduksi. Biasanya saat membuat batu bata tanah liat, ditambahkan Kadar air dinyatakan dengan tidak adanya tanah liat di telapak tangan Anda. Selain itu, pemeriksaan juga perlu dilakukan yaitu Pertama visualisasikan air yang dibutuhkan Air tawar, warna jernih, tanpa minyak, garam, Tahan terhadap asam dan basa, tidak mengandung banyak limbah, kotoran dan Bahan organik lainnya (Dr. Vladimir, 2015).

Kadar air untuk tanah liat kira-kira 30%.

1. Air harus tidak sadah tidak mengandung garam yang larut di dalam air, seperti garam dapur.

2. Air cukup bersih, tidak mengandung bibit penyakit.

Air adalah bahan yang sangat penting dalam proses reaksi pengikatan material-material yang digunakan untuk pembuatan batu bata. Biasanya dalam pembuatan batu bata lempung, penambahan kadar air ditandai tidak terjadi penempelan tanah lempung pada telapak tangan. Volume air yang digunakan dalam pembentukan bata merah kira-kira 20% dari volume bahan-bahan lainnya. Pekerjaan pelumatan tanah liat dengan air dalam pembentukan bata bisa dilakukan dengan tangan atau kaki (Alwie et al., 2020).

Tabel 2.6: Penelitian Terdahulu Air

No	Judul	Hasil
1.	Perbandingan bata tradisional di deli serdang dengan bata tanpa bakar menggunakan abu sekam padi (Alwie et al., 2020).	Penyerapan air rata-rata bata tekan tanpa bakar adalah 0,1297% sedangkan bata tradisional dengan pembakaran adalah 0,24665%.
2.	Analisis Pengolahan dan Sifat Batu Bata (Dr. Vladimir, 2015)	Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam batu bata dengan berat kering batu bata, dinyatakan dalam persentase.

2.3.4 Kapur

Kapur merupakan komponen bahan spesi/mortar yang diperoleh dari pembakaran batu kapur pada suhu tertentu kemudian dipadamkan dengan air. Kapur (CaCO_3) pada spesi/mortas berfungsi sebagai bahan pengikat yang berwarna putih (Sukobar et al., 2014).

Pembentukan batu kapur di alam sebagian besar terjadi secara organik, dimana unsur karbonat pada organisme laut seperti kerang-kerangan dan tiram di degradasikan menjadi unsur yang lebih kecil lagi oleh mikroorganisme mikroskopik seperti foraminifera membentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat yang secara terus menerus akan mengendap dan mengeras membentuk pegunungan

kapur. Batu kapur dapat berwarna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam tergantung dari mineral pengotornya (Fauzan, 2023).

Batuan kapur (limestone) termasuk batuan sedimen. Batuan kapur ini pada dasarnya berasal dari sisa-sisa organisme laut seperti kerang, siput laut, radiolarit, tumbuhan/binatang karang, dsb yang telah mati. Batuan ini berwarna putih, kelabu yang terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3) mencapai 95%, selain kalsium karbonat limestone juga mengandung silica, alumina, dan magnesit serta beberapa senyawa lainnya namun dalam jumlah yang lebih kecil (Irwansyah, Faiz Isma, 2018).

Tabel 2.7: Penelitian Terdahulu Kapur

No	Judul	Hasil
1.	Pengaruh penggunaan kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap berat volume, kuat tekan dan penyerapan air pada beton ringan seluler berbahan dasar bottom ash (Ningrum & S., 2018).	Penggunaan persentase kapur sebesar 9% dapat menghasilkan berat volume sebesar $1,080 \text{ gr/cm}^3$, kuat tekan sebesar 3,53 MPa, dan kadar serap air sebesar 25%.
2.	Perbaikan karakteristik batu bata lempung dengan penambahan abu terbang (Muhardi et al., 2009).	Kuat tekan yang dihasilkan dari pemakaian abu terbang 40% pada umur 7, 14 hari sebesar 34,98 MPa. Sedangkan umur 28 hari sebesar 41,97 MPa.

2.3.5 Pasir

Dalam pembuatan batu bata bakar biasanya digunakan tanah lempung yang mengandung pasir yang disebut juga tanah lempung berpasir atau didatangkan dari tempat lain. Keberadaan pasir sangat dibutuhkan sebagai material tambahan untuk mengurangi keplastisan tanah lempung dan penyusutan batu bata. namun biasanya kadar pasir halus dapat menyebabkan batu bata yang di bakar akan retak atau pecah (Shalahuddin, 2010).

Pasir merupakan suatu partikel-partikel yang lebih kecil dari kerikil dan lebih besar dari butiran lempung yang berukuran antara 5 – 0.074 mm yang bersifat tidak plastis dan tidak kohesif. Pasir (agregat halus), sebagai bahan pengeras dalam spesi/mortas merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah, dan pantai harus memenuhi standar dimana kekerasan, ketajaman, gradasi, dan kebersihan terhadap lumpur maupun kebersihan terhadap bahan kimia harus memenuhi standart nasional Indonesia (Sukobar et al., 2014).

Tabel 2.8: Penelitian Terdahulu Pasir

No	Judul	Hasil
1.	Pengaruh campuran pasir terhadap batu bata merah (Daniswara & Walujodjati, 2022).	Persentase kuat tekan batu bata yang dicampur pasir memiliki kuat tekan maksimum lebih dari 1500 kg atau 150 kN.
2.	Pengaruh penambahan pasir pada endapan lumpur danau limboto sebagai pembuatan batu bata (Ichsan, 2018).	Kuat tekan batu bata dengan kadar pasir 2% sebesar 48,78 MPa, kadar pasir 5% sebesar 48,11 MPa, kadar pasir 7% sebesar 48,74 MPa, kadar pasir 10% sebesar 48,52 MPa, kadar pasir 15% sebesar 47,84 MPa.

2.4 Konduktivitas Panas Bata

Konduksi adalah perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang lain karena terjadi persinggungan fisik atau menempel tanpa terjadinya perpindahan molekul-molekul dari benda padat itu sendiri. Konduktivitas panas suatu bahan adalah ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas (termal). Maka persamaannya adalah:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \Delta x}{\Delta T \cdot A} \quad (2.4)$$

λ = Konduktivitas termal (W/m°C)

Q = Laju aliran panas (W)

Δx = Ketebalan material (m)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

A = Luas penampang (m²)

Nilai konduktivitas panas suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas panas kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas panas suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang nilai konduktivitas nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila nilai konduktivitas nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator (Garnier et al., 2005).

Pengujian menggunakan alat uji insolation house dimana dinding samping yang dapat diganti digunakan untuk menentukan koefisien transisi panas

(nilai konduktivitas) dari berbagai dinding dan jendela dan untuk menetapkan konduktivitas panas dari berbagai bahan. Untuk tujuan ini suhu di bagian dalam dan luar dinding diukur pada suhu udara dalam dan luar yang konstan (dalam kondisi tunak) (Bustomi & Ghofur, 2021).

Pengujian menggunakan metode Guarded Hot Plate (GHP), dalam ASTM C177 peralatan Guarded Hot Plate digunakan untuk mengukur aliran panas dalam kondisi konstan melalui material dengan konduktivitas panas rendah (isolator). Metode GHP dapat diterapkan pada berbagai macam spesimen, mulai dari bahan padat buram hingga bahan berpori atau transparan, dan dalam berbagai kondisi lingkungan mulai dari suhu dan tekanan ekstrem hingga berbagai gas.

Pengujian spesimen:

- a. Mempersiapkan alat pengujian konduktivitas panas.
- b. Siapkan 15 sampel bata tanpa bakar yang akan diuji konduktivitas panasnya.
- c. Memasukkan sampel diantara dua pelat panas yang tertanam pada pelindung.
- d. Hidupkan alat konduktivitas termal selama 40 menit pemanasan kemudian ambil data temperatur melalui sampel dalam setiap lima menit.

- e. Pengujian untuk sampel bata tanpa bakar pertama selesai. Ulangi langkah a sampai d untuk semua sampel bata tanpa bakar lainnya.

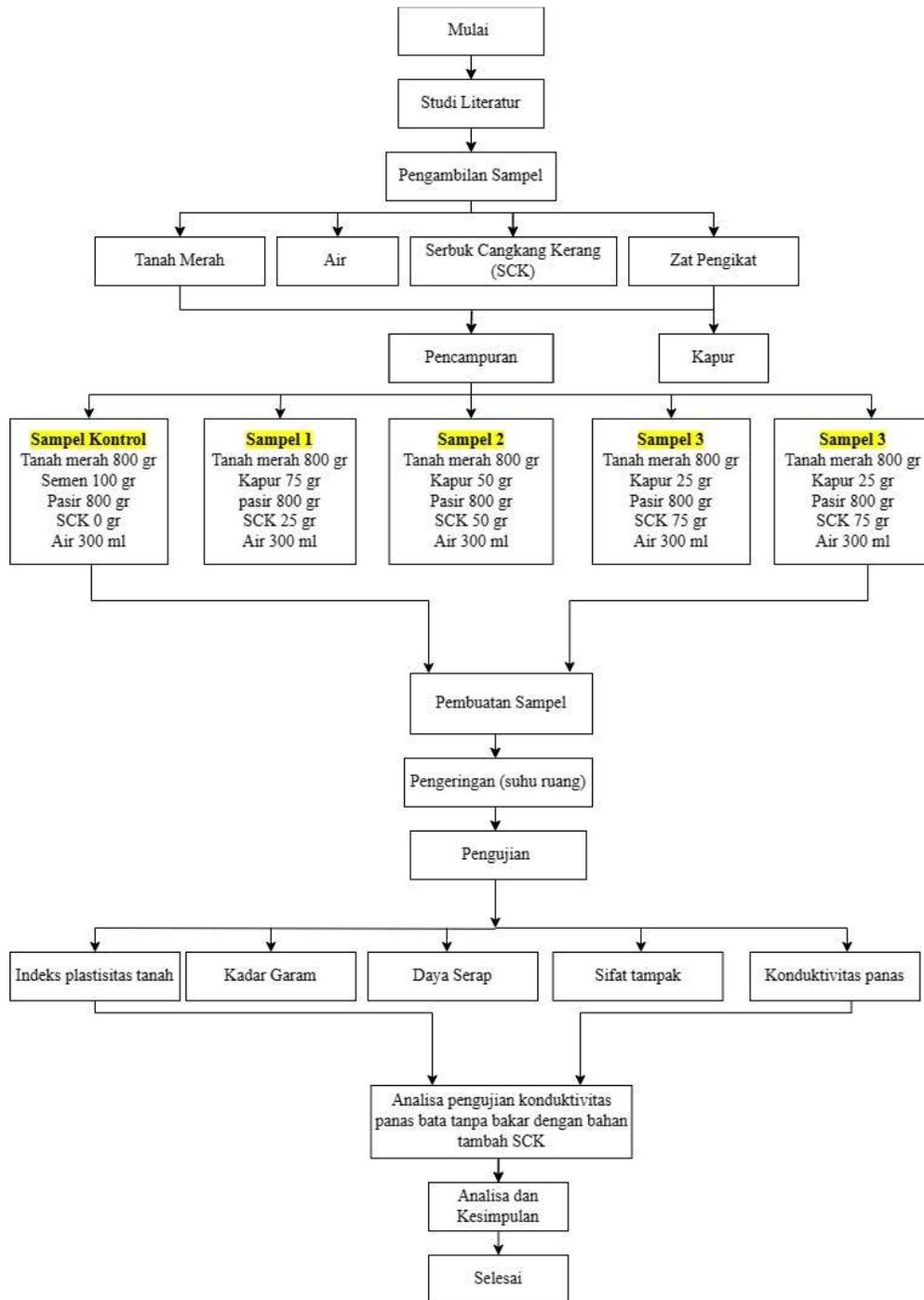
Tabel 2.9: Penelitian Terdahulu Pegujian Konduktivitas Panas

No	Judul	Hasil
1.	Uji konduktivitas termal komposit poliester filler serbuk kayu ulin (Eusideroxylon Zwageri) (Bustomi & Ghofur, 2021).	Konduktivitas temal mengalami penurunan dengan bertambahnya volume serbuk kayu ulin dengan nilai konduktivitas termal paling kecil sebesar 0,041 W/m°C.
2.	Analisis konduktivitas termal bata ringan berdasarkan variasi komposisi dengan campuran ekstraksi lumpur lapindo (Sulaiman, 2018).	Konduktivitas termal dari penambahan silika hasil ekstraksi dari lumpur lapindo bernilai 1,31 W/m.K.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan dan pengujian konduktivitas panas dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan. Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu ± 3 (tiga) bulan dimulai dari Desember.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan I		Bulan II		Bulan III	
		1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4
1	Persiapan bahan						
2	Pemeriksaan bahan						
3	Perencanaan mix design						
4	Pembuatan benda uji						
5	Perawatan benda uji						
6	Pemeriksaan penyerapan air, berat jenis, sifat tampak, kadar garam						
7	Pemeriksaan Konduktivitas Panas						

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Tahapan awal melakukan penelitian untuk pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran bata merah. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

3.3.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a) Indeks plastisitas tanah liat
- b) Kadar garam
- c) Daya serap
- d) Sifat tampak
- e) Konduktivitas panas

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik bata (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-15-2094- 2000, serta buku-buku atau literature sebagai penunjang untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.4 Bahan yang Digunakan

1) Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang bersumber dari PDAM Tirtanadi yang ada di Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Air digunakan dalam proses pembuatan bata agar terjadinya proses kimiawi dengan semen yang menyebabkan adanya pengikatan dan berlangsungnya pengerasan pada bata.

2) Tanah merah

Tanah merupakan bahan utama dalam pembuatan BT3B ini, Tanah liat diambil dari satu titik agar mendapatkan indeks plastisitas yang sama pula. Tanah yang digunakan adalah tanah yang di ambil di Kecamatan Patumbak, Kab. Deli Serdang, Desa Sidourip. Tanah liat yang akan digunakan memiliki indeks plastisitas kurang lebih sebesar 25%-30%, Tanah di haluskan dengan cara di tumbuk sehingga lolos saringan 100.

3) Cangkang Kerang

Pada penelitian ini menggunakan limbah cangkang kerang darah yang dihaluskan menjadi tepung dan lolos saringan No 4 sebagai bahan campuran pada batu bata.

Cangkang kerang di dikumpulkan berasal dari warung yang mejual makanan seafood yang ada di Medan. Dan cangkang kerang yang di gunakan adalah limbah sampah yang sudah di buang oleh penjual warung seafood tersebut dan hanya bisa di ambil ketika warung tersebut sudah menutup jualan nya dengan cara para Pekerja di warung tersebut memisahkan sampah kulit kerang dengan sampah makanan lainnya untuk kemudian dikumpulkan setelah restoran tutup. Lalu Setelah itu di lanjutkan dengan proses menjemur untuk menghilangkan kadar airnya, kulit kerang kemudian ditumbuk secara manual menggunakan alat tumbuk baja sampai lolos saringan No.4.

4) Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian yaitu pasir yang berasal dari Kota Binjai, dimana pasir ini berasal dari pasir sungai dan pasir ini tidak mengandung lumpur. Pasir ini juga tidak mengandung banyak bahan organik dan pasir yang di gunakan dalam penelitian ini telah lolos pada saringan no.100.

5) Kapur (Calcium Hydroxide/ Hydrated Lime)

Kapur adalah bahan yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan bata. Penelitian ini menggunakan kapur dengan merek Unicarb dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Spesifikasi Kandungan Kapur

Spesifikasi kapur	kadar
Substance insoluble in acetic acid	<0.3 %
Substance insoluble in hydrochloric acid	<0.3 %
Chloride (Cl)	<0.02 %
Fluoride (F)	<0.005 %
Sulphate (SO ₄)	<0.05 %

Tabel 3.2 Lanjutan

Spesifikasi kapur	Kadar
Heavy Metals (as Pb)	<0.002 %
As (Arsenic)	<0.0003%
Ba (Barium)	Passes test
Fe (Iron)	<0.002 %
Hg (Mercury)	<0.00005 %
Pb (Lead)	<0.0003 %
Magnesium and alkali metals	<0.02 %
Appearance	White Powder
Residue on a 45 µm sieve (ISO 787/7)	0.5%
Top Cut (d97)	10 µm
Particies < 5 µm	40%
Brightness (Ry, C/2. DIN 53163)	93%
Moisture, ex works (ISO 787/2)	0.5%
Bulk density	0.5 gm/cc
Ca (OH) ₂	93.66%
CaO	70%
pH	13

3.5 Alat yang Digunakan

Alat alat yang diperlukan dalam penelitian “Sifat Fisik BT3B Dengan SCK” adalah:

1. Cangkul/Sekop

Cangkul digunakan untuk mengambil tanah di tempat pengambilan tanah dan untuk mengancurkan bongkahan tanah.

2. Ember

Ember digunakan sebagai wadah penyimpanan bahan bahan yang sudah dihaluskan.

3. Cetakan Bata

Alat ini berfungsi untuk mencetak batu bata agar batu bata yang dicetak sesuai standar yang telah ditentukan dan bata yang dihasilkan memiliki ukuran yang sama.

4. Pengaduk

Pengaduk digunakan sebagai alat pengaduk bahan baku menjadi satu atau menjadi adonan.

5. Palu / Besi

Palu atau besi digunakan sebagai alat untuk penghancur tanah hingga lolos saringan 16 dan SCK menjadi halus sampai lolos saringan 40.

6. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi sebagai alat untuk menimbang bahan bahan yang akan digunakan.

7. Cawan Besi

Alat ini digunakan sebagai wadah saat menghancurkan tanah dan cangkang kerang dengan palu.

8. Mesin Hidrolik Press Bata

Mesin hidrolik press bata digunakan untuk menegepres adonan bata yang berada di cetakan agar bata yang dihasilkan padat.

9. Saringan/Ayakan

Saringan atau ayakan digunakan untuk menyaring atau menentukan agregat SCK, tanah merah.

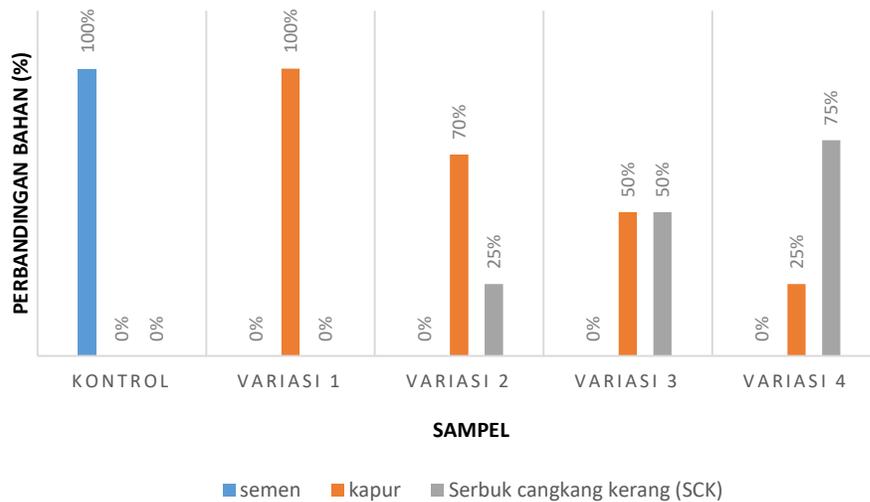
3.6 Tahap Pembuatan Sampel

Tujuan dari tahapan ini dari penelitian secara keseluruhan yaitu benda uji (batu bata). Dengan tanah liat atau lempung dan bahan campuran tersebut.

Ada pun prosedur pelaksanaan pembuatan:

1. Persiapan bahan campuran yang direncanakan pada wadah yang terpisah.
2. Persiapan tempat/lahan yang cukup menampung volume bahan rencana.
3. Memasukan tanah kedalam wadah.

4. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pecampuran.
5. Kemudian dilumatkan dengan cara diaduk.
6. Lakukan percetakan menggunakan cetakan dari kayu papan.
7. Keluarkan dari cetakan ke tempat yang sudah disediakan untuk proses pengeringan batu bata memanfaatkan cahaya matahari. Pejemuran batu bata menggunakan dua sisi miring.
8. Penataan susunan batu bata kering yang telah selesai dijemur.



Gambar 3.2 Perbandingan bahan pembuatan bata

Tabel 3.3 Komposisi Campuran Benda Uji

No	Zat pengikat		Tanah Merah	Pasir	SCK	Air	Ket
	Semen	Kapur					
1.	100gr	-	800gr	800gr	-	300 ml	Control
2.	-	100gr	800gr	800gr	-	300 ml	Variasi 1
3.	-	75gr	800gr	800gr	25gr	300 ml	Variasi 2
4.	-	50gr	800gr	800gr	50gr	300 ml	Variasi 3
5.	-	25gr	800gr	800gr	75gr	300 ml	Variasi 4

Jumlah sampel tiap variasi: 9 buah

- Penyerapan air : 2 buah
- Sifat tampak : 2 buah
- Kadar garam : 2 buah
- Konduktivitas panas : 3 buah

3.7 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan Bahan Sebagian besar volume batu bata merah terdiri dari agregat halus. Sifat dan jenis agregat sangat mempengaruhi mutu batu bata merah tersebut antara lain sifat pengerjaannya, kekuatannya, keawetannya. Oleh karena itu sebelum digunakan agregat tersebut harus diuji terlebih dahulu. Material tanah lempung yang digunakan berasal tanah asli di Desa sidourip Lubuk Pakam. Untuk air yang dipergunakan adalah air PDAM.

3.8 Tahap Pengambilan dan Pengelolaan Data Sampel

Proses pengambilan dan pengolahan data sampel dapat dilakukan dalam beberapa tahapan diantaranya:

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan dengan mempersiapkan berbagai alat dan bahan yang akan digunakan. Setiap bahan diletakkan pada wadahnya masing-masing sehingga tidak tercampur dengan bahan lainnya. Dan setiap alat harus bersih agar ketika pencampuran bahan tidak tercampur dengan bahan lain nya yang bukan termasuk bahan yang akan di gunakan, Pemisahan bahan ini bertujuan agar mempertahankan kualitas bahan sebelum dilakukan pencampuran. Bahan-bahan yang kering diletakkan di tempat yang kering, alat-alat yang masih basah harus dikeringkan terlebih dahulu sebelum digunakan agar tidak mempengaruhi komposisi campuran bahan.

2. Tahap penimbangan massa bahan

Bahan-bahan yang telah disiapkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat yang sesuai dengan komposisi bahan yang diinginkan. Pada penelitian ini bahan yang ditimbang meliputi tanah merah,

pasir, semen, kapur, dan SCK. Lalu, untuk massa air menggunakan gelas ukur sebagai acuan massa yang digunakan.

3. Tahap pembuatan sampel

- a. Diawali dengan menyiapkan bahan campuran yang sudah di siapkan dan yang sudah di sesuaikan pada takaran yang di tentukan di wadah yang terpisah.
- b. Menyiapkan pan yang cukup luas untuk menampung volume bahan rencana.
- c. Campuran bahan dimasukkan ke dalam pan lalu dilakukan proses pencampuran seluruh bahan hingga tercampur dengan merata.
- d. Menimbang adonan hasil pencampuran, kemudian adonan yang telah ditimbang dipisahkan ke wadah bersih lain.
- e. Adonan yang sudah ditimbang dan disisihkan kemudian dimasukkan kedalam alat cetak bata dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 6 cm.
- f. Adonan yang sudah dimasukkan di dalam cetakan kemudian dipress menggunakan mesin press hidrolik hingga tekanan 5 MPa.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara mencampurkan bahan ke dalam pan lalu aduk seluruh bahan hingga tercampur merata dan ditambah air hingga mencapai kadar air optimum. Selanjutnya menimbang campuran, lalu masukkan ke dalam cetakan bata dengan ukuran 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 6 cm. Campuran yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan dipress menggunakan mesin press hidrolik hingga tekanan 5 MPa. Keluarkan sampel hasil press dari cetakan lalu keringkan dengan suhu ruang selama 28 hari.

3.9 Tahap Pengujian Sampel

Bata Tanah Tekan Tanpa Bakar (BT3B) menjadi hal yang sangat paling diperhatikan baik pada segi arsitektur ataupun struktur yang tahan lama di dalam konstruksi. Pada bangunan. kondisi ini harus di pertahankan agar bangunan berdiri dengan sempurna, akan tetapi sesekali juga harus memerlukan perhatian apabila batu bata di bangunan mengalami merembes

atau lembab dan bejamur itu akan mengakibatkan tidak memiliki nilai jual terhadap bangunan tersebut.

Kekuatan BT3B akan berkurang, menurut SNI 15-2094-2000 perawatan batu bata merah yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1. Uji serap air

Pengujian ini dilakukan dengan cara BT3B diambil dengan cara diacak dalam keadaan kering kemudian di rendam air sampai semua porinya terisi air. Maka hasil dari penelitian berat air yang terserap batu bata dibandingkan berat bata adalah angka serap air pada batu bata merah.

2. Uji bentuk dan ukuran: Kerataan, Keretakan, Kesikuan, ketajaman

3. Uji bunyi

Dilakukan dengan cara memegang dua bata kemudian memukulkan dengan satu sama lain dengan pukulan tidak terlalu keras. Batu bata yang baik akan mengeluarkan bunyi yang nyaring. Pengujian ini merupakan salah satu parameter kekeringan dari batu bata, tentu saja bunyi akan tidak menyaring apabila batu bata dalam keadaan basah.

4. Uji kadar garam

Air Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam sebagian tubuh bata kedalam air, kemudian air akan terserap bata sampai bagian bata yang tidak di rendam. Selama proses inilah garam-garam yang terkandung bata akan terlarut ke bagian atas yang tidak direndam air. Garam-garam pada bata berupa bercak putih, bata di katakan baik jika bercak putih menutup permukaan batu bata kurang dari 50%. BT3B yang kandungan garam tinggi secara langsung akan sangat berpengaruh pada perletakan bata dengan mortar pengisi, antara bata dan mortar pengisi akan menurunkan kualitas bata.

5. Uji Berat Jenis

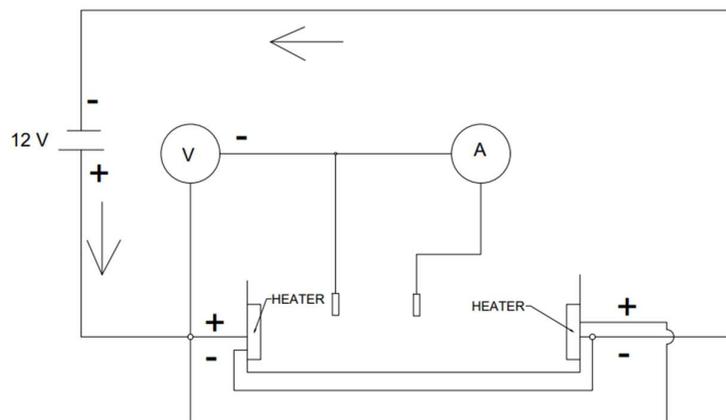
Berupa pengujian berat jenisnya pada bata dengan prinsip penimbangan berat bata dengan berat tertentu (kg) lalu di masukan dalam air yang telah di ketahui volume (ml), hitung selisih air sebelum dimasukan bata dengan setelah dimasukan bata.

6. Uji Konduktivitas Panas Pada Bata

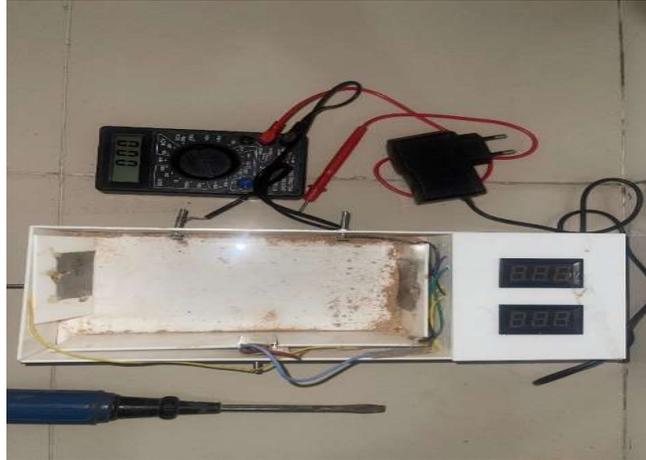
Metode pengujian menggunakan prosedur metode uji ASTM C177.

Langkah-langkah pengujian konduktivitas panas adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan alat pengujian konduktivitas panas.
- Siapkan 15 sampel bata tanpa bakar yang akan diuji konduktivitas panas.
- Memasukkan sampel diantara dua pelat panas yang tertanam pada pelindung.
- Hidupkan alat konduktivitas panas selama 40 menit pemanasan kemudian ambil data temperatur melalui sampel dalam setiap lima menit.
- Pengujian untuk sampel bata tanpa bakar pertama selesai, Ulangi langkah a sampai d untuk semua sampel bata tanpa bakar lainnya.



Gambar 3.3 Skema alat konduktivitas panas



Gambar 3.4 alat Konduktivitas Panas

Cara kerja alat tersebut yaitu dengan menggunakan heater yang berfungsi untuk mengalirkan panas ke bahan uji, kemudian di bagian tengah alat tersebut terdapat plat yang di gunakan untuk mengetahui tegangan dan arus dari hambatan pengaliran panas tersebut untuk mendapatkan hasil dari aliran listrik dari pemanas yang terukur. Batas kemampuan dari alat pengujian ini ± 50 watt menurut perancang alat konduktivitas panas tersebut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Campuran Bata

Dari penelitian ini penulis menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran bata yang diinginkan. Data-data dari percobaan penelitian yang dihasilkan akan dianalisis secara kuantitatif dengan metode statistika. Berikut adalah perencanaan campuran BT3B yang sudah diperoleh seperti pada Tabel 3.3.

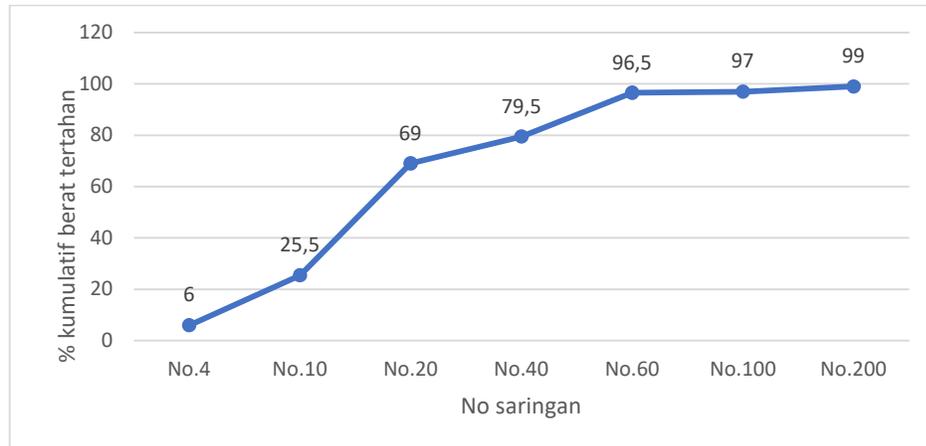
4.2 Pengujian Sifat Fisik Material Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah merah. Menurut SNI 03-4431-1997, tanah merah merupakan bahan utama yang dipakai dalam pembuatan batu bata merah. Tanah merah adalah material dasar dalam pembuatan batu bata jenis bakar. Tanah merah yang diolah tersebut berasal dari pelapukan batu-batuan seperti basal, andasit, granit dan lainnya yang banyak mengandung felspar, felspar merupakan senyawa dari silika- kalsium-aluminium, silikat-natrium-aluminium, silikat-kalsium aluminium.

2.2.1 Pemeriksaan Analisa Butiran Tanah Merah

Tujuan Analisa Butiran Tanah adalah pembagian butiran (gradasi) tanah. Pelaksanaan penentuan gradasi dilakukan pada tanah merah dan galong. Alat yang digunakan adalah seperangkat saringan dengan ukuran jaring-jaring tertentu. Analisa butiran dilakukan dengan cara mengayak dengan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan, dimana lubang – lubang atau diameter dari ayakan tersebut berurutan dan makin kecil. Analisa saringan ini dilakukan pada tanah yang tertahan pada ayakan no. 200.

Dari pemeriksaan di laboratorium, percobaan untuk mengidentifikasi contoh tanah, maka diperoleh data seperti pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Grafik analisa butiran tanah merah

Dari hasil pengujian didapat hasil seperti pada Gambar 4.1, semakin tinggi nomor saringan atau semakin kecil diameter saringan maka semakin tinggi nilai % kumulatif berat tertahannya yaitu sebesar 99%. Klasifikasi tanah menurut SNI tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan Teknik, tanah termasuk berbutir kasar dengan lolos saringan No.200 kurang dari 50% yaitu sebesar 1%.

4.2.1 Kadar Air Tanah Merah

Uji kadar air dimaksudkan untuk memeriksa dan menentukan kadar air dari sampel tanah. Kadar air (w) adalah perbandingan berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah. Kadar air diberi simbol notasi w dan dinyatakan dalam persen (%).

Kadar air tanah berkisar antara 20% - 100% berarti tanah tersebut masih dapat dikatakan normal, tetapi jika kadar air melebihi 100% tanah tersebut dikatakan jenuh air dan jika kurang dari 20 % tanah tersebut dikatakan kering.

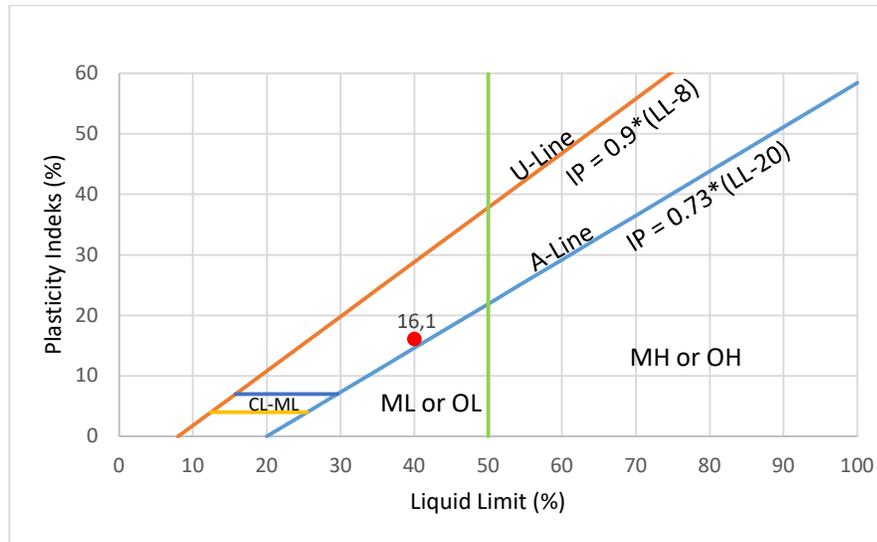
Maka dari hasil kadar air tanah merah rata-rata kadar air 32,8% masih dikatakan normal karena kurang dari 100%.

4.2.2 Indeks Plastisitas

Pengujian Indeks Plastisitas tanah dilakukan untuk menentukan keadaan peralihan antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas Cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji *casagrande*. Kemudian hubungan kadar air dan

jumlah pukulan yang didapatkan dari hasil pengujian menggunakan alat *casagrande* digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan. Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu presentase kadar air dimana tanah yang berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm dalam keadaan mulai retak ketika digulung. Sedangkan Indeks Plastisitas (PI) merupakan selisih antara nilai Batas Cair (LL) dan Batas Plastis (PL). Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan nilai plastisitas tanahnya. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering.

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



Gambar 4.2 Grafik plastisitas tanah merah

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

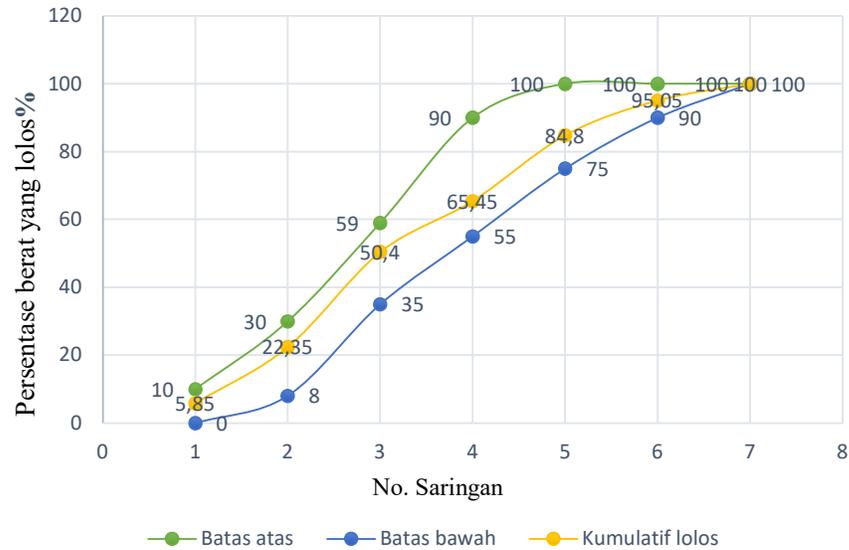
4.3 Pengujian Sifat Fisik Material Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai, secara umum mutu pasir Binjai telah memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

Pasir mempunyai tekstur butiran yang menyerupai pasir sehingga dapat difungsikan sebagai material yang mampu mengurangi resiko terjadinya penyusutan dan retak yang signifikan pada bata dan mencegah supaya bata tidak melengkung setelah kering sehingga kuat tekan bata tersebut bisa meningkat. Pasir merupakan suatu partikel-partikel yang lebih kecil dari kerikil dan lebih besar dari butiran lempung yang berukuran antara 5 – 0.074 mm yang bersifat tidak plastis dan tidak kohesif (Dhialulhaq, 2018).

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan dilakukan berdasarkan (SK SNI S-04-1989-F, 1989), tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 3 dan pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3 Grafik analisa saringan agregat halus

Berdasarkan Gambar 4.3, maka nilai modulus kehalusan (*fineness modulus*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus kehalusan (fineness modulus)} = \frac{276,10}{100} = 2,76\% \quad (4.1)$$

Dari pengujian didapat hasil FM sebesar 2,76%. Nilai ini masih dalam batas yang diizinkan yaitu 1,5 – 3,8% (Menurut SK SNI S-04-1989-F). Agregat tersebut berada di zona 2 (Pasir sedang).

4.3.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

Ada beberapa pengujian untuk yang dilakukan untuk mengetahui kualitas pasir. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah dengan pengujian kadar lumpur dalam pasir dengan cara endapan lumpur. Pengujian harus memenuhi SNI S-04-

1989–F yaitu Kadar lumpur pada agregat normal mengandung agregat halus (pasir) maksimal 5% dan untuk agregat kasar (split) maksimal 1% (Batubara et al., 2022).

Dari hasil uji Kadar Lumpur pada Lampiran 7 didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3, 21%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.3.3 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Dari pengujian kadar air pada Lampiran 8, agregat halus yang menggunakan 2 sampel dengan hasil kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6.52% sehingga nilai rata-rata yang didapat sebesar 5,43%. Hasil tersebut memenuhi standard yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20%.

Jadi, pada agregat ini memenuhi standar dan layak untuk dipakai dalam campuran bata. Sehingga tidak perlu menambah atau mengurangi dari nilai jumlah air yang dibutuhkan.

4.4 Pengujian Daya Serap Bata

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan batu bata dalam menyerap air pada masing-masing variasi persentase serbuk cangkang kerang dengan cara merendam pada suatu wadah yaitu baskom berisi air selama 24 jam. Pada pengujian daya serap menggunakan persamaan 2:2.

Pada penelitian pengujian daya serap bata yang di uji adalah nilai Daya Serap bata dari masing-masing sampel. Adapun dari hasil penelitian dapat dilihat pada gambar dan grafik berikut ini.



Gambar 4.4 Proses pengeringan benda uji

Gambar 4.4 diatas menjelaskan proses pengeringan benda uji menggunakan oven selama 12 jam dengan suhu 199,5-200 °C untuk kemudian masuk ke tahap pengujian selanjutnya.



Gambar 4.5 Proses perendaman benda uji

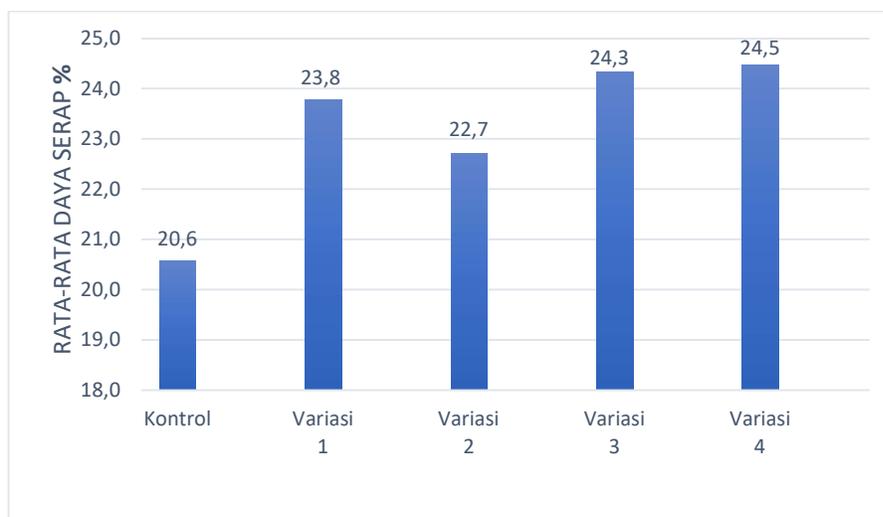
Gambar 4.5 diatas menjelaskan proses perendaman benda uji setelah pengeringan menggunakan oven, perendaman dilakukan diwadah berisi air bersih selama 24 jam dan pastikan benda uji terendam dengan keseluruhan.



Gambar 4.6 Benda uji setelah direndam

Gambar 4.6 menjelaskan proses setelah perendaman selama 24 jam kemudian benda uji di timbang untuk melihat hasil penyerapan air nya.

Pada penelitian pengujian daya serap bata yang di uji adalah nilai Daya Serap bata dari masing-masing sampel. Adapun dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik pengujian daya serap bata

Bata merupakan material yang bersifat higroskopis artinya mudah menyerap air. Bata yang berkualitas tinggi akan memiliki daya serap yang rendah terhadap air dan kelembapan, sebaliknya bata yang berkualitas rendah akan memiliki daya serap yang tinggi terhadap air dan kelembapan. Umumnya bata dianggap baik bila memiliki daya serap air kurang dari 20 % (Dhiaulhaq, 2018).

Dari hasil pengujian daya serap dari masing masing sampel terdiri dari 2 benda uji. Pada Gambar 4.7 memperlihatkan hasil nilai rata-rata kontrol yaitu sebesar 20,6%, Variasi 1 sebesar 23,8%, Variasi 2 sebesar 22,7%, Variasi 3 sebesar 24,3 dan variasi 4 sebesar 24,5%. yaitu bata tersebut tidak standar SNI dimana nilai maksimal penyerapan adalah lebih dari 20%.

Dari total ke-5 sampel benda uji bata kontrol adalah yang paling ringan karena menggunakan bahan pengikat semen. Karena semen dapat lebih mengeras dan padat dibanding kapur atau SCK. Sehingga bata kontrol memiliki sedikit rongga yang dapat menyerap air. Untuk bata variasi, variasi 2-lah yang paling memiliki daya serap paling sedikit dibanding variasi lainnya karena partikel kapur yang berbentuk bulat dapat menyatu dengan partikel yang berbentuk jarum sehingga rongga pada bata lebih kecil dan memungkinkan bata tersebut memiliki daya serap yang lebih sedikit.

4.5 Pengujian Kadar Garam Bata

Pelapukan akibat garam – garam yang larut akan mengakibatkan ikatan yang tidak baik antara bata dengan adukan, juga daya tahan yang rendah bagi tembok bata, sehingga akan membahayakan bagi konstruksi tembok penahan beban maupun yang tidak menahan beban. Disamping itu pelapukan akan mengakibatkan ikatan yang buruk antara plesteran dan tembok dibelakangnya.

Telah diketahui bahwa ikatan tarik antara adukan dan bata adalah rendah, maka untuk mencegah terjadinya kehancuran, pelapukan akibat adanya garam – garam yang larut dalam bata harus dibatasi hanya sampai 5 % untuk setiap permukaan dari bata yaitu berupa suatu lapisan tipis berwarna putih. Karena garam putih bersifat rapuh, sehingga mengakibatkan batu bata terkikis akibat adanya garam – garam tersebut dan tampak jelas pada permukaan bata yang tidak diplester. Gambar 4.8 merupakan benda uji atau bata sebelum dilakukan pengujian kadar garam.



Gambar 4.8 Bata sebelum pengujian kadar garam



Gambar 4.9 Proses pengujian kadar garam



Gambar 4.10 Hasil pengujian kadar garam

Dapat dilihat dari gambar diatas proses pengujian kadar garam BT3B ini sangat sederhana sekali, sehingga pengujiannya pun bisa dilakukan dimana saja tanpa harus di laboratorium. Pengujian ini dilakukan secara visual (penglihatan), sehingga asumsi setiap orang akan berbeda di dalam menentukan jumlah butiran atau kristal yang terdapat pada batu bata tersebut. Dapat dilihat hasil pengujian kadar garam pada Gambar 4.10, pada permukaan bata tidak ditemukan lapisan berwarna putih.

Sesuai dengan standart SNI dalam SNI-10 terdapat beberapa kategori untuk kadar garam yang larut dan membahayakan yaitu,

1. Tidak membahayakan:

Bila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih, karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut.

2. Ada kemungkinan membahayakan:

Bila 50% atau lebih dari permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk atau terlepas.

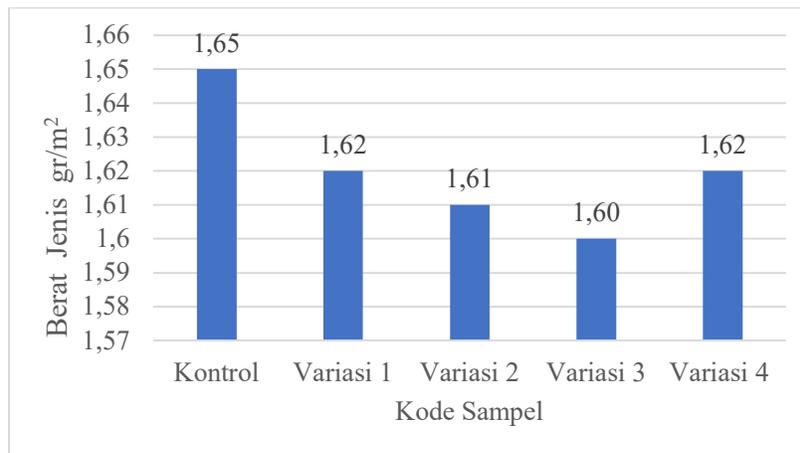
3. Membahayakan:

Bila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai kadar garam batu bata adalah 0% yang berarti tidak membahayakan sesuai dengan standart SNI dalam SNI-10.

4.6 Pengujian Berat Jenis Bata

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui besarnya berat jenis per m² dari bata merah. Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui berapa besar berat jenis per satuan m² pada bata merah. Semakin ringan material penyusun dinding, maka semakin bagus dan dapat digunakan untuk daerah rawan gempa. Dari hasil penelitian berat jenis didapat hasil pada Gambar 4.11 berikut ini:



Gambar 4.11 Grafik pengujian berat jenis bata

Adapun penelitian yang sama mengenai bata yaitu penelitian BT3B dengan campuran limbah ampas tebu dengan rata rata berat jenis nya sebesar 1,40. BT3B dengan penambahan SCK lebih berat dibanding BT3B dengan campuran abu ampas tebu tersebut.

Dari grafik 4.5 diatas rata-rata berat jenis bata adalah 1,62 gr/m². Dari ke 5 sampel benda uji variasi 3 adalah yang paling ringan. Maka dapat disimpulkan bahwa bata control tanpa bakar lebih bagus digunakan karena ringan sebagai material penyusun dinding.

Rata-rata berat jenis setiap bata berbeda beda karena untuk bata kontrol lebih berat karena menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, semen dapat menyerap lebih banyak air dan lebih cepat mengeras sehingga air tidak mengalami penguapan. Sedangkan untuk sampel bata variasi beratnya berbeda beda tetapi masih dalam batas toleransi karena menggunakan bahan pengikat kapur dan SCK

bahan tersebut sedikit lebih lama mengeras sehingga menyebabkan air yang terkandung pada saat penjemuran mengalami penguapan sebagian.

4.7 Sifat Tampak Bata

Hasil penelitian mengenai sifat tampak bata didapat hasil sebagai berikut:



Gambar 4.12 Sifat tampak bata

Dari pengujian sifat tampak pada gambar 4.12 diatas bata dapat disimpulkan bahwa BT3B yang di uji sifat tampaknya ke- 5 sampel bata tanpa bakar tanah merah seluruhnya memiliki sudut yang siku, memiliki suara tidak nyaring bila dipukul dan juga seluruhnya memiliki warna yang seragam dan juga memiliki bidang yang datar. Dari data dan gambar diatas maka dapat dilihat hasilnya bahwa BT3B dari tanah merah memiliki sifat tampak yang sesuai dengan standar SNI, karena semua syarat untuk sifat tampak bata sudah terpenuhi.

4.8 Konduktivitas Panas Bata

Pengujian konduktivitas panas merupakan pengujian untuk mengukur kemampuan material dalam menghantarkan panas. Material yang memiliki konduktivitas rendah mempunyai daya isolator yang baik. Sebaliknya material yang mempunyai nilai konduktivitas tinggi merupakan material penghantar panas yang baik.

Untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas dari sampel BT3B, pada penelitian ini diukur beberapa parameter seperti yang ada pada tabel dalam lampiran 12. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas dari sampel BT3B.

Diketahui:

Tegangan keluar : 1,2 V
Arus : $1\mu\text{A} = 0,0000001 \text{ A}$
t : 5 menit
 Δx : 0,1 m
T1 : 28,3°C
T2 : 28,2°C
 ΔT : $T1 - T2 = 28,3 - 28,2 = -0,1^\circ\text{C}$
A : $0,012 \text{ m}^2$

1. Untuk langkah awal kita harus mengetahui nilai laju aliran panas ($Q = \text{tegangan keluar} \times \text{ arus}$) untuk tiap-tiap sampel seperti ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

$$Q = \text{tegangan keluar} \times \text{ arus} = 1,2 \times 0,0000001 = 0,00000012 \text{ W}$$

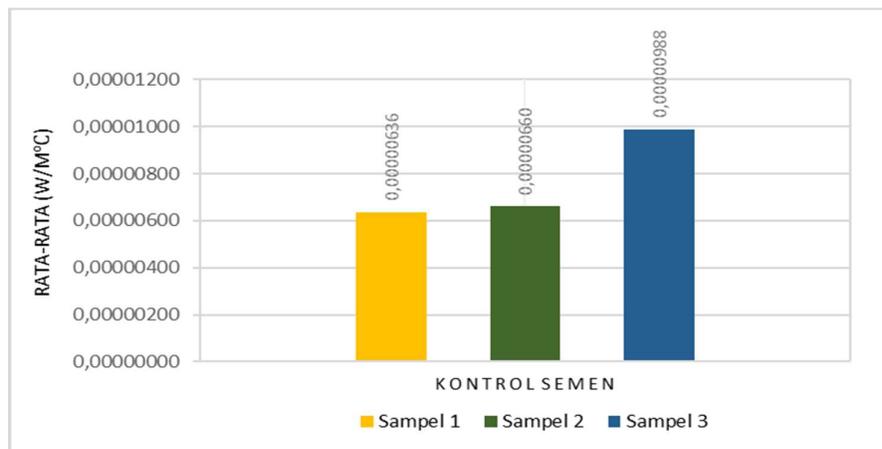
2. Pada langkah kedua menghitung nilai konduktivitas panas dari masing-masing sampel dengan cara ditunjukkan dibawah ini:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \Delta x}{\Delta T \cdot A}$$

$$\lambda = \frac{0,00000012 \times 0,1}{-0,1 \times 0,012} = -0,00001000 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

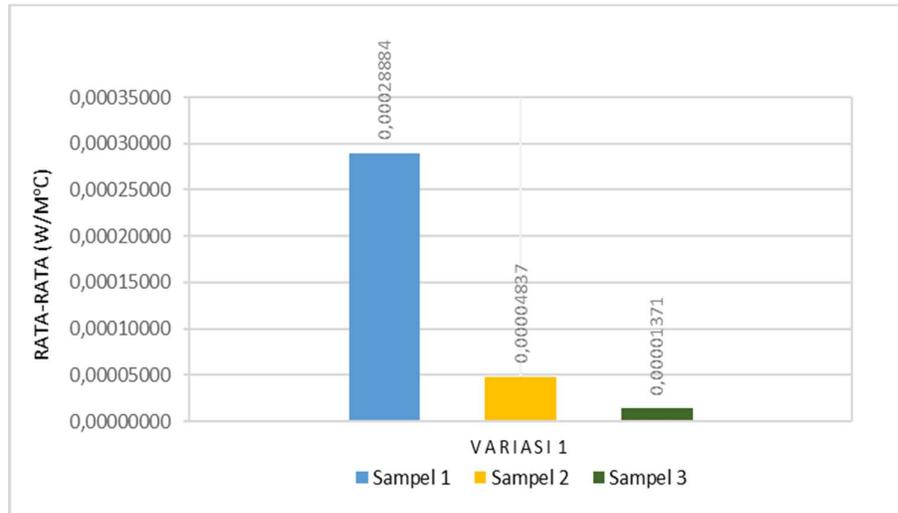
Perhitungan diatas dilakukan untuk semua sampel.

Dengan menggunakan metode Guarded Hot Plate (GHP). Di dalam penelitian ini menggunakan 3 sampel di setiap variasi nya dan berikut grafik hasil dari pengujian di setiap variasinya, dapat di lihat pada grafik 4.12 – 4.16 di bawah ini:



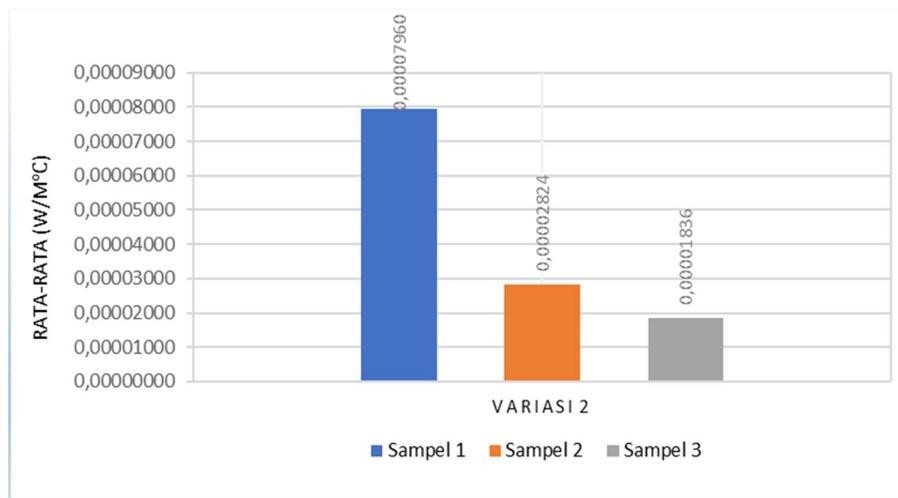
Gambar 4.13 Grafik uji konduktivitas panas variasi kontrol semen

Pada gambar 4.13 menjelaskan bahwa di dalam variasi kontrol semen 100% mengalami kenaikan yaitu sampel 3 (0,000000988 W/m°C) adalah yang paling tertinggi dalam menghantarkan panas dan sampel 1 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas yaitu (0,000000636 W/m°C).



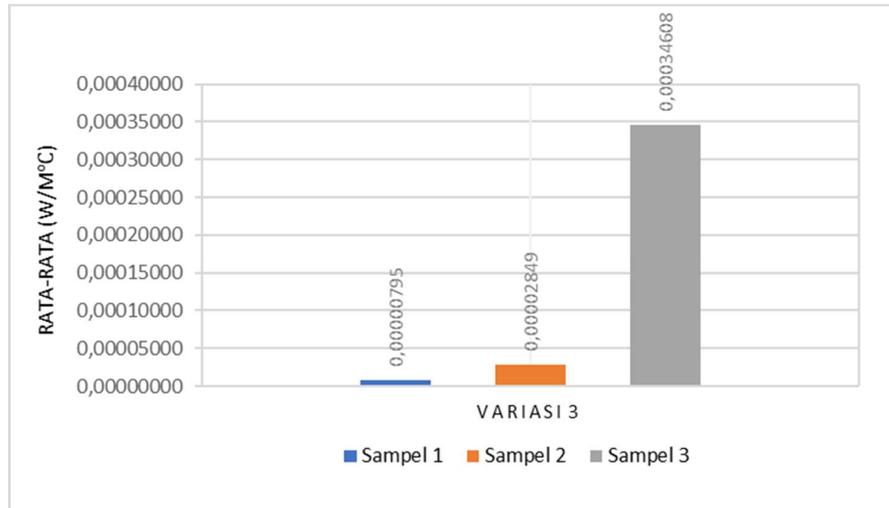
Gambar 4.14 Grafik uji konduktivitas panas variasi 1

Dilihat pada gambar 4.14 hasil dari variasi 1 mengalami penurunan dengan campuran kapur 100% yang paling tertinggi dalam menghantarkan panas adalah sampel 1 yaitu 0,00028884 dan yang terendah dalam menghantarkan panas adalah sampel 3 yaitu 0,0001371.



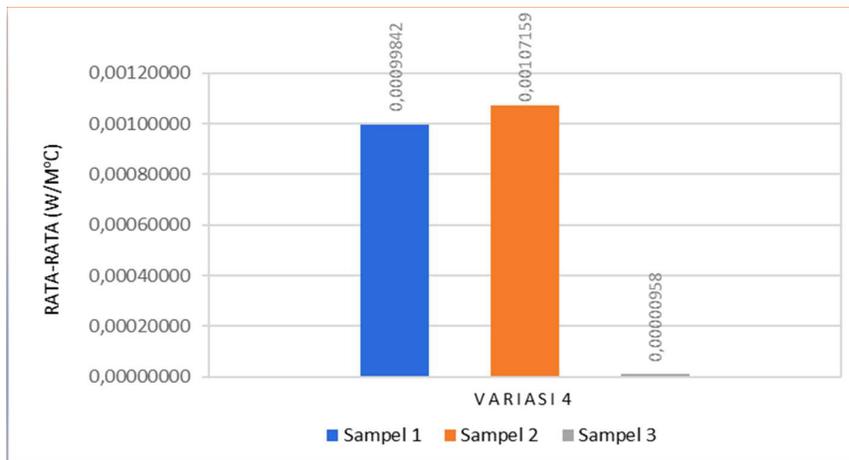
Gambar 4.15 Grafik uji konduktivitas panas variasi 2

Berikutnya pada gambar 4.15 variasi 2 mengalami penurunan dengan campuran kapur 75 % dan SCK 25% sampel 1 adalah yang paling tertinggi dalam menghantarkan panas dan sampel 3 yaitu 0,00001836 adalah yang terendah dalam menghantarkan panas.



Gambar 4.16 Grafik uji konduktivitas panas variasi 3

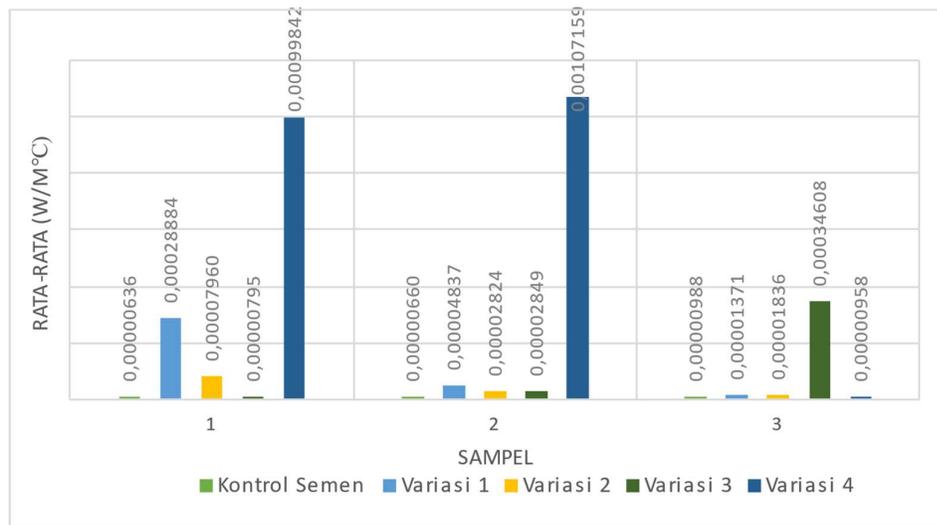
Sedangkan pada gambar 4.16 hasil yang di dapatkan dari pengujian variasi 3 mengalami kenaikan dengan campuran kapur 50% dan SCK 50% variasi 3 yang tertinggi dalam menghantarkan panas yaitu 0,00034608 dan yang terendah dalam menghantarkan panas adalah sampel 1 yaitu 0,00000795.



Gambar 4.17 Grafik uji konduktivitas panas variasi 4

Pada gambar 4.17 variasi 4 mengalami penurunan drastis dengan campuran kapur 25% dan SCK 75% menghasilkan 2 sampel yang menghasilkan nilai yang tinggi dalam menghantarkan panas yaitu sampel 1 yaitu 0,00099842 dan sampel 2 yaitu 0,00107159 dan yang terendah yaitu 0,00000958, penurunan sampel 3 tersebut di sebabkan adanya kesalahan di dalam mencampurkan mix desain.

Dan adapun diperoleh hasil data perbandingan 15 sampel penelitian konduktivitas panas yang dapat dilihat pada grafik 4.18 dibawah ini:



Gambar 4.18 Grafik perbandingan konduktivitas panas uji

Hasil analisis perbandingan nilai konduktivitas panas yang dilakukan totalnya 15 sampel dari 4 variasi yang digambarkan dalam grafik batang. Berdasarkan data penelitian konduktivitas panas. nilai konduktivitas panas mengalami penurunan pada variasi 1 dan variasi 2 itu menunjukkan bahwa variasi 1 dan 2 kurang menghantarkan panas atau merupakan isolator, sedangkan untuk variasi 3 sampel 1 dan 2 mengalami kenaikan nilai konduktivitas panas yang berarti itu menjadi penghantar panas yang baik. Tetapi berbeda dengan variasi 4 yang awalnya naik dan akhirnya menurun drastis, hal tersebut disebabkan oleh adanya kesalahan pada saat melakukan mix desain pada variasi 4 sampel 3 sehingga mengalami penurunan konduktivitas panas yang sangat drastis membuatnya menjadi kurang menghantarkan panas.

Berdasarkan dari grafik nilai konduktivitas panas mengalami kenaikan ketika adanya penambahan volume SCK, semakin tinggi volume komposisi SCK semakin tinggi pula nilai konduktivitas panasnya. Pada gambar 4.18 dan lampiran 12 nilai minimum konduktivitas panas pada BT3B adalah $0.000000795 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ pada variasi 3 sampel 1 dengan penambahan 50% SCK, sehingga dapat digunakan sebagai bahan dengan konduktivitas panas rendah. Apabila dibandingkan dengan penelitian (Morsy et al., 2022) nilai konduktivitas panas penelitian Morsy lebih tinggi dengan nilai konduktivitas panas sebesar $0,46 \text{ W/mK}$.

Penggunaan SCK merupakan bahan non logam yang merupakan jenis material yang bersifat isolator atau penghambat panas sehingga memiliki nilai konduktivitas panas yang kecil. Distribusi SCK mempengaruhi laju aliran panas suatu material, jika distribusi SCK tidak merata mengakibatkan laju aliran panas ikut tidak merata sehingga pada sisi yang kurang terdistribusi oleh SCK akan punya nilai konduktivitas yang lebih besar.

Salah satu faktor yang mempengaruhi konduktivitas panas suatu material adalah porositas dan kepadatan material tersebut. Apabila pori-pori bahan semakin banyak maka konduktivitas panasnya makin kecil. Penggunaan SCK yang punya karakteristik halus tentunya akan menimbulkan sedikit porositas. Nilai kekasaran suatu material juga mempengaruhi nilai konduktivitas panas suatu material. Dimana semakin besar nilai kekasaran suatu material maka konduktivitas panasnya akan semakin kecil dikarenakan panas akan diserap maksimal pada semua bagian luasan material. Penambahan SCK pada pembuatan bata meningkatkan nilai konduktivitas panas seiring dengan penambahan limbah SCK itu sendiri.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dengan bahan tambah serbuk cangkang kerang didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil yang di dapatkan yaitu di variasi 2 dengan penggunaan SCK 25% membuat nilai konduktivitas panas menurun, sementara itu penambahan SCK di variasi 4 dengan penggunaan 75% membuat nilai konduktivitas panas menjadi lebih meningkat. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah penggunaan limbah SCK sebagai bahan campuran untuk pembuatan BT3B maka semakin meningkat nilai konduktivitas panas nya.
2. Penggunaan SCK 50% menghasilkan nilai konduktivitas panas sebesar $0.00000795 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, dimana nilai tersebut lebih rendah apabila bila dibandingkan dengan nilai konduktivitas panas pada ASTM C67 yaitu sebesar $0,6-1,0 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

5.2 Saran

1. Penulis mengajurkan jika ingin memakai serbuk cangkang kerang agar memperhatikan persentase bahan tambahan campuran karena mempengaruhi konduktivitas panas pada bata nya dan juga kekuatan bata terutama kuat tekan bata.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk konduktivitas panas pada batu bata tanpa bakar terhadap serbuk cangkang kerang dengan bahan pengikat dan limbah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Bustomi, F., & Ghofur, A. (2021). Uji Konduktivitas Termal Komposit Poliester Filler Serbuk Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri). *Jtam Rotary*, 3(2), 233–244.
- Daniswara, & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi*, 20(1), 95–102.
- Dr. Vladimir, V. F. (2015). Analisis Pengolahan dan Sifat Batu Bata. *Gastronomia Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- Elsa, D. A., Setiawan, A. A., & Subagyo, G. W. (2019). Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Campuran Beton. *Jurnal Rancang Bangun*, 07(02), 55–61.
- Fauzan, A. (2023). Analisis kuat tekan beton dengan bahan tambah tetes tebu (molasse) dan kapur alam. 09, 68–74.
- Fauziah, N., Risdianto, Y., & Imaduddin, M. (2019). Studi Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah pada Pembuatan Beton Ringan Seluler dengan Foam Agent pada Aplikasi Dinding. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1–8.
- Garnier, V., Fantozzi, G., Nguyen, D., Dubois, J., & Thollet, G. (2005). Influence of SiC whisker morphology and nature of SiC/Al₂O₃ interface on thermomechanical properties of SiC reinforced Al₂O₃ composites. *Journal of the European Ceramic Society*, 25(15), 3485–3493.
- Ichsan, I. (2018). Pengaruh Penambahan Pasir Pada Endapan Lumpur Danau Limboto Sebagai Pembuatan Batu Bata. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(2), 8.
- Irwansyah, Faiz Isma, M. P. (2018). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran

Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam. *Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam*, 4(2), 8–12.

Jananda, M. F., & Sofianto, M. F. (2018). Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar Bottom Ash. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 1–8.

Morsy, M. I., Alakeel, K. A., Ahmed, A. E., Abbas, A. M., Omara, A. I., Abdelsalam, N. R., & Emaish, H. H. (2022). Recycling rice straw ash to produce low thermal conductivity and moisture-resistant geopolymer adobe bricks. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3759–3771.

Mudjiono, S. (n.d.). *Slamet Mudjiono*.

Muhardi, Suryanita, R., & Alsaidi. (2009). Perbaikan Karakteristik Batu Bata Lempung Dengan Penambahan Abu Terbang. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau*, 7(2), 165–179.

Ningrum, D. K., & S., M. F. (2018). Pengaruh penggunaan kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap berat volume, kuat tekan dan penyerapan air pada bata beton ringan seluler berbahan dasar. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(C1c), 1–8.

Pendidikan, J., & Bangunan, T. (2018). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah. *Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Dari Limbah Industri Pertanian Dan Material Alam*, 4(2), 8–12.

Prayuda, H., Setyawan, E. A., & Saleh, F. (2018). ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIK BATU BATA MERAH DI YOGYAKARTA (Analysis Physical and mechanical attributes of masonry in Yogyakarta). *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(2), 94. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v1i2.20658>

Shalahuddin, M. (2010). *Material Pembentuk Batu bata 1. Tanah lempung*. 1(2), 34–46.

SK SNI S-04-1989-F. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan. *Departemen Pekerja*

Umum.

- Sudarsana, I., Made Budiwati, I., & Angga Wijaya, Y. (2011). Karakteristik Batu Bata Tanpa Pembakaran Terbuat Dari Abu Sekam Padi Dan Serbuk Batu Tabas. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 93–101.
- Sukobar, S., Kuntjoro, K., Kusumastuti, K., & Sungkono, S. (2014). Kesetaraan Kuat Tekan Batu Bata (Press) Asal Bangsal Mojosari Kabupaten Mojokerto Terhadap Kuat Tekan Spesi Campuran Semen, Kapur, dan Pasir untuk Pasangan Bata. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 12(2), 13.
- Sulaiman, D. (2018). *Analisis Konduktivitas Termal Bata Ringan Berdasarkan Variasi Komposisi Dengan Campuran Ekstraksi Lumpur Lapindo*. 13–14.
- Tahta Dinata, M., & Adha, I. (2013). *Studi Pengaruh Lama Waktu Proses Pembakaran terhadap Kuat Tekan Batu Bata Setelah Penambahanbahan Additive Iss 2500 (Ionic Soil Stabilizer)*. 1(1), 1–12.
- Tarigan, P. K. (2020). *Pembuatan Batu Bata dengan Campuran Limbah Kulit Tebu (Saccharum Officinarum) dan Tanah Liat*. 1–79.
- Witjaksana, B., Sarya, G., & Widhiarto, H. (2016). Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar Dengan Campuran Sodium Hiroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃). *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag*, 01(01), 25–32.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Bahan pembuatan bata tanpa bakar



Air



Tanah merah



Cangkang kerang



Pasir



Kapur

Lampiran 2: Alat yang digunakan dalam pembuatan bata tanpa bakar



Sekop



Ember



Cetakan bata



Timbangan digital



Mesin hidrolik press



Saringan

Lampiran 3: Hasil pemeriksaan analisa butiran tanah merah

Analisa Butiran Tanah Merah					
Nomor Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Berat tertahan	% Kumulatif berat tertahan	% Tanah yang lolos saringan
No. 4	4.750	60	6	6	94
No. 10	2.000	195	19,5	25,5	74,5
No. 20	0,850	435	43,5	69	31
No. 40	0,425	105	10,5	79,5	20,5
No. 60	0,250	170	17	96,5	3,5
No. 100	0,150	5	0,5	97	3
No. 200	0,075	20	2	99	1
Pan		10	1	100	0
Total		1000			

Lampiran 4: Kadar air tanah merah

No. Cawan			I	II
Berat cawan	(W1)	Gr	9	9
Berat cawan + Tanah basah	(W2)	Gr	50	49
Berat cawan + Tanah kering	(W3)	Gr	40	39
Berat air	$W_w = W_2 - W_3$	Gr	10	10
Berat tanah kering	$W_s = W_3 - W_1$	Gr	31	30
Kadar air	$W = W_w / W_s \times 100$	%	32.3	33.3
Rata-rata	(W)	%	32.8	

Lampiran 5: Indeks Plastisitas tanah merah

Batas Cair (Liquid Limit Test) dan Batas Plastis (Plastic Limit) Tanah Merah								
No	Nomor Contoh	Satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
1	Banyak pukulan		40	31	21	19		
2	Nomor Cawan		I	II	III	IV	I	II
3	Berat cawan + tanah basah (W2)	gr	27	22	28	21	20	21
4	Berat cawan + tanah kering (W3)	gr	22	18	23	17	18	18
5	Berat air ($W_w = W_2 - W_3$)	gr	5	4	5	4	2	3
6	Berat Cawan (W1)	gr	10	10	8	10	10	8

Lampiran 5. lanjutan

No	Nomor Contoh	satuan	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
			12	8	13	9	8	10
7	Berat tanah kering ($W5 = W3 - W1$)	gr	12	8	13	9	8	10
8	Kadar Air ($W = (Ww/W5) \times 100\%$)	%	41,7	50	38,5	44,4	25	30
9	Kadar Air rata-rata (w)	%	44				27.5	

LL	LP	PI
44	27,5	16,1

LL (Batas cair)

PL (Batas Plastis)

PI (Platicity indeks)

Lampiran 6: Analisa saringan agregat halus

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

Lampiran 7: Analisa kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan	Hasil pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Wadah (W1)	511	507
Berat Pasir Kering (W2), gr	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven (W3), gr	995	992
Berat lumpur (W4)	16	15

Lampiran 7: Lanjutan

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2
Kadar lumpur, %	3,31	3,09
Kadar lumpur rata-rata, %	3,21	

Lampiran 8: Analisa kadar air agregat halus

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

Lampiran 9: Hasil uji daya serap bata

NO	Kode Sampel	Jumlah Sampel	Berat Bata Basah	Berat Bata Kering	Kadar Air	Rata-rata (%)
1	Kontrol	1	1885	1565	20,4	20,6
		2	1883	1560	20,7	
2	Variasi 1	1	1889	1526	23,8	23,8
		2	1890	1527	23,8	
3	Variasi 2	1	1901	1545	23,0	22,7
		2	1898	1551	22,4	
4	Variasi 3	1	1852	1492	24,1	24,3
		2	1853	1488	24,5	
5	Variasi 4	1	1857	1492	24,5	24,5
		2	1855	1490	24,5	

Lampiran 10: Hasil uji kadar garam

No	Kode Sample	Jumlah	Dimensi Batu Bata (mm)		Luas Batu bata (mm ²)	Dimensi Kadar Garam		Luasan (mm)	Persentase (%)
			Panjang	Lebar		Lebar	Panjang		
1	Kontrol	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
2	Variasi 1	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
3	Variasi 2	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
4	Variasi 3	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
5	Variasi 4	1	200	100	20000	0	0	0	0
		2	200	100	20000	0	0	0	0
Rata-Rata									0

Lampiran 11: Sifat tampak bata

No	Sudut Siku		Nyaring Bila Dipukul		Warna Seragam		Tidak Retak		Datar	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Kontrol	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S
Variasi 1	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S
Variasi 2	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S
Variasi 3	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S
Variasi 4	S	S	T	T	S	S	S	S	S	S

Keterangan:

- a. S = Sesuai
- b. T = Tidak Sesuai

Lampiran 12: Analisa laju aliran panas (Q)

No	Variasi	Sampel	t (menit)	T1°C	T2°C	Tegangan (V)		I (A)	Q (W)
						Masuk	Keluar		
1	Kontrol Semen	1	5	28.3	28.2	12.2	1.2	0.0000001	0.00000012
			10	28.2	28.3	12.2	1.34	0.0000001	0.000000134
			15	28.3	28.5	12.2	1.30	0.0000001	0.00000013
			20	28.5	28.7	12.2	1.27	0.0000001	0.000000127
			25	28.7	29	12.2	1.40	0.0000002	0.00000028
			30	29	29.3	12.2	1.43	0.0000003	0.000000429
			35	29.3	29.5	12.2	1.40	0.0000002	0.00000028
			40	29.5	29.8	12.2	1.37	0.0000002	0.000000274
		2	5	29.3	29	12.2	1.34	0.0000001	0.000000134
			10	29	28.8	12.2	1.17	0.0000001	0.000000117
			15	28.8	28.9	12.2	1.56	0.0000002	0.000000312
			20	28.8	28.9	12.2	1.47	0.0000002	0.000000294
			25	28.9	29	12.2	1.50	0.0000001	0.00000015
			30	29.1	29.2	12.2	1.4	0.0000001	0.00000014
			35	29.2	29.4	12.2	1.73	0.0000002	0.000000346
			40	29.5	29.4	12.2	1.66	0.0000002	0.000000332
		3	5	29.1	28.6	12.2	1.14	0.0000001	0.000000114
			10	28.5	28.4	12.2	1.30	0.0000002	0.00000026
			15	28.4	28.6	12.2	1.53	0.0000003	0.000000459
			20	28.6	28.7	12.2	1.60	0.0000003	0.00000048
			25	28.7	28.9	12.2	1.56	0.0000002	0.000000312
			30	28.9	29.1	12.2	1.20	0.0000001	0.00000012
			35	29.1	29.3	12.2	1.40	0.0000002	0.00000028
			40	29.3	29.6	12.2	1.66	0.0000003	0.000000498
2	Variasi 1	1	5	29.9	30.3	12.2	1.24	0.0000001	0.000000124
			10	30.5	30.8	12.2	1.63	0.0000003	0.000000489
			15	30.9	31	12.2	1.92	0.0000007	0.000001344
			20	31.1	31.2	12.2	2.05	0.000001	0.00000205
			25	31.2	31.3	12.2	2.19	0.0000011	0.000002409
			30	31.3	31.4	12.2	21.12	0.000001	0.00002112
			35	31.4	31.5	12.2	1.83	0.0000003	0.000000549
			40	31.5	31.8	12.2	1.89	0.0000001	0.000000189
		2	5	29	29.1	12.2	1.73	0.0000001	0.000000173
			10	29.1	29.3	12.2	1.83	0.0000003	0.000000549
			15	29.4	29.5	12.2	2.19	0.0000004	0.000000876
			20	29.6	29.7	12.2	2.22	0.0000005	0.00000111
			25	29.8	30	12.2	2.71	0.0000005	0.000001355
			30	30.1	30.3	12.2	2.53	0.0000004	0.000001012
			35	30.4	30.6	12.2	2.32	0.0000004	0.000000928
			40	30.6	30.8	12.2	2.25	0.0000005	0.000001125
		3	5	27.7	27.9	12.2	1.11	0.0000001	0.000000111
			10	28	28.2	12.2	1.27	0.0000001	0.000000127
			15	28.2	28.5	12.2	1.30	0.0000001	0.00000013
			20	28.5	28.7	12.2	1.56	0.0000002	0.000000312
			25	28.7	29	12.2	1.76	0.0000003	0.000000528
			30	29	29.2	12.2	1.73	0.0000003	0.000000519
			35	29.3	29.5	12.2	1.86	0.0000003	0.000000558
			40	29.5	29.7	12.2	1.89	0.0000003	0.000000567

Lampiran 12: Lanjutan

No	Variasi	Sampel	t (menit)	T1°C	T2°C	Tegangan (V)		I (A)	Q (W)
						Masuk	Keluar		
3	Variasi 2	1	5	31.1	31.2	12.2	1.07	0.0000001	0.00000107
			10	31.2	31.3	12.2	1.50	0.0000003	0.00000045
			15	31.3	31.4	12.2	1.86	0.0000005	0.00000093
			20	31.4	31.5	12.2	1.83	0.0000004	0.000000732
			25	31.5	31.7	12.2	2.35	0.0000001	0.00000235
			30	31.7	32	12.2	2.58	0.0000011	0.000002838
			35	32	32.2	12.2	2.60	0.0000012	0.00000312
		40	32.2	32.4	12.2	2.68	0.0000013	0.000003484	
		2	5	31.6	31.7	12.2	1.59	0.0000001	0.00000159
			10	31.7	31.8	12.2	1.99	0.0000003	0.000000597
			15	31.8	31.9	12.2	1.89	0.0000002	0.000000378
			20	31.9	32.1	12.2	1.27	0.0000002	0.000000254
			25	32.1	32.5	12.2	2.22	0.0000001	0.00000222
			30	32.5	32.7	12.2	2.19	0.0000003	0.000000657
			35	32.7	32.9	12.2	1.37	0.0000002	0.000000274
		40	33	33.2	12.2	2.15	0.0000004	0.00000086	
		3	5	27	27.7	12.2	1.53	0.0000001	0.000000153
			10	27.7	27.9	12.2	1.66	0.0000002	0.000000332
			15	27.9	28.2	12.2	2.71	0.0000005	0.000001355
			20	28.2	28.5	12.2	1.99	0.0000002	0.000000398
			25	28.5	28.8	12.2	1.73	0.0000002	0.000000346
			30	28.8	29.1	12.2	1.98	0.0000001	0.000000198
			35	29.1	29.4	12.2	2.22	0.0000003	0.000000666
		40	29.4	29.6	12.2	2.35	0.0000005	0.000001175	
4	Variasi 3	1	5	29.8	30.3	12.2	1.37	0.0000002	0.000000274
			10	30.3	30.5	12.2	0.88	0.0000001	0.000000088
			15	30.5	30.9	12.2	1.37	0.0000003	0.000000411
			20	31	31.3	12.2	0.81	0.0000002	0.000000162
			25	31.3	31.5	12.2	1.50	0.0000001	0.00000015
			30	31.5	31.9	12.2	1.20	0.0000001	0.00000012
			35	31.9	32.1	12.2	1.79	0.0000003	0.000000537
			40	32.1	32.4	12.2	1.34	0.0000003	0.000000402
		2	5	31.3	31.5	12.2	2.35	0.0000004	0.00000094
			10	31.5	31.8	12.2	2.90	0.0000003	0.00000087
			15	31.8	32.1	12.2	2.45	0.0000004	0.00000098
			20	32.1	32.3	12.2	2.56	0.0000004	0.000001024
			25	32.3	32.6	12.2	3.13	0.0000004	0.000001252
			30	32.6	33	12.2	2.36	0.0000002	0.000000472
			35	33	33.2	12.2	2.35	0.0000002	0.00000047
			40	33.2	33.4	12.2	1.83	0.0000004	0.000000732
		3	5	32.4	32.3	12.2	1.53	0.0000004	0.000000612
			10	32.3	32.5	12.2	2.51	0.0000002	0.000000502
			15	32.5	32.6	12.2	3.17	0.0000021	0.000006657
			20	32.7	32.9	12.2	3.30	0.0000025	0.00000825
			25	32.9	33.1	12.2	3.45	0.0000013	0.000004485
			30	33.1	33.2	12.2	3.40	0.0000043	0.00001462
			35	33.2	33.5	12.2	3.30	0.0000001	0.00000033
			40	33.5	33.8	12.2	2.70	0.0000033	0.00000891

Lampiran 12: Lanjutan

No	Variasi	Sampel	t (menit)	T1°C	T2°C	Tegangan (V)		I (A)	Q (W)
						Masuk	Keluar		
5	Variasi 4	1	5	29.9	30.4	12.2	2.22	0.0000076	0.000016872
			10	31	31.9	12.2	3.30	0.0000078	0.00002574
			15	32.7	33.5	12.2	3.62	0.0000087	0.000031494
			20	34.5	34.9	12.2	3.62	0.0000087	0.000031494
			25	34.9	35	12.2	3.40	0.0000079	0.00002686
			30	35	35.2	12.2	3.66	0.0000087	0.000031842
			35	35.2	35.4	12.2	3.85	0.0000092	0.00003542
			40	35.4	35.6	12.2	3.98	0.0000087	0.000034626
		2	5	31.6	32	12.2	4.70	0.0000057	0.00002679
			10	32	32.2	12.2	4.64	0.0000054	0.000025056
			15	32.2	32.5	12.2	4.60	0.0000065	0.0000299
			20	32.5	32.6	12.2	4.74	0.0000068	0.000032232
			25	32.6	32.9	12.2	4.77	0.0000075	0.000035775
			30	32.9	33.1	12.2	4.54	0.0000068	0.000030872
			35	33.1	33.8	12.2	4.60	0.0000066	0.00003036
			40	33.8	34.1	12.2	4.50	0.0000065	0.00002925
		3	5	31.9	32.4	12.2	2.71	0.0000002	0.000000542
			10	32.4	33	12.2	1.47	0.0000003	0.000000441
			15	33	33.3	12.2	1.96	0.0000002	0.000000392
			20	33.3	33.6	12.2	1.56	0.0000001	0.000000156
			25	33.6	33.9	12.2	1.60	0.0000003	0.00000048
			30	33.9	34.1	12.2	1.65	0.0000001	0.000000165
			35	34.1	34.5	12.2	1.70	0.0000003	0.000000051
			40	34.5	34.7	12.2	1.85	0.0000002	0.000000037

Lampiran 13: Analisa konduktivitas panas

No	Variasi	Sampel	t (menit)	Q (W)	Δx (m)	T1°C	T2°C	ΔT °C	A (m ²)	λ (W/m°C)	Rata-rata
1	Kontrol Semen	1	5	0.00000012	0.1	28.3	28.2	-0.1	0.012	-0.00001000	0.00000636
			10	0.00000134	0.1	28.2	28.3	0.1	0.012	0.00001117	
			15	0.00000013	0.1	28.3	28.5	0.2	0.012	0.00000542	
			20	0.000000127	0.1	28.5	28.7	0.2	0.012	0.00000529	
			25	0.00000028	0.1	28.7	29	0.3	0.012	0.00000778	
			30	0.000000429	0.1	29	29.3	0.3	0.012	0.00001192	
			35	0.00000028	0.1	29.3	29.5	0.2	0.012	0.00001167	
			40	0.000000274	0.1	29.5	29.8	0.3	0.012	0.00000761	
		2	5	0.000000134	0.1	29.3	29	-0.3	0.012	-0.00000372	0.00000660
			10	0.000000117	0.1	29	28.8	-0.2	0.012	-0.00000488	
			15	0.000000312	0.1	28.8	28.9	0.1	0.012	0.00002600	
			20	0.000000294	0.1	28.8	28.9	0.1	0.012	0.00002450	
			25	0.00000015	0.1	28.9	29	0.1	0.012	0.00001250	
			30	0.00000014	0.1	29.1	29.2	0.1	0.012	0.00001167	
			35	0.000000346	0.1	29.2	29.4	0.2	0.012	0.00001442	
			40	0.000000332	0.1	29.5	29.4	-0.1	0.012	-0.00002767	
		3	5	0.000000114	0.1	29.1	28.6	-0.5	0.012	-0.00000190	0.00000988
			10	0.00000026	0.1	28.5	28.4	-0.1	0.012	-0.00002167	
			15	0.000000459	0.1	28.4	28.6	0.2	0.012	0.00001912	
			20	0.00000048	0.1	28.6	28.7	0.1	0.012	0.00004000	
			25	0.000000312	0.1	28.7	28.9	0.2	0.012	0.00001300	
			30	0.00000012	0.1	28.9	29.1	0.2	0.012	0.00000500	
			35	0.00000028	0.1	29.1	29.3	0.2	0.012	0.00001167	
			40	0.000000498	0.1	29.3	29.6	0.3	0.012	0.00001383	

Lampiran 13: Lanjutan

No	Variasi	Sampel	t (menit)	Q (W)	Δx (m)	T1 °C	T2 °C	ΔT °C	A (m ²)	λ (W/m °C)	Rata-rata
2	Variasi 1	1	5	0.00000124	0.1	29.9	30.3	0.4	0.012	0.0000258	0.00028884
			10	0.00000489	0.1	30.5	30.8	0.3	0.012	0.0001358	
			15	0.00001344	0.1	30.9	31	0.1	0.012	0.00011200	
			20	0.0000205	0.1	31.1	31.2	0.1	0.012	0.00017083	
			25	0.00002409	0.1	31.2	31.3	0.1	0.012	0.00020075	
			30	0.00002112	0.1	31.3	31.4	0.1	0.012	0.00176000	
			35	0.00000549	0.1	31.4	31.5	0.1	0.012	0.00004575	
		40	0.00000189	0.1	31.5	31.8	0.3	0.012	0.00000525		
		2	5	0.00000173	0.1	29	29.1	0.1	0.012	0.00001442	0.00004837
			10	0.00000549	0.1	29.1	29.3	0.2	0.012	0.00002288	
			15	0.00000876	0.1	29.4	29.5	0.1	0.012	0.00007300	
			20	0.00000111	0.1	29.6	29.7	0.1	0.012	0.00009250	
			25	0.00001355	0.1	29.8	30	0.2	0.012	0.00005646	
			30	0.00001012	0.1	30.1	30.3	0.2	0.012	0.00004217	
			35	0.00000928	0.1	30.4	30.6	0.2	0.012	0.00003867	
		40	0.00001125	0.1	30.6	30.8	0.2	0.012	0.00004688		
		3	5	0.00000111	0.1	27.7	27.9	0.2	0.012	0.00000463	0.00001371
			10	0.00000127	0.1	28	28.2	0.2	0.012	0.00000529	
			15	0.0000013	0.1	28.2	28.5	0.3	0.012	0.00000361	
			20	0.00000312	0.1	28.5	28.7	0.2	0.012	0.00001300	
			25	0.00000528	0.1	28.7	29	0.3	0.012	0.00001467	
			30	0.00000519	0.1	29	29.2	0.2	0.012	0.00002163	
			35	0.00000558	0.1	29.3	29.5	0.2	0.012	0.00002325	
		40	0.00000567	0.1	29.5	29.7	0.2	0.012	0.00002363		
3	Variasi 2	1	5	0.00000107	0.1	31.1	31.2	0.1	0.012	0.00000892	0.00007960
			10	0.00000045	0.1	31.2	31.3	0.1	0.012	0.00003750	
			15	0.00000093	0.1	31.3	31.4	0.1	0.012	0.00007750	
			20	0.00000732	0.1	31.4	31.5	0.1	0.012	0.00006100	
			25	0.00000235	0.1	31.5	31.7	0.2	0.012	0.00009792	
			30	0.00002838	0.1	31.7	32	0.3	0.012	0.00007883	
			35	0.00000312	0.1	32	32.2	0.2	0.012	0.00013000	
		40	0.00003484	0.1	32.2	32.4	0.2	0.012	0.00014517		
		2	5	0.00000159	0.1	31.6	31.7	0.1	0.012	0.00001325	0.00002824
			10	0.00000597	0.1	31.7	31.8	0.1	0.012	0.00004975	
			15	0.00000378	0.1	31.8	31.9	0.1	0.012	0.00003150	
			20	0.00000254	0.1	31.9	32.1	0.2	0.012	0.00001058	
			25	0.00000222	0.1	32.1	32.5	0.4	0.012	0.00004625	
			30	0.00000657	0.1	32.5	32.7	0.2	0.012	0.00002737	
			35	0.00000274	0.1	32.7	32.9	0.2	0.012	0.00001142	
		40	0.0000086	0.1	33	33.2	0.2	0.012	0.00003583		
		3	5	0.00000153	0.1	27	27.7	0.7	0.012	0.00000182	0.00001836
			10	0.00000332	0.1	27.7	27.9	0.2	0.012	0.00001383	
			15	0.00001355	0.1	27.9	28.2	0.3	0.012	0.00003764	
			20	0.00000398	0.1	28.2	28.5	0.3	0.012	0.00001106	
			25	0.00000346	0.1	28.5	28.8	0.3	0.012	0.00000961	
			30	0.00000198	0.1	28.8	29.1	0.3	0.012	0.00000550	
			35	0.00000666	0.1	29.1	29.4	0.3	0.012	0.00001850	
		40	0.00001175	0.1	29.4	29.6	0.2	0.012	0.00004896		
4	Variasi 3	1	5	0.00000274	0.1	29.8	30.3	0.5	0.012	0.00000457	0.00000795
			10	0.00000088	0.1	30.3	30.5	0.2	0.012	0.00000367	
			15	0.00000411	0.1	30.5	30.9	0.4	0.012	0.00000856	
			20	0.00000162	0.1	31	31.3	0.3	0.012	0.00000450	
			25	0.00000015	0.1	31.3	31.5	0.2	0.012	0.00000625	
			30	0.00000012	0.1	31.5	31.9	0.4	0.012	0.00000250	
			35	0.00000537	0.1	31.9	32.1	0.2	0.012	0.00002237	
		40	0.00000402	0.1	32.1	32.4	0.3	0.012	0.00001117		
		2	5	0.00000094	0.1	31.3	31.5	0.2	0.012	0.00003917	0.00002849
			10	0.00000087	0.1	31.5	31.8	0.3	0.012	0.00002417	
			15	0.00000098	0.1	31.8	32.1	0.3	0.012	0.00002722	
			20	0.00001024	0.1	32.1	32.3	0.2	0.012	0.00004267	
			25	0.00001252	0.1	32.3	32.6	0.3	0.012	0.00003478	
			30	0.00000472	0.1	32.6	33	0.4	0.012	0.00000983	
			35	0.00000047	0.1	33	33.2	0.2	0.012	0.00001958	
		40	0.00000732	0.1	33.2	33.4	0.2	0.012	0.00003050		
		3	5	0.00000612	0.1	32.4	32.3	-0.1	0.012	-0.00005100	0.00034608
			10	0.00000502	0.1	32.3	32.5	0.2	0.012	0.00002092	
			15	0.000006657	0.1	32.5	32.6	0.1	0.012	0.000055475	
			20	0.00000825	0.1	32.7	32.9	0.2	0.012	0.00034375	
			25	0.000004485	0.1	32.9	33.1	0.2	0.012	0.00018687	
			30	0.00001462	0.1	33.1	33.2	0.1	0.012	0.00121833	
			35	0.00000891	0.1	33.2	33.5	0.3	0.012	0.00024750	
		40	0.00000891	0.1	33.5	33.8	0.3	0.012	0.00024750		

Lampiran 13: Lanjutan

No	Variasi	Sampel	t (menit)	Q (W)	Δx (m)	T1°C	T2°C	ΔT °C	A (m ²)	λ (W/m°C)	Rata-rata
5	Variasi 4	1	5	0.000016872	0.1	29.9	30.4	0.5	0.012	0.00028120	0.00099842
			10	0.00002574	0.1	31	31.9	0.9	0.012	0.00023833	
			15	0.000031494	0.1	32.7	33.5	0.8	0.012	0.00032806	
			20	0.000031494	0.1	34.5	34.9	0.4	0.012	0.00065613	
			25	0.00002686	0.1	34.9	35	0.1	0.012	0.00223833	
			30	0.000031842	0.1	35	35.2	0.2	0.012	0.00132675	
			35	0.00003542	0.1	35.2	35.4	0.2	0.012	0.00147583	
		40	0.000034626	0.1	35.4	35.6	0.2	0.012	0.00144275		
		2	5	0.00002679	0.1	31.6	32	0.4	0.012	0.00055813	0.00107159
			10	0.000025056	0.1	32	32.2	0.2	0.012	0.00104400	
			15	0.0000299	0.1	32.2	32.5	0.3	0.012	0.00083056	
			20	0.000032232	0.1	32.5	32.6	0.1	0.012	0.00268600	
			25	0.000035775	0.1	32.6	32.9	0.3	0.012	0.00099375	
			30	0.000030872	0.1	32.9	33.1	0.2	0.012	0.00128633	
			35	0.00003036	0.1	33.1	33.8	0.7	0.012	0.00036143	
		40	0.00002925	0.1	33.8	34.1	0.3	0.012	0.00081250		
		3	5	0.00000542	0.1	31.9	32.4	0.5	0.012	0.00000903	0.00000958
			10	0.00000441	0.1	32.4	33	0.6	0.012	0.00000612	
			15	0.00000392	0.1	33	33.3	0.3	0.012	0.00001089	
			20	0.00000156	0.1	33.3	33.6	0.3	0.012	0.00000433	
			25	0.00000048	0.1	33.6	33.9	0.3	0.012	0.00001333	
			30	0.00000165	0.1	33.9	34.1	0.2	0.012	0.00000687	
			35	0.00000051	0.1	34.1	34.5	0.4	0.012	0.00001063	
		40	0.00000037	0.1	34.5	34.7	0.2	0.012	0.00001542		