

**PENGARUH ABU KULIT KAKAO (*THEOBROMA CACAO*) DAN ABU
BAMBU (*BAMBUSEAE*) TERHADAP KARAKTERISTIK
*PAVING BLOCK***

SKRIPSI

LELI MARIATI SITUMORANG

NIM: 0705163029



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

**PENGARUH ABU KULIT KAKAO (*THEOBROMA CACAO*) DAN ABU
BAMBU (*BAMBUSEAE*) TERHADAP KARAKTERISTIK
*PAVING BLOCK***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si.)

LELI MARIATI SITUMORANG

NIM: 0705163029



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberi petunjuk, mengoreksi dan melakukan perbaikan, kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Leli Mariati Situmorang

NIM : 0705163029

Program Studi : Fisika

Judul : Pengaruh Abu Kulit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Abu
Bambu (*Bambuseae*) Terhadap Karakteristik *Paving Block*

dapat disetujui untuk segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Medan, 01 Desember 2021 M

25 Rabiul Akhir 1443 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,

Pembimbing Skripsi II,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.

Ratni Sirait, M.Pd.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Leli Mariati Situmorang

Nomor Induk Mahasiswa : 0705163029

Program Studi : Fisika

Judul : Pengaruh Abu Kulit Kakao (*Theobroma cacao*) dan
Abu Bambu (*Bambuseae*) Terhadap Karakteristik
Paving Block

Saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan asli karya sendiri, terkecuali terhadap tulisan dan rangkuman yang sudah dicantumkan referensinya. Jika di kemudian hari skripsi ini terbukti sebagai hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Medan, 01 Desember 2021

Leli Mariati Situmorang
NIM. 0705163029

PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Abu Kulit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Abu Bambu (*Bambuseae*) Terhadap Karakteristik *Paving Block*
Penyusun : Leli Mariati Situmorang
NIM : 0705163029
Pembimbing I : Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
Pembimbing II : Ratni Sirait, M.Pd.
Tanggal sidang :

Disetujui oleh,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Ratni Sirait, M.Pd.
NIB. 1100000071

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197503242007101001

**PENGARUH ABU KULIT KAKAO (*THEOBROMA CACAO*) DAN ABU BAMBU
(*BAMBUSEAE*) TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING BLOCK***

ABSTRAK

Dilakukannya penelitian ini dengan tujuan untuk (1) mengetahui pengaruh penambahan abu kulit kakao abu bambu terhadap densitas dan daya serap air pada pembuatan *paving block*, dan (2) mengetahui pengaruh penambahan abu kulit kakao dan abu bambu terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada pembuatan *paving block* dan (3) mengetahui komposisi penambahan abu kulit kakao dan abu bambu yang paling optimal dalam pembuatan *paving block*. Pembuatan *paving block* menggunakan bahan dasar abu kulit kakao, abu bambu, semen, pasir, dan air. Variasi *paving block* pada sampel A. 0% : 20% : 20% : 60%, B. 5% : 15% : 20% : 60% C. 10% : 10% : 20% : 60%, D. 15% : 5% : 20% : 60%, dan E. 20% : 0% : 20% : 60% dan digunakan FAS (Faktor Air Semen) sebesar 0,5 pada semua variasi. Waktu penjemuran selama 28 hari. Dalam penelitian ini, karakteristik *paving block* yang diteliti antara lain: karakteristik fisis (densitas, daya serap air) dan karakteristik mekanis (kuat tekan, kuat lentur). Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap karakteristik *paving block*. Dengan bertambahnya abu kakao maka nilai densitas mengalami kenaikan dan untuk nilai daya serap air mengalami penurunan. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap karakteristik *paving block*. Dengan bertambahnya abu kulit kakao maka nilai kuat tekan dan kuat lentur mengalami kenaikan. Komposisi penambahan abu kulit kakao, abu bambu, semen, dan pasir untuk menghasilkan *paving block* dengan karakteristik yang optimum adalah sampel E karena pada komposisi ini nilai daya serapnya dan nilai kuatnya tekan sampel E sudah memenuhi syarat mutu D pada *paving Block* yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996 yang dapat diaplikasikan untuk penggunaan taman.

Kata-kata kunci: abu kulit kakao, abu bambu, *paving block*

**EFFECT OF CACAO HUSK (THEOBROMA CACAO) AND BAMBOO ASH
(BAMBUSEAE) ON PAVING BLOCK CHARACTERISTICS**

ABSTRACT

Research has been carried out that aims to (1) determine the effect of the addition of cocoa husk ash and bamboo ash on the density and water absorption in the manufacture of paving blocks, and (2) determine the effect of the addition of cocoa husk ash and bamboo ash on the compressive strength and flexural strength of the manufacture of paving blocks. paving block (3) determine the optimal composition of addition of cocoa husk ash and bamboo ash in the manufacture of paving blocks. Making paving blocks using the basic ingredients of cocoa husk ash, bamboo ash, cement, sand, and water. Paving block variations on the sample A. 0% : 20% : 20% : 60%, B. 5% : 15% : 20% : 60% C. 10% : 10% : 20% : 60%, D. 15% : 5% : 20% : 60%, dan E. 20% : 0% : 20% : 60% and used FAS (Water Cement Factor) of 0.5 in all variations. Drying time for 28 days. In this study, the characteristics of paving blocks studied include: physical characteristics (density, water absorption) and mechanical characteristics (compressive strength, flexural strength). The results showed that there was an effect of cocoa husk ash and bamboo ash on the characteristics of paving blocks. With increasing cocoa ash, the density value increased and the water absorption value decreased. The results showed that there was an effect of cocoa husk ash and bamboo ash on the characteristics of paving blocks. With the increase in cocoa husk ash, the compressive strength and flexural strength values increased. The composition of the addition of cocoa husk ash, bamboo ash, cement, and sand to produce paving blocks with optimum characteristics is sample E with a variation of because in this composition the water absorption value is the lowest and the compressive strength value is the lowest. highest. Based on the results of the research conducted, sample E has met the quality requirements of D on paving blocks set by SNI 03-0691-1996 which can be applied for garden use.

Keywords: *cocoa husk ash, bamboo ash, paving block.*

KATA PENGANTAR



Segala puji diucapkan kepada Allah SWT yang telah mengkaruniakan petunjuk dan kasih sayang kepada penulis. Sholawat beriringkan salam penulis hadiahkan kepada Baginda Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah membawakan risalah ilmu pengetahuan kepada umat manusia yang dengan ilmu pengetahuan tersebut telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dengan judul “Pengaruh Abu Kulit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Abu Bambu (*Bambuseae*) Terhadap Karakteristik *Paving Block*”.

Penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan bantuan baik moril maupun materi serta dorongan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., sebagai Rektor UINSU Medan.
2. Bapak Dr. Mhd. Syahnan, M.A., sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UINSU Medan.
3. Bapak Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., sebagai Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UINSU Medan.
4. Ibu Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si., sebagai Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UINSU Medan.
5. Bapak Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., sebagai Dosen Pembimbing Skripsi I yang telah banyak membagi waktu, memberikan bimbingan, dan saran-sarannya, sehingga penyusunan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik.
6. Ibu Ratni Sirait, M.Pd., sebagai Dosen Pembimbing Skripsi II yang senantiasa membimbing, mendampingi dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh Guru Besar Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UINSU Medan yang telah mendukung setiap upaya penulis dalam menempuh pendidikan.

8. Kedua orang tua saya Ramli Situmorang dan Nurhayati Siagian yang telah melahirkan dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang dan doa yang terus mengalir kepada penulis untuk keberhasilan dalam meraih cita-cita, dan saudara-saudaraku Romadhan Situmorang, Samsuddin Situmorang, Misbahul Munir Situmorang, Syaiful Bahri Situmorang, Lili Herawati Situmorang, dan Syawal Aulia Situmorang yang telah memberi semangat, dorongan, dan motivasi kepada penulis.
9. Sahabat-sahabatku Melila Damanik, Rahmasari Pohan, Dhina Indriani Damanik, Nurainun Pasaribu, Ramayanti Manurung, Rahma Daulay, Isma Hidayati, Yuli Faraditha, dan Nurmaisah Harahap yang telah menemani penulis selama kuliah dan sama-sama berjuang.
10. Seluruh teman-teman kelas fisika 1 stambuk 2016 yang selalu memberi motivasi dan semangat kepada penulis.

Semoga skripsi ini memberikan manfaat, menambah ilmu, dan bisa dijadikan sebagai referensi dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini.

Aamiin Ya Rabbal Alaamiin

Medan, 1 Desember 2021

Penulis,

Leli Mariati Situmorang
NIM. 0705163029

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Kulit Kakao	6
2.2 Bambu	7
2.3 Paving block.....	9
2.3.1 Pengertian <i>Paving Block</i>	9
2.3.2 Syarat Mutu Paving Block	11
2.3.3 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	12

2.4. Faktor Air Semen	16
2.5 Sifat Fisis Paving Block	17
2.6 Sifat Mekanis Paving Block.....	17
2.7 Penelitian yang Relevan	19
2.8 Hipotesis Penelitian.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.1.1 Waktu Penelitian	20
3.1.2 Tempat Penelitian.....	20
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	20
3.2.1. Alat Penelitian.....	20
3.2.2 Bahan Penelitian.....	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.3.1 Tahap Pembuatan Abu Kulit Kakao.....	21
3.3.2 Tahap Pembuatan Abu Bambu.....	23
3.3.3 Tahap Pembuatan dan Karakterisasi <i>Paving Block</i>	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1 Pembuatan Abu Kulit Kakao.....	25
3.4.2 Pembuatan Abu Bambu	25
3.4.3 Pembuatan <i>Paving block</i>	25
3.5 Karakterisasi Fisis	26
3.5.1 Densitas	26
3.5.2 Daya serap air.....	26
3.6. Karakterisasi Mekanis	26

3.6.1 Kuat Tekan	26
3.6.2 Kuat Lentur	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakterisasi Sifat Fisis.....	28
4.1.1 Densitas	28
4.1.2 Daya Serap Air	30
4.2 Karakteristik Sifat Mekanis.....	32
4.2.1 Kuat Tekan	32
4.2.2 Kuat Lentur	33
4.3. Pembahasan Penelitian	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
LAMPIRAN-LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Kulit kakao.....	6
2.2	Bambu Betung.....	8
2.3	<i>Paving Block</i>	10
3.1	Tahap pembuatan abu kakao.....	24
3.2	Tahap pembuatan abu bambu.....	25
3.3	Tahap pembuatan <i>paving block</i>	26
4.1	Grafik pengukuran Densitas Paving Block.....	31
4.2	Grafik pengukuran Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	33
4.3	Grafik pengukuran Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	35
4.4	Grafik pengukuran Kuat Lentur <i>Paving Block</i>	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Komposisi Kimia Kulit Kakao.....	7
2.2	Komposisi dalam Bambu	9
2.3	Sifat fisis <i>paving block</i>	12
2.4	Susunan oksida semen Portland.....	14
4.1	Data Hasil Pengukuran Densitas <i>Paving Block</i>	30
4.2	Data Hasil Pengukuran Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	32
4.3	Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	34
4.4	Data Hasil Pengukuran Kuat Lentur <i>Paving Block</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Gambar alat-alat percobaan	42
2	Gambar bahan percobaan.....	45
3	Gambar sampel <i>paving block</i>	46
4	Data Pengukuran Densitas.....	47
5	Data Pengukuran Daya Serap Air.....	48
6	Data Pengujian Kuat Tekan.....	52
7	Data Pengujian Kuat lentur.....	53
8	SNI-03-0691-1996 Bata Beton <i>Paving Block</i>	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya kegiatan pembangunan infrastruktur di Indonesia sangat mempengaruhi perkembangan dunia teknologi bahan bangunan. Program pembangunan yang semakin meningkat seperti pembuatan jalan, trotoar, areal parkir, taman, dan jalanan komplek, kini tidak lagi menggunakan aspal dikarenakan daya serap air yang kurang maksimal dan harga konstruksi bangunan berbahan aspal relatif lebih mahal. Sehingga digunakan media pembangunan selain aspal karena lebih mudah dan efisien penggunaannya. Salah satu bahan bangunan yang sering digunakan di Indonesia adalah *paving block* atau bata beton. *Paving block* atau batako adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolik sejenis, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mengurangi mutu dari bahan *paving block* tersebut.

Paving block merupakan salah satu produk bahan bangunan yang terbuat dari semen yang dapat digunakan sebagai alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. *paving block* sudah banyak dikenal masyarakat, hal ini dikarenakan *paving block* merupakan bahan yang ramah terhadap lingkungan dimana *paving block* sangat baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaan lebih cepat, mudah dalam pemasangan dan perawatannya, memiliki variasi corak yang menambah nilai estetika dan harga yang relatif murah (Prestika, 2016).

Penggunaan *paving block* memiliki kelebihan antara lain perawatan dan pemasangan yang mudah, dapat diproduksi secara mekanik, semi mekanik atau *hand-printed*, ukuran lebih aman, tidak mudah rusak oleh kendaraan, faktor anti slip pada pavers lebih besar, menjadikannya lalu lintas yang aman dan tahan cuaca (Yusuf, 2015).

Untuk memenuhi kualitas pavers yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan beberapa perbaikan dalam proses pembuatan dan pemasangan *paving block*. Dalam penelitian ini pembuatan *paving block* menggunakan bahan aditif alami yang tidak

merusak lingkungan yaitu abu cangkang kakao dan abu bambu yang memiliki kandungan silika tinggi.

Kakao merupakan salah satu hasil perkebunan yang melimpah di Indonesia. Komponen terbesar limbah buah kakao berasal dari kulit buahnya. Sekitar 74% komposisi buah kakao dari buah kakao matang belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya menjadi limbah hasil pertanian. Untuk memaksimalkan pemanfaatannya, kulit kakao dapat diolah, salah satunya diubah menjadi abu yang dapat ditambahkan dalam pembuatan produk bahan bangunan (Mulyazmi, 2015).

Bambu merupakan tanaman bambu yang tumbuh cepat dan dapat dipanen dalam waktu sekitar 3 tahun. Bambu melimpah dan dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga mudah untuk didapatkan. Dengan berkembangnya dunia industri dan teknologi, abu bambu kini dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk pembuatan bahan bangunan.

Penelitian Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) menunjukkan bahwa kandungan silikon dioksida pada batang Bambu Badong mencapai 3,51%, jauh lebih tinggi dari lima jenis bambu lainnya, yaitu bambu tali 1,10%, bambu hitam 2,93%, bambu kuning 1,05%, bambu andong 1,2%, dan bambu ampel 1,01%. Hal ini berpotensi untuk meningkatkan kekuatan atau kuat tekan *paving block* (Saputra, 2017).

Keunggulan *paving block* adalah bahannya mudah dipasang, tidak memerlukan alat berat, dan dapat diproduksi secara masal. Perawatannya mudah dan dapat dibongkar dan dipasang kembali. Secara struktural, *paving block* memiliki kekuatan, terutama pada kuat daya tekan, namun seperti beton biasa, daya juga memiliki kelemahan yaitu kuat tarik dan getas yang rendah (Yahya, 2018).

Oleh karena itu, kandungan silika yang tinggi pada cangkang kakao dan bambu dapat mengurangi penggunaan semen dalam pembuatan *paving block*. Penelitian ini juga dilakukan untuk mendapatkan variasi *paving block* dan campuran yang memiliki massa beban sesuai SNI. Untuk itu dilakukan uji mutu, antara lain: uji densitas, daya serap air, kuat tekan dan kuat lentur.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penulis mencoba memanfaatkan potensi alam yang ada untuk melakukan penelitian terhadap kakao bubuk dan abu bambu dalam pembuatan *paving block*, agar penggunaan kakao bubuk tidak terbuang percuma dan bambu dapat dimanfaatkan, dan digunakan secara optimal, sekaligus memiliki nilai guna yang sangat tinggi serta menambah kualitas *paving block* tradisional dan modern yang dihasilkan oleh masyarakat itu sendiri.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis akan melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Abu Kulit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Abu Bambu (*Bambuseae*) Terhadap Karakteristik *Paving Block*“ dengan merujuk SNI 03-0691-1996.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap densitas dan daya serap air pada pembuatan *paving block*?
2. Bagaimana pengaruh abu kulit kakao dan bambu terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada pembuatan *paving block*?
3. Bagaimana komposisi pencampuran abu kulit kakao, abu bambu, semen, dan pasir yang menghasilkan *paving block* dengan karakteristik optimum?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, perlu dibatasi apa saja yang dimaksud dalam operasional penelitiannya ini, yaitu:

1. Pembuatan *paving block* memakai bahan utama abu kulit kakao dan abu bambu yang berasal dari hasil pembakaran limbah kulit kakao dan abu bambu.
2. Semen yang dipergunakan adalah semen *Portland* tipe I, jenis pasir yang dipergunakan yaitu pasir yang diperjualbelikan, dan air yang dipergunakan adalah air yang tidak terkontaminasi.
3. Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung.
4. Penjemuran kulit kakao sebelum proses pembakaran selama 7 hari.

5. Jenis *paving block* yang diteliti adalah jenis *paving block* press dengan komposisi pencampuran abu kulit kakao, abu bambu, semen, dan pasir sebagai berikut:

Sampel	Abu kulit kakao	Abu Bambu	Semen	Pasir
A	0%	20%	20%	60%
B	5%	15%	20%	60%
C	10%	10%	20%	60%
D	15%	5%	20%	60%
E	20%	0%	20%	60%

Masing-masing dengan FAS 0,5

6. Memanfaatkan bantuan mesin Hot press dengan suhu 95°C selama 30 menit.
7. Cetakan *Paving block*
- Kubus $(3 \times 3 \times 3) \text{ cm}^3$ yang digunakan sebagai mal untuk sampel densitas, ketahanan serap air, dan kuat tekan.
 - Balok $(10 \times 3 \times 3) \text{ cm}^3$ yang digunakan sebagai mal untuk sampel pengujian kelenturan.
8. Pengeringan *paving block* diterapkan kurang lebih 28 hari.
9. Karakterisasi yang diterapkan kepada benda uji yaitu: karakterisasi fisis yang mencakup densitas dan daya serap air dan karakterisasi mekanis yang mencakup kuat tekan dan kuat lentur.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini dapat ditetapkan sebagai berikut:

- Untuk mengetahui pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap densitas dan daya serap air pada pembuatan *paving block*
- Untuk mengetahui pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada pembuatan *paving block*

3. Untuk mengetahui komposisi pencampuran abu kulit kakao, abu bambu, semen, dan pasir yang menghasilkan *paving block* dengan karakteristik optimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah:

1. Dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan limbah kulit kakao dan limbah bambu dalam pembuatan *paving block*.
2. Dapat memanfaatkan limbah kulit kakao dan mengolah bambu menjadi bahan yang dapat dimanfaatkan terutama di bidang konstruksi.
3. Dapat memberikan referensi bagi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian lanjutan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kulit Kakao

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao terbesar ketiga di dunia. Kakao atau produksi kakao di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan sebesar 3,5% per tahun. Tingginya produksi buah kakao berbanding lurus dengan peningkatan residu sekam kakao. Berat cangkang kakao mencapai 75% dari total berat buah, dan dapat dikatakan bahwa sisa utama dari pengolahan buah kakao adalah cangkangnya. Hal ini berdampak negatif karena hanya 25% buah kakao yang dimanfaatkan bijinya, sedangkan 75% cangkang kakaonya (Sandra, 2017).

Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu tanaman perkebunan. Produksi kakao dimulai pada usia 18 bulan, menghasilkan biji kakao, yang kemudian dapat diolah menjadi bubuk kakao. Perkebunan kakao umumnya diasosiasikan dengan perkebunan rakyat. Produk cokelat yang dihasilkan dari buah tanaman kakao kemudian diproses melalui beberapa tahapan yang relatif lama. Istilah kakao sebenarnya mengacu pada bahan tanam, tanaman, buah-buahan, dan biji kakao (Anggara, 2019).



Gambar 2.1 kulit kakao

Pasokan buah kakao cukup besar, karena 75% dari seluruh buah kakao adalah kulitnya, sedangkan 23% adalah biji kakao dan 2% adalah plasenta. Di lahan seluas satu hektar, satu kebun kakao akan menghasilkan sekitar 5,8 ton limbah buah kakao segar atau setara dengan 812 kg limbah tepung. Potensi limbah buah kakao dari pabrik pengolahan kakao adalah 15-22 m³/ha/tahun (Anggara, 2019).

Tumbuhan merupakan salah satu ciptaan Allah dan dapat memberikan manfaat bagi makhluk-Nya, termasuk manusia dan hewan. Dalam Al-Qur'an, Allah berfirman:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?"
(Q.S. Asy-Syu'ara (26):7)

Berdasarkan ayat di atas, Muiyasa/Kementerian Agama Saudi menjelaskan bahwa "tidak ada seorang pun selain Allah yang dapat menumbuhkan segala macam manfaat". Dari ayat dan interpretasi ini, itu adalah tanda kekuatan dan rahmat-Nya yang tak terbatas bagi umat manusia.

Abu sisa kakao dapat digunakan sebagai tanah liat untuk pembuatan semen. Abu dari pembakaran sekam kakao dapat dibuat menjadi batu bata yang kuat dan tidak mudah pecah karena mengandung 71% SiO_2 , bahan utama pembuatan semen (Mulyazmi, 2015).

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Kulit Kakao

Komponen	Kandungan (%)
Air (H_2O)	12,98
Nitrogen (N)	32,52
Abu	10,8
Protein	9,65

(Tarigan, 2018)

2.2 Bambu

Indonesia merupakan negara dengan keanekaragaman jenis bambu, dengan sekitar 160 jenis bambu yang beraneka ragam dan memiliki ciri khas masing-masing. Dari 160 jenis bambu, terdapat 122 jenis bamboo ada di Indonesia, 88 di antaranya *endemik* Indonesia, dan 65 di antaranya merupakan jenis bambu potensial yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia (Yuli, 2018).

Tanaman bambu tersebar di daerah tropis Asia, Afrika dan Amerika. Benua Asia merupakan daerah sebaran bambu terbesar. Tanaman bambu seperti yang kita

kenal umumnya berupa rumpun dengan batang berkayu. Jika tinggi, ujung bambu akan menjuntai dan daunnya akan tampak bergoyang. Tinggi tanaman bambu umumnya 0,3-30m, diameter batang 0,25-25cm, dan ketebalan dinding bisa mencapai 25mm. Tanaman ini dapat mencapai umur yang sangat panjang dan biasanya mati tanpa berbunga (Abrori, 2016).



Gambar 2.2 Bambu petung

Salah satu jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung. Ukuran batang bambu petung jauh lebih besar dibandingkan jenis lainnya. Rebungnya umumnya digunakan untuk bahan makanan, sedangkan bambunya banyak digunakan dalam konstruksi karena batangnya yang tebal dan dindingnya yang tebal (Rini, 2019).

Tabel 2.2 Komponen-Komponen dalam Bambu petung

Komponen	Kandungan (%)
Selulosa	42,4
Lignin	26,6
Pentosa	3,77
Air	15
Abu	3,77
SiO ₂	1,78

(Elmita Eka Putri, 2016)

Dalam Al-Qur'an Allah SWT juga berfirman pada surat Ali-Imran (3):191

رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ...

Artinya: "... Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau ..." (Q.S. Ali-Imran (3):191)

Menurut ayat di atas, semua yang Allah SWT ciptakan tidaklah sia-sia. Sesungguhnya Allah SWT menciptakan seluruh isi bumi dan membudidayakan

berbagai tumbuhan dengan berbagai khasiat dan manfaat. Semua ciptaan Allah yang ada di muka bumi ini tidak lain adalah nikmat yang patut disyukuri, dengan memanfaatkannya sebaik-baiknya dan menggali ciptaan-Nya semaksimal mungkin agar dapat benar-benar merasakan tanda-tanda kekuasaan Allah dan meningkatkan keimanan (Qusaiyen, 2008).

2.3 *Paving block*

2.3.1 *Pengertian Paving Block*

Paving block juga dikenal sebagai *interblockconcrete*. Sejak 1950-an telah banyak digunakan di Belanda sebagai alternatif batu bata tradisional untuk pekerjaan jalan beton. *Paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan pengikat hidrolis sejenis, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak menurunkan mutu beton (Yusuf, 2015).

Paving block yang dipasang dengan jarak bebas pada setiap *paving block* dapat melewatkan 30 hingga 50 persen air, menjaga ketersediaan air di dalam tanah. Selain itu, *paving block* memiliki banyak variasi dalam bentuk, ukuran, warna, pola, tekstur permukaan, dan kekuatan. Selain itu, pemasangan *paving block* lebih mudah, cepat, dan tidak memerlukan alat khusus untuk pemasangannya. *Paving block* dibuat dari campuran semen *Portland* atau pengikat hidrolis seperti air dan agregat (Widari, 2015)



Gambar 2.3 *Paving Block*

Namun, banyak penelitian sekarang telah menemukan bahan alternatif untuk *paving block* dengan tujuan meningkatkan kinerja *paving block* dan mengurangi biaya material serta mencegah kerusakan lingkungan. *Paving block* banyak digunakan untuk pengerasan jalan, seperti trotoar, tempat parkir, jalan perumahan, taman, dan sebagainya.

Ada beberapa keuntungan menggunakan *paving block*, yaitu:

1. *Paving block* mudah dipasang.
2. Jika *paving block* rusak, perbaikannya tidak memerlukan banyak material tambahan karena paver merupakan material yang dapat digunakan kembali walaupun sudah dilepas. Keseimbangan air tanah terjaga dengan adanya penyerapan air oleh *paving block* untuk menopang beton/rumah di atasnya.
3. Berat *paving block* yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan beton atau aspal, menjadikannya salah satu penopang utama stabilitas pondasi rumah.

Kelemahan *paving block* adalah sebagai berikut:

1. Fondasi tidak kokoh, mudah terbentur, dan kenyamanan kendaraan berkecepatan tinggi buruk.
2. Sangat mudah untuk mengubah fiksasi jika tidak direkatkan dengan benar, sehingga dapat menyebabkan lubang.
3. *Paving block* tidak cocok digunakan di medan dan perkotaan padat yang dilalui kendaraan berkecepatan tinggi.

Jenis-jenis *paving block* menurut Wintoko (2012) adalah:

1. *Paving block* dengan press manual/tangan diproduksi dengan menggunakan cetakan *paving block* dengan tangan manusia. Mutu beton jenis *paving block* ini adalah mutu beton tipe D (K 50-100). Pada umumnya *paving block* dengan press tangan hanya digunakan untuk penggunaan non struktural seperti taman, jalan setapak, teras dan penggunaan lain yang tidak memerlukan beban berat untuk diletakkan di atasnya.
2. *Paving block* dengan press mesin getar. Secara umum, *paving block* press mesin diklasifikasikan sebagai *paving block* dengan kualitas kelas C-B (K 150-250). *Paving block* dengan mesin getar dapat digunakan sebagai pengganti *paving block*

dengan peralatan parkir, namun karena perbedaan harga tidak jauh berbeda dengan *paving block* dengan jenis press mesin hidrolik (K 300-450), dan lebih banyak diminati konsumen memilih *paving block* hidrolik bukan *paving block* dengan *paving block* press mesin getar.

3. *Paving block* dengan press hidrolik. *Paving block* jenis ini dipres dengan press hidrolik dengan kuat tekan lebih besar dari 300 kg/cm^2 . *Paving block* dengan press mesin hidrolik dapat diklasifikasikan sebagai *paving block* dengan mutu beton kelas B-A (K 300-450). Jenis perkerasan jalan ini dapat digunakan untuk keperluan non struktural maupun untuk penggunaan struktural yang menopang beban berat yang melewatinya, mulai dari lingkungan jalan lingkungan hingga perkerasan untuk peralatan terminal peti kemas pelabuhan (Wintoko, 2012).

2.3.2 Syarat Mutu *Paving Block*

Menurut SNI-03-0691-1996, persyaratan kualitas untuk batu *paving block* adalah sebagai berikut:

- a. Sifat tampak

Permukaan *paving block* harus rata, bebas retak dan cacat, serta rusuknya tidak mudah terjepit oleh jari.

- b. Ukuran

Bata *paving block* harus memiliki ketebalan nominal minimal 60mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

- c. Sifat fisis

Sifat fisik *paving block* ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisis *paving block*

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	9

Standar Nasional Indonesia SNI, 1996

Keterangan

- a) Bata *paving block* dengan kualitas A: diperuntukkan buat jalan
 - b) Bata *paving block* dengan kualitas B: diperuntukkan buat tempat parker.
 - c) Bata *paving block* dengan kualitas C: diperuntukkan buat pejalan kaki.
 - d) Bata *paving block* dengan kualitas D: diperuntukkan buat pertamanan dan sejenisnya.
- d. Tahan terhadap Natrium Sulfat
- Paving block* jika dilakukan pengujian maka tidak boleh rusak, dan berkurang beratnya yang dikenakan maksimum 1%.

2.3.3 Bahan Penyusun *Paving Block*

Bahan-bahan penyusun *paving block* sebagai berikut:

1. Semen Portland

Semen merupakan bahan utama pembuatan *paving block*. Dengan pengertian bahwa semen adalah suatu bahan yang memiliki sifat adhesif atau kohesif, yaitu sebagai pengikat. Menurut Standar Industri Indonesia, semen adalah bahan pengikat untuk bahan-bahan seperti kerikil, pasir, batu bata, dan sejenisnya. Bahan semen telah umum dipergunakan sejak zaman Yunani kuno, Roma dan Mesir.

Sebelum mencapai bentuknya yang sekarang, pengikat dan perkuatan bangunan ini pada awalnya merupakan hasil pencampuran batu kapur dan pozzolan, yang diaktifkan setelah proses pembakaran pada akhir abad ke-18. Insinyur Inggris

John Smeaton menemukan kembali campuran semen menggunakan campuran batu, kapur dan tanah liat ketika ia membangun menara Eddystone Beacon di pantai Cornish Inggris. Namun, bukan Smeaton yang akhirnya mematenkan prekursor semen, melainkan Joseph Aspdin. Penemuannya diberi nama Semen *Portland* pada tahun 1824 karena warna produk olahannya mirip dengan tanah liat yang biasa ditemukan di pulau Portland (Hidayat, 2009).

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang diproduksi dengan menggiling terak semen *portland*, yang sebagian besar terdiri dari kalsium silikat hidraulik, dalam kombinasi dengan satu atau lebih bentuk kristal dari senyawa kalsium sulfat. Digiling bersama, dapat ditambahkan aditif lain. Bahan baku utama pembuatan semen adalah bahan yang mengandung mineral kapur (CaO), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃). Sumber bahan baku tersebut dapat diperoleh dari berbagai batuan dan mineral yang mengandung keempat oksida tersebut.

Tabel 2.5 susunan oksida semen portland

Komponen	Persen
60% Kapur (CaO)	60-65
Silica (SiO ₂)	7-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi(Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2

Sumber (Widojoko, 2010).

Menurut ASTM, semen *Portland* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Semen Portland jenis I

Yaitu semen *Portland* yang konstruksinya menggunakan bahan umum yang tidak memiliki persyaratan khusus dalam hal teknologi, proses pengerasan, dan pengembangan kekuatan yang lambat.

2. Semen Portland jenis II

Ini adalah semen Portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan sulfat, persyaratan konstruksi yang lebih ringan, pengerasan berat hidrasi sedang, dan

pengembangan ketahanan yang cepat.

3. Semen Portland jenis III

Ini adalah semen Portland, yang memiliki persyaratan tinggi pada ketahanan awal permukaan setelah penyegelan, mengandung lebih banyak trikalsium silikat (C_3S) daripada Tipe I, sehingga memancarkan panas hidrasi yang tinggi dan mengeras dengan sangat cepat.

4. Semen Portland jenis IV

Merupakan semen Portland yang penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah, dengan kandungan tetrakalsium silikat ($C_4S AF = 4 CaO Al_2O_3$) dan kalsium silikat ($C_2S = 2 CaO SiO_2$) yang tinggi.

5. Semen Portland jenis V

Ini adalah semen Portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan sulfat yang tinggi, mengandung kandungan aluminium tetrakalsium ferit (C_4AF) yang tinggi, dan kandungan trikalsium sulfat (C_3A) yang rendah dibandingkan dengan jenis I, sehingga tahan terhadap zat kimia (Sukandarrumidi, 2018).

2. Agregat

Menurut SNI 03-2847-2006, agregat halus ini adalah agregat dengan ukuran partikel maksimum 5,00 mm. Agregat adalah partikel mineral alami yang digunakan sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton. Sekitar 60-70% volume mortar atau beton diisi dengan agregat. Agregat mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan mata rantai yang penting dalam pembuatan mortar atau beton (Bambang, 2019).

Kekuatan agregat mempunyai pengaruh yang besar terhadap beton, karena pada umumnya kekuatan agregat lebih besar dari pada pasta semen. Agregat dapat dibedakan menurut ukuran partikel agregatnya, ukuran partikel yang lebih besar disebut agregat kasar, dan ukuran partikel yang lebih kecil disebut agregat halus. Agregat halus yang disebut pasir dapat berupa pasir alam yang diperoleh langsung dari sungai, tanah galian, atau hasil penghancuran batu.

Agregat pada umumnya dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

- a. Batu, umumnya butiran yang terdapat didalamnya lebih besar dari 40 mm.

- b. Kerikil, umumnya butiran yang terdapat didalamnya sebesar 5 sampai 40 mm.
- c. Pasir, umumnya butiran yang terdapat didalamnya sebesar 0,15 sampai 5 mm.

Persyaratan rasio campuran beton untuk agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut:

- a. Persentase berat maksimum lumpur atau kandungan partikulat kurang dari 75 mikron (ayakan 200).
 - 1) Buat beton yang mengalami keausan 3%
 - 2) Buat Beton jenis lain 5.0%
- b. Kandungan gumpalan tanah liat dan partikel rapuh (maks. 0,5% dari partikel gembur).
- c. Kandungan arang dan lignin.
- d. Tidak mengandung zat organik yang merusak beton.
- e. Jika agregat halus digunakan untuk membuat beton yang terkena kelembaban konstan atau kontak dengan tanah lembab, tidak boleh mengandung bahan alkali-reaktif. Agregat reaktif alkali dapat digunakan untuk membuat beton dengan semen dengan kadar alkali yang dihitung setara dengan tidak lebih dari 0,6% natrium oksida ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) atau dengan penambahan bahan yang mencegah pembengkakan, yang dapat menjadi reaksi agregat alkali yang berbahaya.
- f. Sifat permanen, diuji dengan larutan sulfat
 - 1) Jika natrium sulfat digunakan, bagian yang dihaluskan hingga 10%.
 - 2) Jika magnesium sulfat digunakan, bagian yang dihancurkan maksimum adalah 15% (Bambang, 2019).

3. Air

Air yang dipakai untuk pencampuran dan merawat beton yang mengeras harus memenuhi persyaratan air bersih dan bebas dari bahan organik, lumpur, minyak, gula, klorida, asam atau bahan perusak beton lainnya. Secara umum, air minum dapat digunakan sebagai air pencampur beton. Jenis air yang dapat digunakan untuk air pencampur beton adalah:

- a. Air hujan menyerap gas dan udara saat menyentuh tanah. Air hujan biasanya mengandung oksigen, nitrogen, dan karbon dioksida.
- b. Air Tanah. Biasanya mengandung unsur kationik dan anionik. Selain itu, terkadang ada unsur CO₂, H₂S dan NH₃.
- c. Air permukaan meliputi air sungai, air danau, air genangan dan air waduk. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampur beton asalkan tidak tercemar oleh limbah industri. Pada saat yang sama, air rawa atau genangan air yang mengandung zat alkali tidak dapat digunakan.
- d. Air laut, air laut dengan kadar garam 30.000-36.000 mg/L (3%-3.6%) dapat digunakan sebagai air pencampur untuk beton tidak bertulang. Air laut dengan kadar garam lebih dari 3% tidak boleh digunakan dalam campuran beton. Untuk beton tekan, air laut tidak diperbolehkan karena mempercepat korosi tulang (Bambang, 2019).

2.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) adalah metrik penting dalam desain *paving block*. FAS rendah menghasilkan lebih sedikit kelembaban antara blok semen dan jarak yang lebih pendek antara partikel semen. Faktor air semen adalah berat air dibagi dengan berat semen, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut ini:

$$\text{FAS} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \quad (2.1)$$

Air diperlukan dalam pembuatan *paving block* untuk memicu proses kimia pada semen, membasahi agregat berupa pasir, dan memberikan kenyamanan selama pekerjaan pembuatan *paving block*. Biasanya, air minum dapat digunakan dalam campuran *paving block*. Air adalah salah satu komponen yang diperlukan untuk reaksi kimia dengan semen untuk membentuk bubur semen. Selain itu, air juga berfungsi sebagai pelumas antar partikel agregat, sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan (Imron Rusadi, 2017).

2.5 Sifat Fisis *Paving Block*

Pengujian sifat fisis pada *paving block* adalah:

1. Densitas

Densitas adalah massa jenis suatu benda, disini merupakan ukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi nilai kerapatan rata-rata suatu benda, maka semakin tinggi pula nilai volume massanya.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.2)$$

Keterangan:

ρ = densitas (g/cm³)

m = massa (g)

v = volume (cm³)

2. Daya Serap Air

Penyerapan air adalah persentase berat air yang dapat diserap oleh suatu bahan ketika direndam dalam air. Uji serapan ini mengacu pada standar SNI 03-0691-1996.

$$absorpsi = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

A = Massa *paving block* dalam keadaan basah (g)

B = Massa *paving block* dalam keadaan kering (g)

2.6 Sifat Mekanis *Paving Block*

Pengujian mekanik pada *paving block* adalah:

1. Kuat Tekan

Kuat tekan suatu material didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban atau gaya mekanik sebelum terjadi kegagalan. Pengujian kuat tekan diproses dengan cara digerus dengan alat pres yang dapat diatur. Kecepatan pengepresan diatur pada 1 hingga 2 menit dari awal pengisian hingga sampel uji dihancurkan. Arah fokus sampel uji disesuaikan dengan arah tekanan beban yang

digunakan sesuai standar SNI 03-0691-1996 pada *paving block*. Rumus untuk pengujian kuat tekan menggunakan mesin uji universal adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L} \quad (2.4)$$

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm²)

Nilai rata-rata sampel uji dihitung dengan membagi kuat tekan total dengan jumlah sampel uji. Berdasarkan respon beban tekan (P) yang diberikan oleh Mesin Uji Kompresi maka akan diterima secara merata oleh seluruh penampang sampai beton benda uji tekan runtuh (Maulana, 2019).

2. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kekuatan beton untuk menahan lentur yang biasanya terjadi pada balok struktur. Kuat lentur dapat dipelajari dengan membebankan balok dengan beban titik P di tengah balok atau setiap sepertiga bentang. Beban akan bertambah sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dengan letak utama berada di tengah bentang. Besarnya momen gaya pada saat keruntuhan adalah tahanan maksimum balok beton saat menahan lentur SNI 03-4154-1996

Rumus kuat lentur beton dinyatakan dalam *modulus of Rupture*. Rumus kuat lentur beton yaitu:

$$f_{it} = \frac{3PL}{2Bd^2} \quad (2.5)$$

Keterangan:

R = Kuat benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)

L = jarak bentang antara dua garis perletakan (cm)

B = Lebar tampak lintang benda uji (cm)

D = Tinggi tampak lintang benda uji (cm)

2.7 Penelitian yang Relevan

Mulyazmi dkk (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu dan penambahan bubuk kakao terhadap porositas bata, suhu dan penambahan bubuk kakao terhadap penyerapan air bata, suhu dan penambahan abu kakao terhadap berat dan penambahan bata dan perbandingan abu kakao dan bata biasa batu bata. Diantara hasil yang diperoleh, kuat tekan batako tertinggi diperoleh pada temperatur pembakaran 1000 °C sebesar 392,2 kg/cm³ dengan penambahan bubuk kakao 15%. Porositas terbaik sebesar 22,9% diperoleh dengan penambahan abu sekam kakao 15% pada suhu 1000 °C. Pada batas 1000 °C, penyerapan air minimum dengan penambahan 15% bubuk kakao adalah 17%. Batu bata dengan penambahan bubuk kakao lebih baik dari batu biasa dengan kuat tekan lebih dari 56,1 kg/cm².

Penelitian (Ilmas Sulistyio Rofii, 2017) terkait dengan analisis kuat tekan dan kuat tarik lentur campuran beton dengan penambahan ranting bambu, bertujuan untuk mengetahui peningkatan kuat tekan dan kuat tarik beton akibat penambahan serat bambu. Hasil peningkatan kuat tekan tetapi tidak signifikan, khusus beton campur 0,3% meningkat 1,625%, beton campuran 0,4% meningkat 6,31%, beton campuran 0,5% meningkat 10,58%, dan beton tanpa serat dibandingkan dengan lentur dan tarik kekuatan beton bebas serat, beton tambah 0,35 bertambah 12,73%, beton tambah 0,4% bertambah 35,24%, dan beton tambah 0,5% bertambah 89,94%.

Penelitian (Muhammad Muliadi dkk) yang bertujuan untuk menganalisis apakah *paving block* dengan berbagai variasi campuran tanah liat dan abu kakao dapat memenuhi mutu yang dipersyaratkan, dan untuk mengetahui karakteristik *paving block* dengan campuran tanah liat dan abu kakao. Hasil yang diperoleh saat pengujian kuat tekan dan daya serap air *paving block* hampir sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yaitu penambahan cangkang kakao 25%.

2.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah: terdapat Pengaruh abu kulit kakao (*Theobroma cacao*) dan abu bambu (*Bambuseae*) terhadap karakteristik *paving block*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah eksperimental dan kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah abu sekam kakao dan abu bambu. Sampel tersebut diuji untuk menentukan hubungan antara sifat fisik dan mekanik dan komposisi bahan.

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

2.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan maret - Oktober 2021.

2.1.2 Tempat Penelitian

Persiapan dan analisis sampel untuk penelitian ini dilakukan di:

1. Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
2. Laboratorium Teknologi Hasil Hutan (THH), Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara Medan. Jl.Tri Dharma Ujung No.1.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang dipergunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu::

1. Neraca digital
Berfungsi untuk menimbang bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block*.
2. Mistar
Berfungsi untuk mengukur panjang *paving block*.
3. Jangka sorong
Berfungsi untuk mengukur dimensi *paving block*.
4. Sendok semen
Berfungsi untuk memindahkan dan mencampurkan bahan penyusun *paving block* (abu kulit kakao, abu bambu, pasir, semen, dan air).

5. Ayakan 100 Mesh
Berfungsi untuk menyaring abu kakao dan abu bambu.
6. Ember
Berfungsi sebagai tempat perendaman *paving block* pada pengujian daya serap air.
7. UTM (*Universal Testing Machine*)
Berguna untuk menguji kuat tekan.
8. *Hydraulic Concrete Beam Testing*
Berfungsi sebagai alat untuk menguji kuat lentur.
9. Cetakan:
 - a. Kubus (3x3x3) cm³ dipergunakan untuk cetakan sampel uji kuat daya tekan, densitas, dan ketahanan daya serap air.
 - b. balok (10x3x3) cm³ dipergunakan untuk cetakan sampel uji kuat daya kelenturan.
10. Gelas ukur 500 ml
Berfungsi sebagai tempat untuk menakar perbedaan volume air dengan bahan lainnya.

2.2.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan eksperimen ini antara lain:

1. Abu kulit kakao
2. Abu bambu
3. Semen Portland
4. Agregat Halus (pasir)
5. Air.

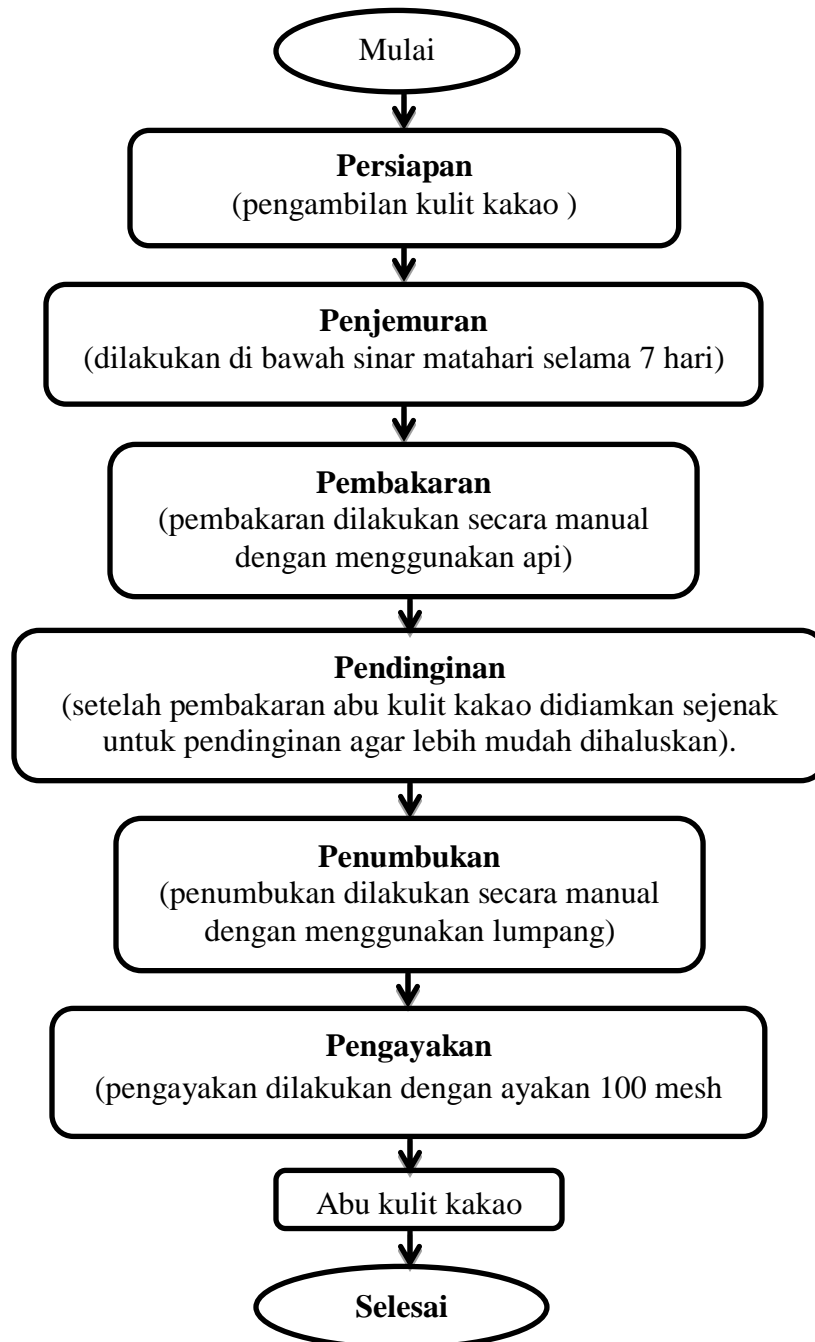
2.3 Diagram Alir Penelitian

2.3.1 Tahap Pembuatan Abu Kulit Kakao

Diagram alir tahap-tahap pembuatan abu kulit kakao dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Pembuatan Abu Kulit Kakao

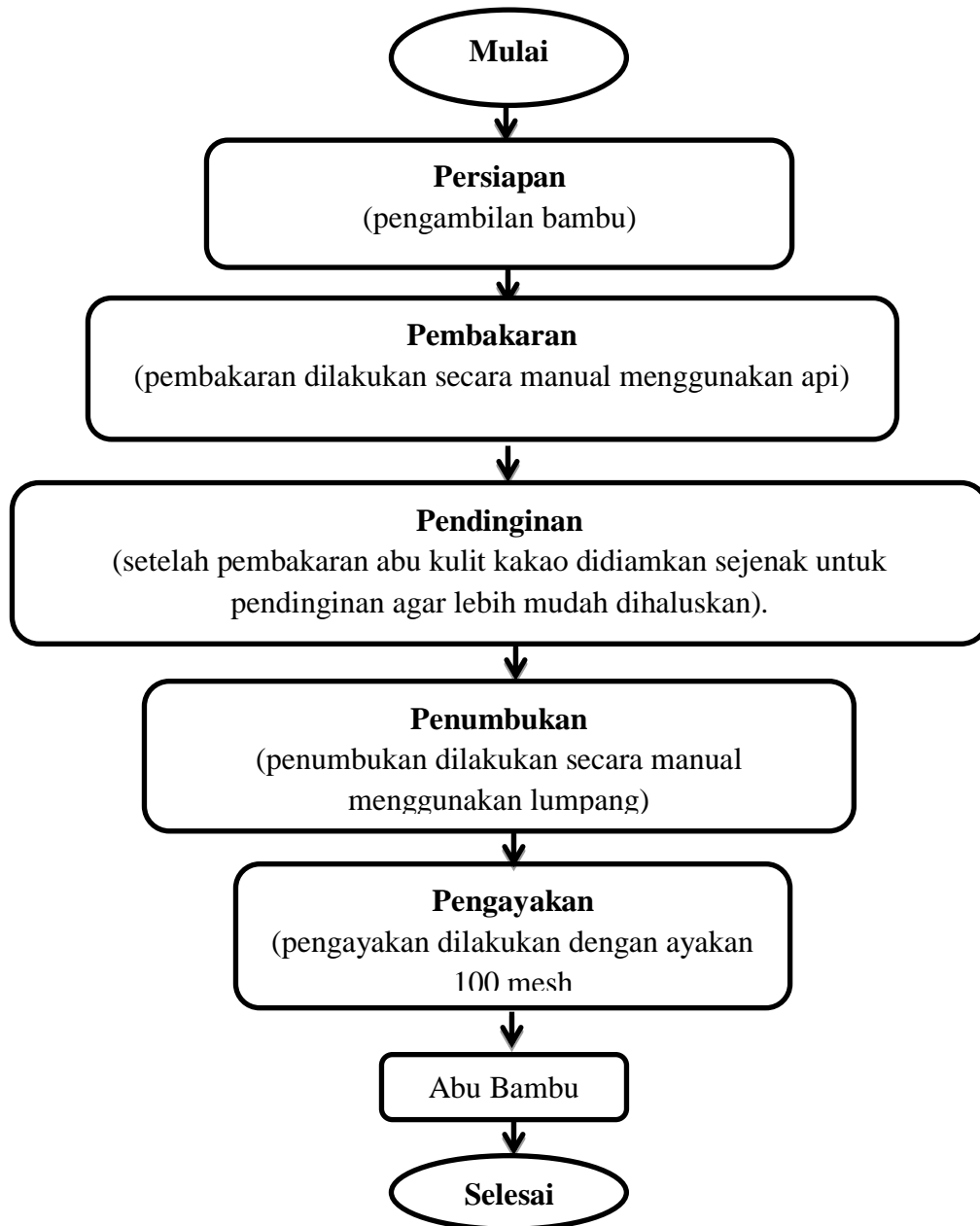
Diagram alir tahap-tahap pembuatan abu kulit kakao



Gambar 3.1 Tahap Pembuatan Abu Kulit Kakao

2.3.2 Tahap Pembuatan Abu Bambu

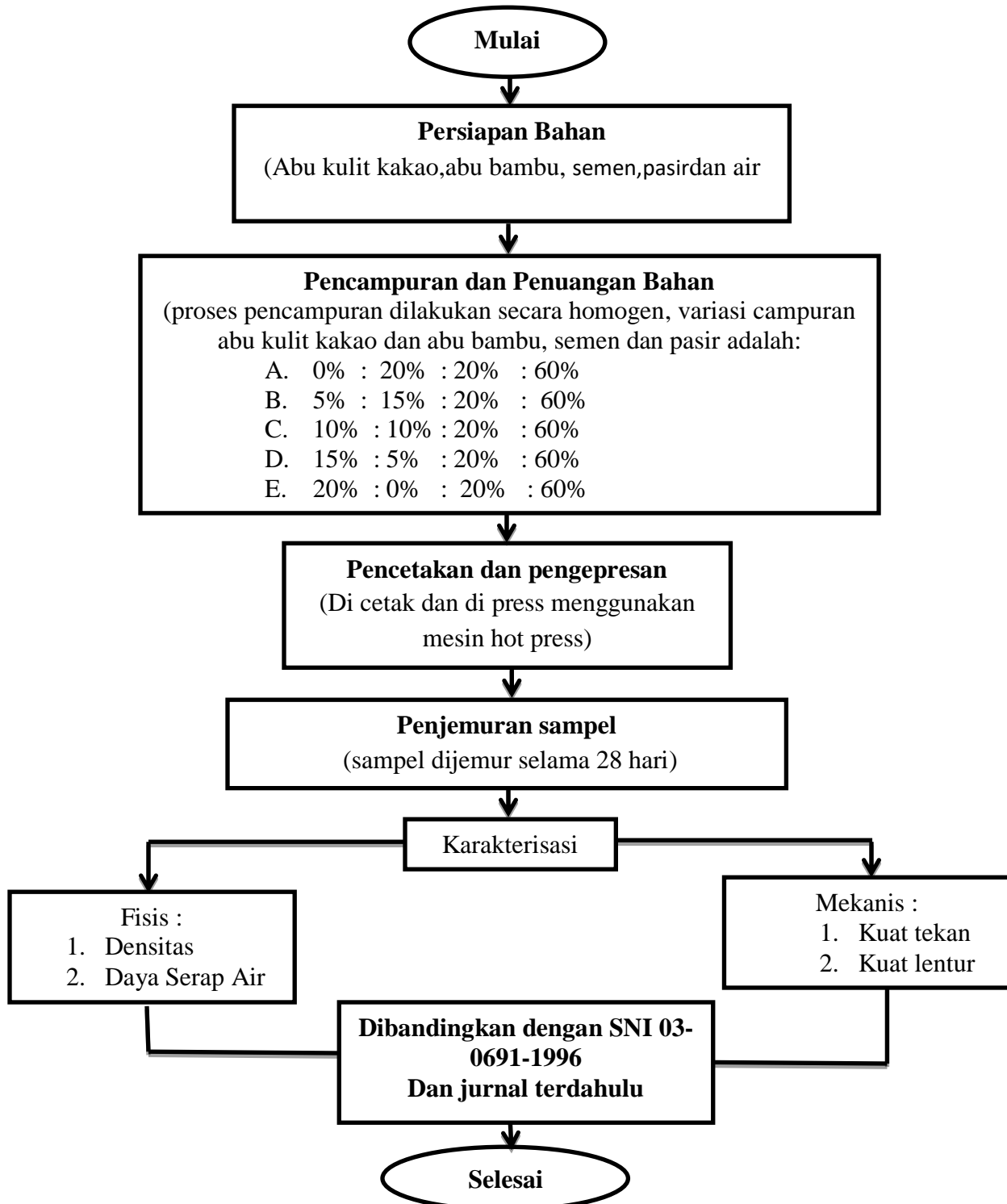
Diagram alir tahap-tahap pembuatan abu bambu



Gambar 3.2 Tahap Pembuatan Abu Bambu

2.3.3 Tahap Pembuatan dan Karakterisasi *Paving Block*

Diagram alir tahap-tahap pembuatan dan karakterisasi *paving block*



Gambar 3.3 Tahap Pembuatan dan karakterisasi *Paving Block*

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pembuatan Abu Kulit Kakao

Prosedur pembuatan abu kulit kakao:

1. Dipersiapkan kulit kakao
2. Dilakukan pemotongan kulit kakao menjadi bagian bagian kecil.
3. Diadakan pengeringan kulit kakao kurang lebih 7 hari.
4. Diadakan pembakaran kulit kakao secara manual menggunakan api.
5. Dilakukan penumbukan kulit kakao secara manual menggunakan lumpang.
6. Dilakukan pendinginan sejenak agar lebih mudah dihaluskan.
7. Dilakukan pengayakan abu kulit kakao dengan menggunakan ayakan.

2.4.2 Pembuatan Abu Bambu

Prosedur pembuatan abu kulit bambu

1. Dipersiapkan batang bambu.
2. Dilakukan pemotongan batang bambu menjadi bagian bagian kecil.
3. Dilakukan pembakaran bambu secara manual dengan menggunakan api.
4. Dilakukan penumbukan bambu secara manual menggunakan lumpang.
5. Dilakukan pendinginan sejenak agar lebih mudah dihaluskan.
6. Dilakukan pengayakan abu bambu dengan menggunakan ayakan.

2.4.3 Pembuatan *Paving block*

Sedangkan proses pembentukan *paving block* dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Sediakan material campuran *paving block* yaitu abu kulit kakao abu bambu, semen, pasir, dan air.
2. Dilakukan pembersihan semua alat dan bahan yang dipakai supaya tidak tercampur dengan material sejenisnya yang bisa merusak konsentrasi adonan *paving block*.
3. Dilakukan pencampuran bahan-bahan yang telah disiapkan dan diaduk secara merata, dengan persentase bahan yang telah ditetapkan.
4. Dilakukan penuangan bahan yang telah dicampur kedalam cetakan yang telah disiapkan.

5. Dilakukan pengepressan cetakan dengan mesin press kemudian diratakan permukaannya menggunakan media cetakan *paving block*.
6. Dilakukan pelepasan *paving block* dari cetakan, kemudian dilakukan penjemuran menggunakan panas cahaya matahari kurang lebih 28 hari.

2.5 Karakterisasi Fisis

2.5.1 Densitas

Tahap-tahap pengujian densitas ialah sebagai berikut:

1. Disiapkan alat uji.
2. Ditimbang berat alat uji.
3. Diukur besarnya volume dari tiap-tiap jenis alat uji.
4. Dihitung nilai densitas tiap-tiap alat uji dari data yang didapatkan.
5. Dicatat nilai densitas yang didapatkan.

2.5.2 Daya serap air

Tahap-tahap pengujian daya serap air ialah sebagai berikut:

1. Disiapkan wadah berisi air dan *paving block* yang akan di uji, setelah dilakukan penjemuran selama 28 hari.
2. Diukur massa *paving block* dan catat hasilnya.
3. Dimasukkan *paving block* kedalam wadah yang berisi air tersebut dan direndam selama 24 jam.
4. Setelah *paving block* direndam selama 24 jam, *paving block* diangkat dari wadah dan dihitung massa *paving block*.
5. Hitunglah berapa besar daya serap air tiap-tiap alat uji dari data yang didapatkan.
6. Catatlah besaran data daya serap air yang didapatkan.

2.6 Karakterisasi Mekanis

2.6.1 Kuat Tekan

Tahap-tahap pengujian kuat tekan ialah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji *paving block*.

2. Diukur sisi panjang, lebar, dan tinggi untuk tiap-tiap sampel yang akan di uji kemampuan daya tekanannya.
3. Diletakkan alat uji (3x3x3) cm³ pada alat uji kuat tekan yaitu UTM.
4. Diatur jarum alat kuat tekan tepat pada angka nol.
5. Dinyalakan tombol power dan memperhatikan jarum petunjuk beban, serta memberikan beban tekan (F) secara perlahan dari atas hingga *paving block* sampai hancur.
6. Dicatat besaran nilai ketahanan beban daya tekan maksimal yang ditunjukkan oleh jarum uji UTM.
7. Diulangi aktivitas penelitian sebanyak 3 kali dengan memakai sampel uji buat kode sampai ukuran bahan-bahan yang berbeda.

2.6.2 Kuat Lentur

Tahap-tahap uji kekuatan daya lentur ialah:

1. Siapkan bahan uji.
2. Ukur dan catat tiap-tiap bahan uji.
3. Timbang dan catat tiap-tiap bahan uji.
4. Ditempatkan bahan uji pada tumpuan.
5. Dilakukan pemberian beban dengan kecepatan 8 – 10 kg/cm² per menit.
6. Dikurangi kecepatan pemberian beban menjelang benda uji lentur.
7. Diambil benda uji yang sudah dilakukan pengujian, dengan penurunan plat perletakkan benda uji atau naikkan alat pemberian bebannya.
8. Diukur dan dicatat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 tempat dan ambil nilai rata-ratanya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian “Pengaruh Abu Kulit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Abu Bambu (*Bambuseae*) Terhadap Karakteristik *Paving Block*” ini mencakup kombinasi abu kakao, abu bambu, dan pasir terhadap karakteristik *paving block* yang dihasilkan. Dari penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan hasil nilai densitas, kemampuan menyerap air, kemampuan menahan tekana, dan ketahanan kelenturan.

4.1 Karakterisasi Sifat Fisis

Karakterisasi sifat fisis diterapkan kepada beberapa bahan jenis campuran dengan cara mengukur nilai densitas dan kemampuan menyerap air.

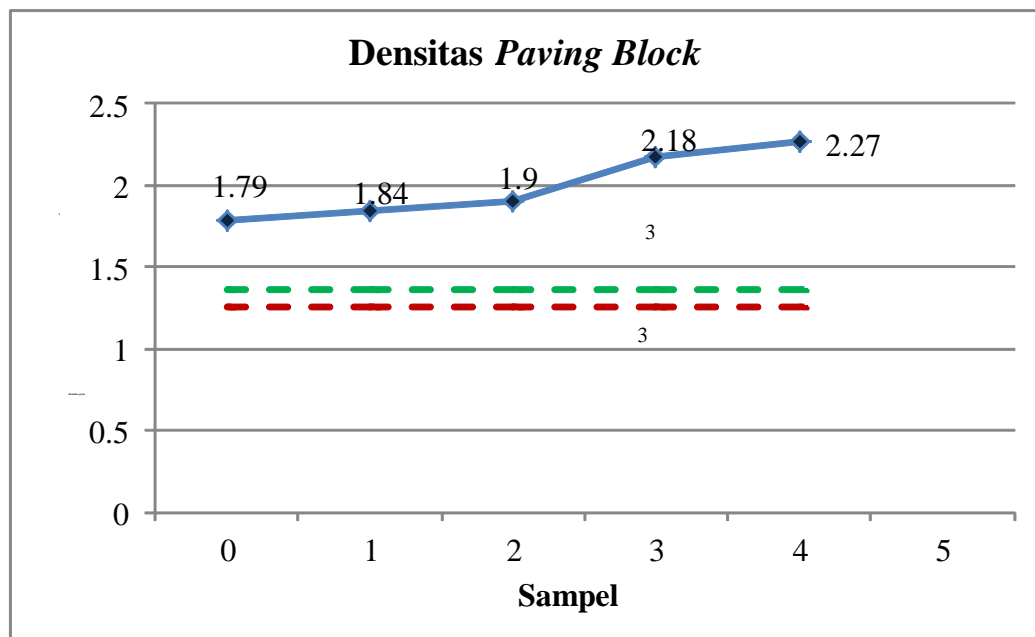
4.1.1 Densitas

Berdasarkan hasil pembuatan *paving block* dengan campuran abu kulit kakao dan abu bambu, didapatkan data tentang nilai densitas *paving block* sebagaimana akan diuraikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Densitas *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Densitas (g/cm ³)	Densitas rata-rata (g/cm ³)
A	A ₁	1,82	1,79
	A ₂	1,76	
	A ₃	1,80	
B	B ₁	1,85	1,84
	B ₂	1,86	
	B ₃	1,83	
C	C ₁	1,93	1,90
	C ₂	1,94	
	C ₃	1,84	
D	D ₁	2,16	2,18
	D ₂	2,19	
	D ₃	2,21	
E	E ₁	2,26	2,27
	E ₂	2,32	
	E ₃	2,24	

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas bisa dipahami bahwa hasil pengkurua tingkat densitas *paving block* dengan pola pencampuran abu kakao 0% abu bambu 20%, abu kakao 5% abu bambu 15%, abu kakao 10% abu bambu 10%, abu kakao 15% abu bambu 5%. abu kakao 20% abu bambu 0% yaitu $1,79 \text{ g/cm}^3$, $1,84 \text{ g/cm}^3$, $1,90 \text{ g/cm}^3$, $2,18 \text{ g/cm}^3$, $2,27 \text{ g/cm}^3$. Berikut ini akan digambarkan mengenai pengujian tingkat densitas berdasarkan pola pencampuran abu kakao dan abu bambu.



Berdasarkan gambar 4.1 di atas bisa dipahami hasil pengukuran densitas terbesar pada sampel uji yang mengandung abu kakao 20% dan abu bambu 0% (sampel E) diketahui sebesar $2,27 \text{ g/cm}^3$ dan nilai densitas paling rendah terdapat pada sampel uji yang mengandung abu kakao 0% abu bambu 20% (sampel A) yaitu sebesar $1,79 \text{ g/cm}^3$. Kenaikan densitas ini dipengaruhi berbagai pola pencampuran abu kakao.

Dapat dilihat bahwasanya semakin banyak variasi campuran abu kakao maka densitas akan semakin tinggi dengan demikian kualitas *paving block* akan semakin baik. Sebaliknya jika variasi abu bambu semakin banyak maka densitas akan semakin rendah. Berdasarkan jurnal Elsyani, dkk (2019) dengan judul “Sifat Fisik *Paving Block* Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable

Pavement)'' yang menyatakan bahwa Menurut ASTM C 1688-08 beton porous mendapatkan hasil perhitungan densitas sebesar 1,75 hingga 2 gr/cm³ . Jika dibandingkan *paving block* dijual dipasaran pada umumnya mempunyai hasil pengukuran densitas dengan rata-rata sebesar 2 gr/cm³ . Dengan demikian pengujian densitas yang terdapat pada sampel D dan E dalam peelitian ini sudah memenuhi standart yang umum dijual dipasaran.

4.1.2 Daya Serap Air

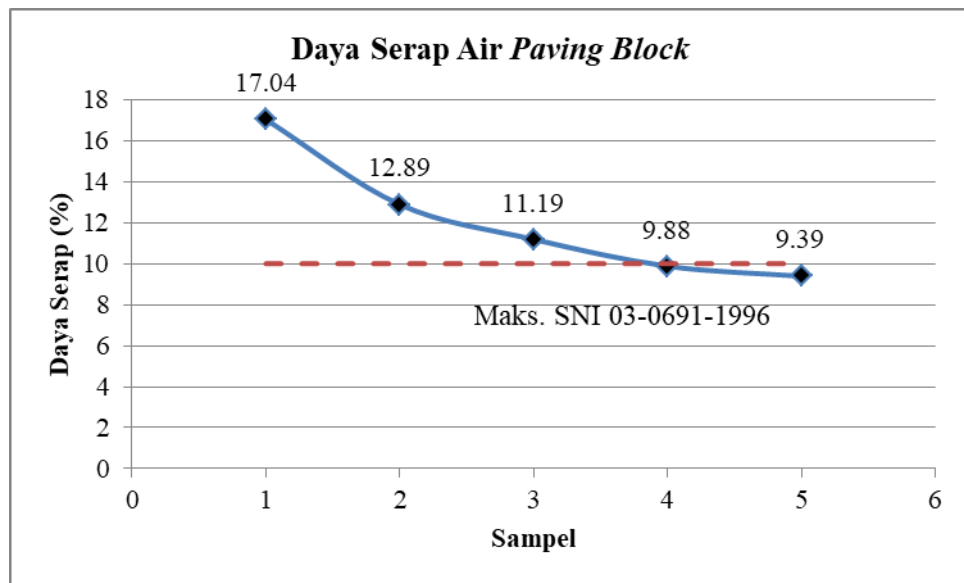
Berdasarkan hasil pembentukan *paving block* menggunakan bahan abu kulit kakao dan abu bambu, maka diperoleh nilai kemampuan penyerapan air *paving block* sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Daya Serap Air *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air rata-rata (%)	SNI 03-0691-1996 (%)
A	A ₁	17,86	17,04	Mutu D Maks 10
	A ₂	18,08		
	A ₃	15,20		
B	B ₁	12,42	12,89	
	B ₂	14,21		
	B ₃	12,05		
C	C ₁	9,99	11,19	
	C ₂	12,22		
	C ₃	11,38		
D	D ₁	9,44	9,88	
	D ₂	10,32		
	D ₃	9,88		
E	E ₁	9,69	9,39	
	E ₂	9,58		
	E ₃	8,91		

Berdasarkan Tabel 4.2 tersebut bisa dipahami bahwa hasil pengukuran kemampuan menyerap air *paving block* dengan campuran bahan abu kakao 0% abu bambu 20%, abu kakao 5% abu bambu 15%, abu kakao 10% abu bambu 10% (sampel A, B dan C) yaitu sebesar 17,04%, 12,89%, 11,19% belum memenuhi SNI 03-0691-1996. Sedangkan pada penambahan varisai abu kakao 15% abu bambu 5% dan abu kakao 20% dan abu bambu 0% sebesar 9,88% dan 9,39% telah sesuai dengan

SNI 03-0691-1996. Adapun hasil pengukuran kemampuan menyerap air *paving block* yang terbuat dari bahan pencampuran abu kulit kakao dan abu bambu.



Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Daya Serap Air *Paving Block*

Berdasarkan Gambar 4.2 tersebut bisa dipahami bahwa hasil pengukuran kemampuan menyerap air terendah pada sampel uji yang mengandung abu kulit kakao 20% dan abu kulit bambu 0% (sampel E) yaitu sebesar 9,39%, sebaliknya hasil pengukuran kemampuan menyerap air tertinggi didapatkan pada bahan pencampuran abu kulit kakao 0% dan abu bambu 20% (sampel A) yaitu sebesar 17,04%. Penurunan daya serap air dipengaruhi oleh variasi campuran abu kulit kakao dan abu bambu. Semakin banyak persentase bambu semakin besar kemampuan menyerap air dan semakin besar persentase abu kulit kakao maka semakin kecil daya serap air.

Keterangan diatas tentang abu kulit abu kakao sejalan dengan penelitian Muhammad Muliadi, dkk (2020) yang berjudul “Pemanfaatan Tanah Lempung Dan Abu Kulit Kakao Sebagai Bahan Baku Pengganti Pasir Pada Pembuatan *Paving Block*” yang menyatakan bahwa dengan persentase penambahan abu kulit kakao yang semakin meningkat, akan menyebabkan hasil pengukuran kemampuan menyerap air *paving block* akan semakin besar pula.

4.2 Karakteristik Sifat Mekanis

Sifat mekanik dari berbagai komponen perubahan campuran diuji dengan pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

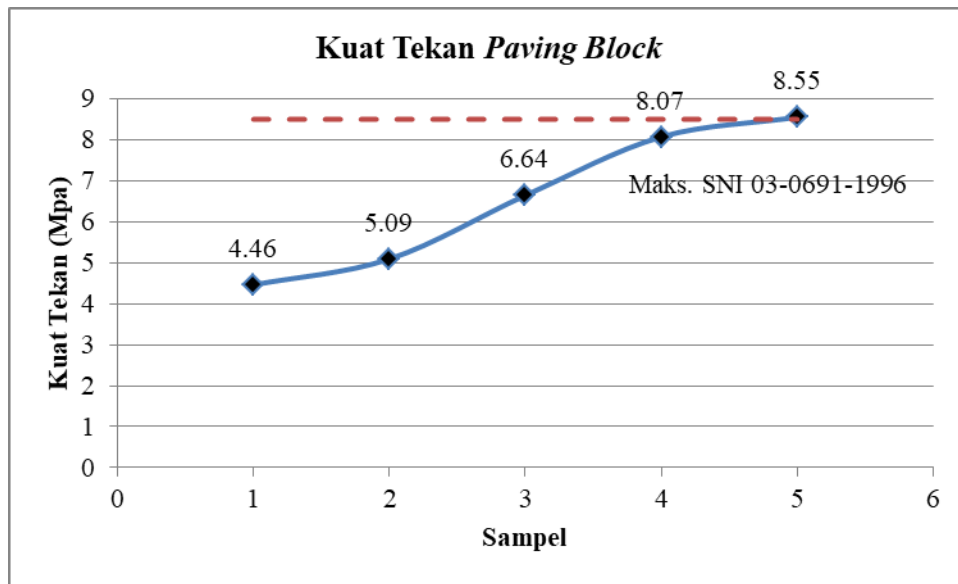
4.2.1 Kuat Tekan

Dari pengujian yang telah dilaksanakan, besarnya kuat tekan ditunjukkan pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kuat Tekan *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	SNI 03-0691-1996 (MPa)
A	A ₁	4,39	4,46	Mutu D Min 8,5
	A ₂	4,46		
	A ₃	4,53		
B	B ₁	5,15	5,09	
	B ₂	5,06		
	B ₃	5,05		
C	C ₁	6,64	6,64	
	C ₂	6,64		
	C ₃	6,64		
D	D ₁	8,07	8,07	
	D ₂	8,04		
	D ₃	8,10		
E	E ₁	8,59	8,55	
	E ₂	8,54		
	E ₃	8,53		

Berdasarkan Tabel 4.3 tersebut bisa dipahami bahwa hasil pengukuran kemampuan kuat tekan pada bahan pencampuran abu kakao 0% abu bambu 20%, abu kakao 5% abu bambu 15%, abu kakao 10% abu bambu 10%, abu kakao 15% abu bambu 5% (sampel A, B, C dan D) yaitu sebesar 4,46, 5,09 6,64 dan 8,07 belum memenuhi SNI 03-0691-1996. Sedangkan, pada variasi penambahan abu kakao 20% abu bambu 0% (sampel E) yaitu sebesar 8,55 telah sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Adapun gambaran tentang hasil perhitungan nilai kemampuan menyerap air dengan bahan campuran abu kulit kakao dan abu bambu dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Kuat Tekan *Paving Block*

Mengacu kepada Gambar 4.3 bisa dipahami bahwa terdapat peningkatan kuat tekan pada sampel dengan penambahan abu kakao sebanyak 20% dan terdapat pengurangan daya kekuatan tekan dengan bahan campuran abu bambu sebanyak 20%. Kuat tekan tertinggi terjadi pada sampel E dengan nilai 8,55, kemudian kuat tekan pada sampel A, B, C dan D belum memenuhi SNI 03-0691-1996 dengan nilai kuat tekan 4,46, 509, 6,64 dan 8,07. Kemudian pada sampel dengan penambahan abu bambu terdapat penurunan kuat tekan dengan penambahan abu bambu sebesar 20% yang kemudian dapat diartikan kuat tekan *paving block* akan menjadi rendah dengan kuantitas penambahan abu bambu yang semakin tinggi.

Keterangan diatas tentang abu kulit kakao sejalan dengan penelitian Mulyazmi, dkk (2015) dengan judul “Pemanfaatan Abu Kulit Kakao Untuk Pembuatan Batu Bata” yang menunjukkan bahwa kuat tekan akan meningkat dengan penambahan abu kakao. Peningkatan kuat tekan ini dikarenakan adanya penambahan abu sekam kakao pada *paving block* yang memiliki senyawa silika (SiO_2).

4.2.2 Kuat Lentur

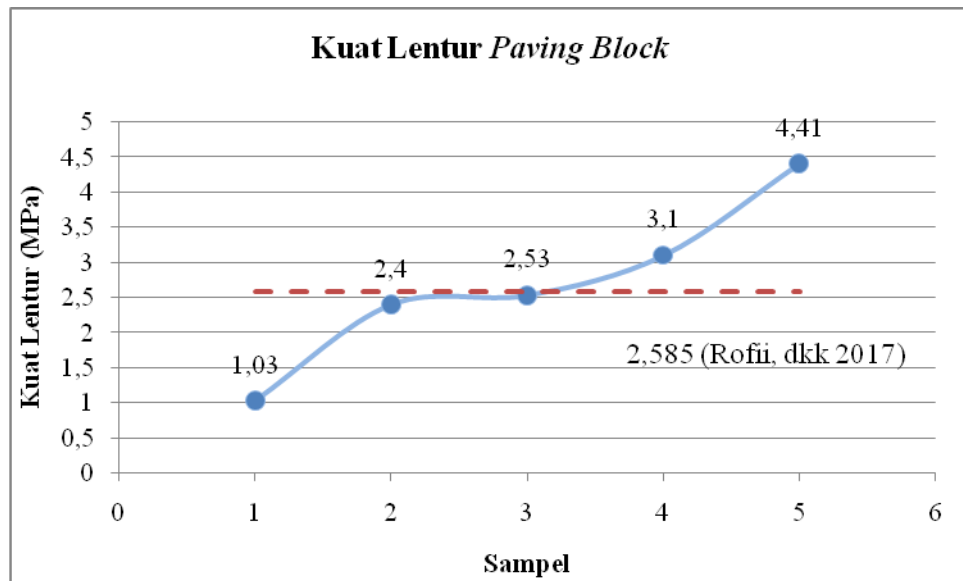
Pengujian kuat lentur diadakan guna mendapatkan nilai ketahanan *paving block* terhadap beban titik lentur dan untuk mendapatkan nilai elastisitas material.

Berdasarkan pengujian yang sudah dilaksanakan, besarnya kekuatan lentur dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Kuat Lentur *Paving Block*

Sampel	Kode Sampel	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
A	A ₁	0,92	1,03
	A ₂	1,16	
	A ₃	1,01	
B	B ₁	1,43	2,40
	B ₂	3,09	
	B ₃	2,69	
C	C ₁	2,02	2,53
	C ₂	3,53	
	C ₃	4,94	
D	D ₁	2,60	3,10
	D ₂	3,20	
	D ₃	3,51	
E	E ₁	4,15	4,41
	E ₂	4,70	
	E ₃	4,38	

Berdasarkan Tabel 4.4 tersebut bisa dipahami bahwa hasil pengukuran kelenturan pada bahan pencampuran abu kakao 0% abu bambu 20%, abu kakao 5% abu bambu 15%, abu kakao 10% abu bambu 10%, abu kakao 15% abu bambu 5%, abu kakao 20% abu bambu 0% yaitu 1,03 MPa, 2,40 MPa, 2,53 Mpa, 3,10 Mpa, dan 4,41 MPa. Adapun gambaran mengenai hasil pengukuran kelenturan *paving block* menggunakan bahan pencampuran abu kakao dan abu bambu dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Kuat Lentur *Paving block*

Mengacu pada Gambar 4.4 tersebut bisa dipahami bahwa terjadi kenaikan pada hasil pengukuran kekuatan kelenturan *paving block*. Kuat lentur paling tinggi terdapat pada sampel E yaitu sebesar 4,41 MPa dan kuat lentur terendah pada sampel A yaitu sebesar 1,03 MPa. peningkatan ketahanan kelenturan pada *Paving Block* yang paling bagus terjadi pada saat penambahan abu kakao dengan presentase 20% abu bambu 0%.

Dari grafik penambahan abu bambu dalam kuat lentur mengalami penurunan. Namun kuat lentur pada sampel C, D, E sudah mencapai nilai kuat lentur pada penelitian rofii, dkk (2017) dengan judul “Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Campuran Beton dengan Penambahan Ranting Bambu”

4.3 Pembahasan Penelitian

Berdasarkan data penelitian tentang pembentukan *paving block* dengan pencampuran bahan abu kakao dan abu bambu menghasilkan:

Abu kakao dan abu bambu bisa dipakai sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*. Hal ini dapat dibuktikan dari nilai penyerapan air dan nilai kuat tekan parsial yang sesuai dengan persyaratan kualitas D untuk *paving block* yang diizinkan oleh standar SNI 03-0691-1996. Persyaratan maksimal penyerapan air *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 adalah 10%. Adapun nilai kuat tekan yang ditentukan oleh standar SNI 03-0691-1996 memiliki persyaratan minimal 8,5 MPa untuk *paving block*.

Pengujian daya serap air dan kuat tekan Sampel A menghasilkan *paving block* berkarakteristik 17,04% dan 4,46 MPa, Sampel B sebesar 12,89% dan 5,09 MPa, Sampel C sebesar 11,19% dan 6,64 MPa, serta Sampel D sebesar 9,88% dan 8,07 MPa, serta sampel E masing-masing adalah 9,39% dan 8,55 MPa. Nilai penyerapan air tertinggi dari sampel uji (Sampel A) yang mengandung 0% abu kakao dan 20% abu bambu adalah 17,04%. Sedangkan nilai kuat tekan paling tinggi terjadi pada sampel uji (Sampel E) yang memiliki 20% abu kakao dan 0% abu bambu adalah 8,55 MPa.

Berdasarkan sampel uji yang memiliki bahan abu kakao dan abu bambu, *paving block* yang sesuai persyaratan kualitas D yang ditentukan dalam standar SNI 03-0691-1996 adalah sampel E. Abu kakao, abu bambu, semen, pasir pada sampel E memiliki sifat yang paling baik karena daya serap airnya yang rendah dan nilai kuat tekan yang paling tinggi.

Adanya kenaikan nilai densitas pada *paving block* dikarenakan menambahkan bahan abu kakao. Nilai perhitungan densitas pada *paving block* yaitu 1,79 g/cm³ s.d. 2,27 g/cm³. Hal ini disebabkan karena campuran *abu kakao dan abu bambu* memiliki nilai densitas yang kecil.

Terjadi penurunan hasil pengukuran kemampuan menyerap air pada *paving block* disebabkan ditambahkannya bahan abu kakao. Hasil perhitungan kemampuan menyerap air pada *paving block* yang baik pada variasi campuran abu kakao dan abu

bambu pada sampel D dan E telah sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 dan dapat dikategorikan sebagai kualitas D yang menetapkan bahwa persyaratan maksimal kemampuan menyerap air adalah sebesar 10%.

Adanya kenaikan nilai kuat tekan pada *paving block* disebabkan karena adanya pencampuran bahan abu kakao. Nilai pengujian kuat tekan pada *paving block* yaitu 4,46 MPa s.d. 8,85 MPa. Hanya sampel E *paving block* telah sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 dan dapat dikategorikan dalam kualitas D.

Hasil pengukuran kekuatan kelenturan *paving block* mengalami kenaikan disebabkan karena adanya pencampuran bahan abu kakao. Hasil perhitungan kekuatan kelenturan *paving block* dengan karakteristik yang paling optimum adalah 20% : 0% : 20% : 60% (sampel E). Hal ini dikarenakan semakin tingginya persentase abu kakao pada *paving block* maka kuat lentur semakin meningkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap karakteristik *paving block*. Dengan bertambahnya abu kakao maka nilai densitas mengalami kenaikan dan untuk nilai daya serap air mengalami penurunan.
2. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh abu kulit kakao dan abu bambu terhadap karakteristik *paving block*. Dengan bertambahnya abu kulit kakao maka nilai kuat tekan dan kuat lentur mengalami kenaikan.
3. Komposisi penambahan abu kulit kakao, abu bambu, semen, dan pasir untuk menghasilkan paving block dengan karakteristik yang optimum adalah sampel E dengan variasi 20% : 0% : 20% : 60% karena memiliki nilai daya serapnya air dan nilai kuat tekan yang sudah memenuhi syarat mutu D pada paving Block SNI 03-0691-1996 yang dapat diaplikasikan untuk penggunaan taman.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan penelitian yang dilakukan oleh penulis, disarankan agar:

1. Kepada peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian kembali dengan variasi komposisi dengan jenis limbah yang berbeda dengan komposisi campuran yang bervariasi, karena memanfaatkan limbah sebagai alternatif cara untuk mengurangi limbah kulit kakao dan memanfaatkan bambu untuk meningkatkan mutu *paving block*.
2. Untuk penelitian selanjutnya, perlu mempelajari kembali perubahan komposisi jenis residu yang berbeda dalam campuran bahan yang berbeda, karena menggunakan residu sebagai metode alternatif untuk mengurangi residu cangkang kakao dan menggunakan bambu untuk meningkatkan kualitas *paving*

block.

3. Untuk peneliti selanjutnya tidak disarankan menggunakan abu bambu terlalu banyak. Karena semakin banyak abu bambu karakteristik paving block tidak memenuhi SNI.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, Romi. 2016. Eksplorasi dan Karakteristik Bambu (Poaceae-Bambusoideae) Di Kecamatan Tirtoyudo Kabupaten Malang. *Skripsi Biologi FST UIN Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Bambang, Wintoko. 2012. *Sukses Wirausaha Batako dan Paving Block*. Pustaka Baru Press.
- Maulana, I. 2019. Sifat Mekanik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik. Vol13(1)*.
- Muliadi, Muhammad, dkk 2021. Pemanfaatan Tanah Lempung Dan Abu Kuit Kakao Sebagai Bahan Baku Pengganti Pasir Pada Pembuatan *Paving Block*. *Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Samudra*.
- Mulyazmi, dkk. 2015. Pemanfaatan Abu Kulit Kakao Untuk Pembuatan Batu Bata. *Jurnal Teknik Kimia FTI Universitas Bung Hatta Vol 9 No.1*.
- Mutiara, Prestika, dkk. 2016. Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Uji Kuat Tekan Paving Block Menggunakan Campuran Tanah dan Semen Dengan Alat Pematat Modifikasi. *Skripsi Fakultas Universitas Teknik Lampung*.
- Putri, Eka Elmita., dkk. 2016. Potensi Arang Aktif Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Sebagai Adsorben Ion Mn dan No dalam Air Sumur Bor Buruk Bakul, Bengkalis. *University of Riau*, 1-9.
- Qusaiyen. 2008. Ulu Al-Albab Sebagai Profil Intelektual Pendidik (Kajian Tematis Terhadap Konsep Ulu Al-Albab Dalam Al-Quran. *Jurnal Studi Al-Quran vol.IV No.1*.
- Rini, D. S. 2019. Sifat Fisis Bambu Petung (Dendrocalamus asper (Schult. F.) Backer ex Heyne) dari KHDTK (Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus) Senaru Berdasarkan Posisi Aksial. *Jurnal Belantara*.

- Rofi, Sulistyono Ilmas., dkk. 2017. Analisa Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Campur Beton Dengan Penambahan Ranting Bambu. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 140-144.
- Rusadi, Imron dan Galih Damar. 2017. Pengaruh Penggantian Sebagian Pasir Lumajang dengan Pasir Garuk Terhadap Nilai Kuat Tekan Paving Block di Probolinggo. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1-10.
- Sandra. 2017. Study Pengaruh Gaya Tekan Terhadap Karakteristik Biobriket Kulit Kakao (*Theobroma cacao*). . *Jurnal Teknik Pertanian Universitas Brawijaya Vol.21 no.2*.
- Saputra, A. R. 2017. . Sintesis Material Silika Mesopori SBA-15 Dari Abu Daun Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schult. Backer ex Heyne). *Jurnal Kimia FMIPA UNMUL*.
- Standard Nasional Indonesia SNI. 1996. Bata Beton (Paving Block). SNI 03-0691-1996. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Sujatmiki, Bambang. 2019. *Teknologi Beton dan Bangunan*. Media Sahabat Cindekia.
- Sukan darrumidi. 2018. *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Syarif, Hidayat. 2009. *Semen Jenis dan Aplikasinya*. Kawan Pustaka.
- Tarigan, A. L. 2018. Pemanfaatan Cangkang Coklat (kakao) Sebagai Bahan Pembuatan Briket Arang dalam Upaya Pengganti Bahan Bakar Minyak. *Skripsi Poltekkes Medan* .
- Widari, L. A. 2015. Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Malikussaleh Vol.5 No.1*.

- Widjojoko, L. 2010. Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar. *Jurnal Teknik Sipil UBL vol 1 No,1*.Yahya, A. N. 2018. Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik Paving Block. *Skripsi FT Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia*.
- Yulianto, Dwi Anggara. 2019. Karakteristik Briket Arang Berbahan Tempurung Mahoni dan Kulit Kakao. *Skripsi Teknik Pertanian FTP Universitas Jember*.
- Yuli, R. 2018. Karakteristik Arang Bambu Haur (*Bambusa vulgaris Schrad*) dan Cina (*Arundinaria gigantea (Walter) Muhl*) dari Tempat Tumbuh yang Berbeda The Characteristics of Bamboo Charcoal Derived from *Bambusa vulgaris Schrad* and *Arundinaria gigantea (Walter) Muhl* Growi. *Jurnal Riset Industri Hutan Vol.10 NO.1*.
- Yusuf, A. 2015. Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Bahan Tambahan Paving Block Sebagai Alternatif Perkerasan Pada Lahan Parkir Di Universitas Muhammadiyah Metro. . *Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro (Vol.4 No.2)*.

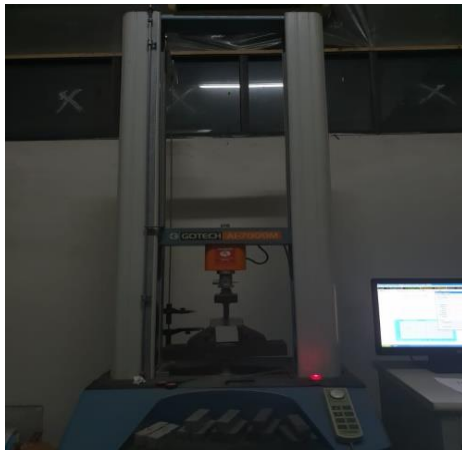
LAMPIRAN 1
GAMBAR ALAT-ALAT PERCOBAAN



penggaris



Alat Hotpress



UTM (*Universal Testing
Machine*)



Timbangan



Lesung



Sendok Semen



Gelas Ukur



Cetakan



Cetakan

LAMPIRAN 2
GAMBAR BAHAN- BAHAN PERCOBAAN



Abu bambu



Semen

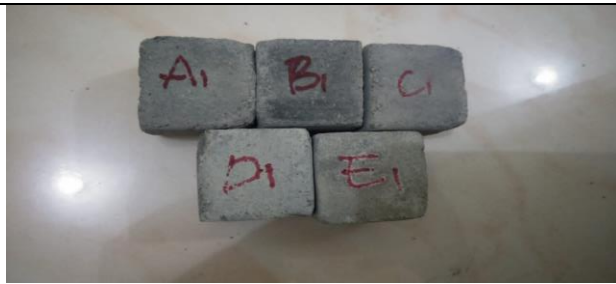


Abu kakao

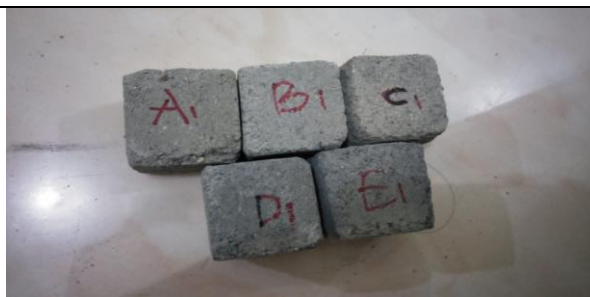
LAMPIRAN 3
SAMPEL PAVING BLOCK



Gambar sampel kuat lentur



Gambar sampel kuat tekan



Gambar sampel densitas dan daya serap air

LAMPIRAN 4

DATA PENGUKURAN DENSITAS

Nilai densitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana ρ = Massa jenis (g/cm^3)

M = Massa (g)

V = Volume (cm^3)

Perhitungan densitas

Sampel A

- Sampel A₁

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{46,91\text{g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,80\text{ g/cm}^3$$

- Sampel A₂

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{46,00\text{ g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,76\text{ g/cm}^3$$

- Sampel A₃

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{47,35\text{ g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,82\text{ g/cm}^3$$

Sampel B

- Sampel B₁

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{48,22\text{ g}}{26,00\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,85\text{ g/cm}^3$$

- Sampel B₂

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{48,39\text{ g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,86\text{ g/cm}^3$$

- Sampel B₃

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{47,80\text{ g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,83\text{ g/cm}^3$$

Sampel C

- Sampel C₁

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{51,84\text{ g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,93\text{ g/cm}^3$$

- Sampel C₂

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{50,54\text{ g}}{126,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,94\text{ g/cm}^3$$

- Sampel C₃

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{51,82\text{ g}}{26,01\text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,99\text{ g/cm}^3$$

Sampel D

- Sampel D₁

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{56,23 \text{ g}}{26,01 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 21,16 \text{ g/cm}^3$$

Sampel D₂

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{57,12 \text{ g}}{26,01 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,19 \text{ g/cm}^3$$

Sampel D₃

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{57,56 \text{ g}}{26,01 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,21 \text{ g/cm}^3$$

Sampel E

- Sampel E₁

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{58,82 \text{ g}}{26,01 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,26 \text{ g/cm}^3$$

Sampel E₂

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{60,52 \text{ g}}{26,01 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,32 \text{ g/cm}^3$$

Sampel E₃

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{58,32 \text{ g}}{26,01 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,24 \text{ g/cm}^3$$

LAMPIRAN 5

DATA PENGUKURAN DAYA SERAP AIR

Nilai daya serap air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ daya serap air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

Dengan :

M_b = Massa basah sampel direndam (g)

M_k = Massa kering sampel (g)

Sampel A

- Sampel A₁

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{55,29 \text{ g} - 46,91 \text{ g}}{46,91 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 17,86\%$$

- Sampel A₂

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 18,08\%$$

- Sampel A₃

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{54,55 \text{ g} - 47,35 \text{ g}}{47,35 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 15,20\%$$

Sampel B

- Sampel B₁

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{53,21 \text{ g} - 48,22 \text{ g}}{48,22 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 12,42\%$$

- Sampel B₂

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{55,27 \text{ g} - 48,39 \text{ g}}{48,39 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 14,21\%$$

- Sampel B₃

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{53,56 \text{ g} - 47,80 \text{ g}}{47,80 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 12,05\%$$

Sampel C

- Sampel C₁

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{57,02 \text{ g} - 51,84 \text{ g}}{51,84 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 9,99\%$$

- Sampel C₂

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{58,72 \text{ g} - 50,54 \text{ g}}{50,54 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 12,22\%$$

- Sampel C₃

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{56,72 \text{ g} - 51,58 \text{ g}}{51,58 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 11,38\%$$

Sampel D

- Sampel D₁

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{61,54 \text{ g} - 56,23 \text{ g}}{56,23 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 9,44\%$$

- Sampel D₂

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{63,02 \text{ g} - 57,12 \text{ g}}{57,12 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 10,32\%$$

- Sampel D₃

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{63,22 \text{ g} - 57,56 \text{ g}}{57,56 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 9,88\%$$

Sampel E

- Sampel E₁

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{63,52 \text{ g} - 57,56 \text{ g}}{57,56 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 9,88\%$$

- Sampel E₂

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{66,32 \text{ g} - 60,52 \text{ g}}{60,52 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 9,58\%$$

- Sampel E₃

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{63,52 \text{ g} - 58,32 \text{ g}}{58,32 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Daya Serap Air} = 8,91\%$$

LAMPIRAN 6

DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN

Tabel Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi campuran Abu kakao dan Abu Bambu	Kode Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata- Rata (Mpa)
K 0% B 20%	A ₁	4,39	4,46
	A ₂	4,46	
	A ₃	4,53	
K 5% B 15%	B ₁	5,15	5,09
	B ₂	5,06	
	B ₃	5,05	
K 10% B 10%	C ₁	6,64	6,64
	C ₂	6,64	
	C ₃	6,64	
K 15% B 5%	D ₁	8,07	8,07
	D ₂	8,04	
	D ₃	8,10	
K 20% B 0%	E ₁	8,59	8,55
	E ₂	8,54	
	E ₃	8,53	

LAMPIRAN 7

DATA PENGUJIAN KUAT LENTUR

Tabel Data Hasil Pengujian Kuat Lentur

Variasi campuran Abu kakao dan Abu Bambu	Kode Sampel	Kode Sampel (Mpa)	Kuat Lentur Rata-Rata (Mpa)
K 0% B 20%	A ₁	0,92	1,03
	A ₂	1,16	
	A ₃	1,01	
K 5% B 15%	B ₁	1,43	2,40
	B ₂	3,09	
	B ₃	2,69	
K 10% B 10%	C ₁	2,02	2,53
	C ₂	3,53	
	C ₃	4,11	
K 15% B 5%	D ₁	2,60	3,10
	D ₂	3,20	
	D ₃	3,51	
K 20% B 0%	E ₁	4,38	4,41
	E ₂	4,70	
	E ₃	4,15	

LAMPIRAN 8
Penelitian merujuk pada Standar Nasional Indonesia 03-0691-1996:




SNI 03-0691-1996

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penyangangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"



ICS 91.100.30

Badan Standardisasi Nasional 

"Hak
dika

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"



SNI 03-0691-1996

Daftar Isi

Daftar Isi	i
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan	1
3 Definisi	1
4 Klasifikasi	1
5 Syarat mutu	1
6 Cara pengambilan contoh	2
7 Cara uji	2
8 Syarat lulus uji	4
9 Syarat penandaan	4



"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"



SNI 03-0691-1996

Bata beton (*Paving block*)

1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi acuan, definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat lulus uji dan syarat penandaan bata beton.

2 Acuan

SNI 03 - 0691 - 1989, Bata beton untuk lantai.

3 Definisi

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

4 Klasifikasi

Bata beton mutu A digunakan untuk jalan

Bata beton mutu B digunakan untuk peralatan parkir

Bata beton mutu C digunakan untuk pejalan kaki

Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

5 Syarat mutu

5.1 Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

5.2 Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.

5.3 Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel 1.

Tabel 1
Sifat-sifat fisika

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min.	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

SNI 03-0691-1996

5.4 Ketahanan terhadap natrium sulfat

Bata beton apabila diuji dengan cara seperti pada butir

6.6 tidak boleh carat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.

6 Cara pengambilan contoh

6.1 Pengambilan contoh

Contoh harus terdiri dari satuan yang utuh. Pengambilan harus dilakukan oleh pembeli atau badan yang diberi kuasa olehnya.

Contoh harus mencerminkan jumlah seluruh satuan dari kelompok dan diambil secara acak.

Contoh diambil dari beberapa tempat di dalam kelompoknya dan di dalam semua keadaan.

6.2 Jumlah contoh

Untuk partai sampai dengan 500.000 buah bata beton, dari setiap kelompok 50.000 buah diambil contoh rata-rata sebanyak 20 buah. Untuk partai lebih dari 500.000 buah, dari setiap kelompok 100.000 buah diambil contoh sebanyak 5 buah.

7 Cara uji

7.1 Sifat tampak

Semua hal tersebut pada butir 4.1 diperiksa dengan pengamatan yang teliti. Bata disusun di atas permukaan yang rata sebagaimana pada pemasangan yang sebenarnya.

7.2 Ukuran

Digunakan peralatan kaliper atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm. Pengukuran tebal dilakukan terhadap tiga tempat yang berbeda dan diambil nilai rata-rata.

Pengujian dilakukan terhadap 10 buah contoh uji.

7.3 Kuat tekan

7.3.1 Ambil 10 buah contoh uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dan rusuk-rusuknya disesuaikan dengan ukuran contoh uji.

7.3.2 Contoh uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakalannya.

7.3.3 Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

Keterangan :

P = beban tekan, N

L = luas bidang tekan mm²

Kuat tekan rata-rata dari contoh bata beton dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji.

7.4 Ketahanan aus

7.4.1 Ambil lima buah contoh uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x

SNI 03-0691-1996

50 mm dan tebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus).

7.4.2 Sisa dari pemotongan dibuat benda uji persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm (untuk penentuan berat jenis).

7.4.3 Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03-0028-1987, Cara uji ubin semen.

7.5 Penyerapan air

7.5.1 Lima buah benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), ditimbang beratnya dalam keadaan basah.

7.5.2 Kemudian dikeringkan dalam dapur pengering selama kurang lebih 24 jam, pada suhu kurang lebih 105°C sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan yang terdahulu.

7.5.3 Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A = berat bata beton basah

B = berat bata beton kering

7.6 Ketahanan terhadap natrium sulfat

7.6.1 Peralatan

- Larutan jenuh garam natrium sulfat yang jenuh dengan berat jenis antara 1,151 - 1,174.
- Bejana tempat merendam contoh dalam larutan natrium sulfat

7.6.2 Prosedur

- Dua buah benda uji utuh (bekas pengujian ukuran) dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat, kemudian dikeringkan dalam dapur pengering pada suhu (105 ± 2)°C hingga berat tetap, lalu didinginkan dalam eksikator.
- Setelah dingin ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram, kemudian direndam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 sampai dengan 18 jam, setelah itu diangkat dan didiamkan dulu agar cairan yang berlebihan meniris.
- Selanjutnya masukkan benda uji ke dalam dapur pengering pada suhu 105 ± 2°C selama kurang lebih 2 jam, kemudian dinginkan sampai suhu kamar.
- Ulangi perendaman dan pengeringan ini sampai 5 kali berturut-turut.
- Pada pengeringan yang terakhir, benda uji dicuci sampai tidak ada lagi sisa-sisa garam sulfat yang tertinggal.
- Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi garam sulfat yang tertinggal, larutan pencucinya dapat diuji dengan larutan BaCl₂.
- Untuk mempercepat pencucian dapat dilakukan pencucian dengan air panas bersuhu kurang lebih 40 - 50°C.
- Setelah pencucian sampai bersih, benda uji dikeringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap (± 2-4 jam), didinginkan dalam eksikator, kemudian ditimbang lagi sampai ketelitian 0,1 gram.
- Di samping itu diamati keadaan benda uji apakah setelah perendaman dalam larutan garam sulfat terjadi/nampak adanya retakan, gugusan atas cacat-cacat lainnya.

SNI 03-0691-1996

- j) Laporkan keadaan setelah perendaman itu dengan kata-kata :
- baik/tidak cacat, bila tidak nampak adanya retak-retak atau perubahan lainnya
 - cacat/retak-retak, bila nampak adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, dan gugus dan lain-lain
- k) Apabila selisih penimbangan sebelum perendaman dan setelah perendaman tidak lebih besar dari 1% dan benda uji tidak cacat nyatakan benda-benda uji tadi baik. Bila selisih penimbangan dari 2 di antara 3 benda uji tadi lebih besar dari 1%, sedang benda uji nya baik (tidak cacat) nyatakan bahwa benda uji secara keseluruhan menjadi cacat.

8 Syarat lulus uji

8.1 Kelompok dinyatakan lulus uji, apabila contoh yan⁹ diambil dari kelompok tersebut memenuhi ketentuan butir 4.

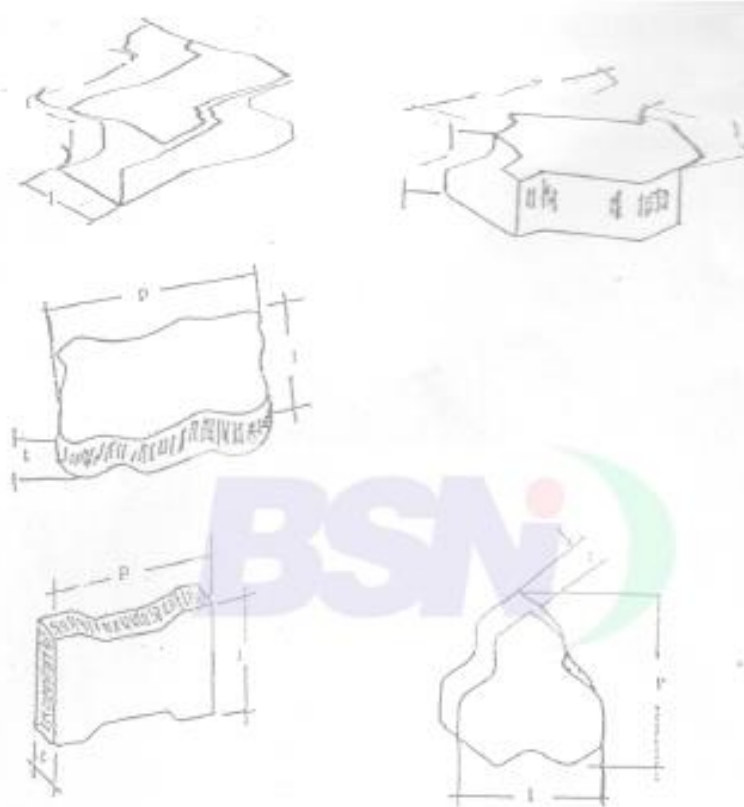
8.2 Apabila sebagian syarat tidak dipenuhi, dapat dilakukan uji ulang dengan contoh uji sebanyak dua kali jumlah contoh semula dan diambil dari kelompok yan⁹ sama.

8.3 Apabila pada hasil uji ulang semua syarat dipenuhi kelompok dinyatakan lulus uji. Kelompok dinyatakan tidak lulus uji kalau salah satu syarat mutu tidak dipenuhi pada uji ulang.

9 Syarat penandaan

Klasifikasi dan kode pabrik harus tertera pada setiap bata beton.

SNI 03-0691-1996



Gambar contoh bentuk bata beton

Keterangan :
 P = Panjang
 T = Tebal
 L = Lebar

"Tidak Cipta Badan Standarisasi Nasional. Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"