

SKIRIPSI ASNI Teknik Sipil.pdf

by Turnitin LLC

Submission date: 23-Sep-2026 03:07PM (UTC+0700)

Submission ID: 3039841027

File name: SKIRIPSI_ASNI_Teknik_Sipil.pdf (5.97M)

Word count: 20106

Character count: 126590

**PENGARUH BAHAN TAMBAHAN ² CACAHAN TEMPURUNG
KELAPA TERHADAP UJI KUAT TEKAN PADA MUTU PAVING
BLOCK**

TUGAS AKHIR



ASNI

NIM : 401221010003

**¹⁹ PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS ISLAM INDRAGIRI
TEMBILAHAN
2026**

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pada paving block merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah organik sekaligus mengurangi penggunaan agregat alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap nilai kuat tekan paving block serta mengevaluasi kelayakan penggunaannya sebagai bahan tambahan berdasarkan hasil pengujian kuat tekan. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan variasi penambahan cacahan tempurung kelapa sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% pada campuran paving block dengan perbandingan semen dan pasir 1:4. Benda uji dibuat, dirawat (*curing*) dengan penyiraman, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan paving block mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase cacahan tempurung kelapa. Pada umur 7 hari, kuat tekan rata-rata tertinggi diperoleh pada variasi 0% sebesar 3,73 MPa, sedangkan variasi 5%, 10%, dan 15% masing-masing sebesar 3,25 MPa, 2,55 MPa, dan 1,84 MPa. Pada umur 14 hari, nilai kuat tekan rata-rata meningkat menjadi 4,50 MPa pada variasi 0%, 2,63 MPa pada variasi 5%, 2,30 MPa pada variasi 10%, dan 1,99 MPa pada variasi 15%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan cacahan tempurung kelapa, maka nilai kuat tekan paving block cenderung menurun. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan belum mampu meningkatkan kuat tekan paving block, namun masih berpotensi dimanfaatkan dalam jumlah terbatas dengan mempertimbangkan kebutuhan mutu yang diinginkan.

ABSTRACT

The utilization of coconut shell waste as an additive in paving blocks is one alternative to reduce organic waste while decreasing the use of natural aggregates. This study aimed to determine the effect of adding coconut shell chips on the compressive strength of paving blocks and to evaluate their feasibility as an additive based on compressive strength test results. An experimental method was employed using coconut shell chip contents of 0%, 5%, 10%, and 15% in a paving block mixture with a cement-to-sand ratio of 1:4. The specimens were manufactured, cured by water spraying, and tested for compressive strength at the ages of 7 and 14 days.

The results showed that the compressive strength of the paving blocks decreased as the percentage of coconut shell chips increased. At the age of 7 days, the highest average compressive strength was obtained by the 0% variation at 3.73 MPa, while the 5%, 10%, and 15% variations achieved 3.25 MPa, 2.55 MPa, and 1.84 MPa, respectively. At 14 days, the average compressive strengths increased to 4.50 MPa for the 0% variation, 2.63 MPa for the 5% variation, 2.30 MPa for the 10% variation, and 1.99 MPa for the 15% variation. These findings indicate that increasing the percentage of coconut shell chips tends to reduce the compressive strength of paving blocks. Therefore, the use of coconut shell chips as an additive has not been shown to improve the compressive strength of paving blocks, although it may still be considered for limited applications depending on the required quality.

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul, **“Pengaruh Bahan Tambahan Cacahan Tempurung Kelapa Terhadap Uji Kuat Tekan Pada Mutu paving block”** dengan waktu yang telah ditentukan. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Strata-I Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer.

Dalam penyusunan skripsi ini, saya mengucapkan terima kasi kepada Bapak Syafrizal Thaher, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi dukungan dan semangat dan Bapak Khairul Ikhwan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahannya. Selain itu pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Najamuddin, Lc., M.A, selaku Rektor Universitas Islam Indragiri.
2. Bapak Dr. Bayu Rianto, S.Si, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Ilmu Teknik dan Ilmu Komputer universitas islam idragiri.
3. Bapak Syafrizal Thaher, S.T., M.T dan Bapak Khairul Ikhwan S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan support moril dan bimbingan yang luar biasa.
4. Bapak Khairul Ikhwan, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan banyak kemudahan dan dukungan serta arahan.
5. Seluruh dosen dan staf program studi Teknik sipil universitas islam Indragiri atas ilmu dan dukungan selama masa perkuliahan.
6. Rekan-rekan kelompok belajar Satu atap dan Sharing ilmu selama perkuliahan.
7. Kakak Tingkat dan Alumni Teknik Sipil Universitas Islam Indragiri yang memberikan motivasi dan berbagi ilmu.

terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri.

Tembilahan, April 2025

Asni

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Penelitian terdahulu	6
2.2. <i>Paving block</i>	8
2.2.1. Fungsi <i>Paving Block</i>	8
2.2.2. Aplikasi Perkerasan <i>Paving Block</i>	9
2.2. Jenis <i>Paving Block</i>	9
2.3. Uji Kuat Tekan Pada <i>Paving Block</i>	11
2.3.1. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Uji Kuat Tekan.....	11
2.3.2. Kategori Mutu <i>Paving Block</i> Berdasarkan Uji Kuat Tekan	13
2.4. Material Penyusun <i>Paving Block</i>	14
2.4.1. Semen	14
2.4.2. Agregat Halus.....	15
2.4.3. Air	16
2.4.4. Cacahan Tempurung Kelapa	16
2.5. Mekanisme Cacahan Tempurung Kelapa.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Karangka Penelitian.....	18
3.1.1. Identifikasi masalah	18
3.1.2. Studi Literature	18
3.1.3. Persiapan Penelitian	19
3.1.4. Alat	21
3.1.5. Bahan.....	27
3.2. Variasi Campuran.....	27
3.3. Langkah – Langkah Penelitian	28

3.5	Metode pengujian	9	30
3.6	Metode pengumpulan data		31
5	3.7 Metode Analisis Data		32
	BAB IV		35
	HASIL DAN PEMBAHASAN		35
	4.1. Gambaran Umum Penelitian		35
	4.2. Hasil Pengujian Material Penyusun.....		36
	4.2.1. Hasil Pengujian Semen		36
	4.2.2. Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir)		37
	4.2.3. Perbandingan Tempurung Kelapa Yang Memiliki Sabut Dan Tidak Memiliki Sabut		42
	4.2.4. Karakteristik Cacahan Tempurung Kelapa		43
159	4.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan Campuran Paving Block.....		44
	4.3.1. Perhitungan luas dan Volume Cetakan Paving Block Segi Enam		44
	4.3.2. Perhitungan Kebutuhan Bahan Campuran		45
	4.3.3. Komposisi Campuran Setiap Variasi		47
1	4.3.4. Pembuatan Benda Uji		49
	4.4. Persiapan Benda Uji Sebelum Pengujian Kuat Tekan		50
	4.4.1. Pemeriksaan Kondisi Benda Uji	1	51
	4.4.2. Pengukuran Dimensi Benda Uji		52
	4.4.3. Pemotongan Benda Uji	5	52
	4.4.4. Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan		53
	4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block		54
	4.5.1. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 7 Hari	78	55
14	4.5.2. Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 7 Hari		58
18	4.5.3. Kesesuaian Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Umur 7 Hari		59
	4.5.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 14 Hari	78	60
14	4.5.5. Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 14 Hari	46	63
	4.5.6. Kesesuaian Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Umur 14 Hari		65
	4.5.7. Perbandingan Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari Dan 14 Hari		66
103	4.6.1. Klasifikasi Kualitas Paving Block Berdasarkan Standar SNI		68
	4.8. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu		70
	BAB V		74
	KESIMPULAN DAN SARAN		74
	5.1. Kesimpulan		74
	5.2. Saran		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 jenis jenis paving.....	10
Tabel 2. 2 Katagori Mutu Paving Block	14
Tabel 3. 1 variasi campuran cacahan tempurung kelapa.....	28
Tabel 4. 1 variasi campuran	35
Tabel 4. 2 Karateristik Semen Garuda PPC	37
Tabel 4. 3 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air agregat halus	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Air Total Agregat Halus	39
Tabel 4. 5 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Agregat Halus	39
Tabel 4. 6 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Agregat Halus	40
Tabel 4. 7 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Agregat Halus	40
Tabel 4. 8 Kadar Lumpur Agregat Halus Lolos Saringan No. 200.....	41
Tabel 4. 9 Analisis Saringan Agregat Halus	41
Tabel 4. 10 Analisis Saringan Agregat Halus	42
Tabel 4. 11 Modulus Kehalusan (FM)	42
Tabel 4. 12 Perbandingan Tempurung Kelapa Dengan Sabut Dan Tanpa Sabut	42
Tabel 4. 13 Perbandingan Tempurung Kelapa Dengan Sabut Dan Tanpa Sabut	43
Tabel 4. 14 Karakteristik Cacahan Tempurung Kelapa	43
Tabel 4. 15 Komposisi Campuran.....	48
Tabel 4. 16 Variasi Campuran	50
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 7 Hari	56
Tabel 4. 18 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan 7 Hari.....	57
Tabel 4. 19 Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 7 Hari	59
Tabel 4. 20 Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Pada Umur 7 Hari.....	60
Tabel 4.21 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 14 Hari	61
Tabel 4. 22 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan 14 Hari.....	62
Tabel 4. 23 Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 14 Hari	64
Tabel 4. 24 Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Pada Umur 14 Hari.....	65
Tabel 4. 25 Hasil Perbandingan Kuat Tekan Paving Block Pada Umur 7 Hari Dan 14 Hari.....	66
Tabel 4. 26 Klasifikasi Kualitas Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996	68

tabel 4. 27 Perbandingan Paving Block Penelitian dan Pasaran	69
tabel 4. 28 Perbandingan Metode Produksi Paving Block Manual dan Mesin	70
tabel 4. 29 Analisis Nilai Ekonomis Paving Block Hasil Penelitian Dan Paving Block Pasaran	71
Tabel 4. 30 ¹ Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Alat tulis	22
Gambar 3. 2	HandPhone/Kamera	22
Gambar 3. 3	sendok semen	23
Gambar 3. 4	wadah Loyang	23
Gambar 3. 5	timbangan	24
Gambar 3. 6	palu	24
Gambar 3. 7	Jangka sorong	25
Gambar 3. 8	Mesin kuat tekan	25
Gambar 3. 9	cetakan paving	26
Gambar 3. 10	Alat pemadat manual	26
Gambar 3. 11	bagian alir	34
Gambar 4. 1	Pengukuran Dimensi Benda Uji	52
Gambar 4. 2	Pemotongan Benda Uji	53
Gambar 4. 3	Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan	54
Gambar 4. 4	grafik rata-rata kuat tekan umur 7 hari	58
Gambar 4. 5	grafik rata-rata kuat tekan umur 14	63
Gambar 4. 6	Perbandingan Nilai Rata-rata Kuat Tekan Paving Block pada Umur 7 Hari dan 14 Hari	67

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Paving block merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan sebagai penutup permukaan jalan, trotoar, halaman rumah, area parkir, dan taman karena memiliki keunggulan dalam kemudahan pemasangan, biaya perawatan yang relatif murah, serta nilai estetika yang baik. Seiring meningkatnya pembangunan infrastruktur dan kebutuhan sarana pendukung di masyarakat, permintaan terhadap paving block juga terus mengalami peningkatan. Kondisi tersebut menuntut adanya inovasi dalam pembuatan *paving block* agar memiliki kualitas yang lebih baik, khususnya pada nilai kuat tekan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan limbah tempurung kelapa yang diolah menjadi cacahan sebagai bahan tambahan campuran *paving block*. Tempurung kelapa memiliki kandungan silika dan sifat keras yang berpotensi meningkatkan kepadatan serta kekuatan *paving block*. Selain itu, pemanfaatan limbah tempurung kelapa juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan memberikan nilai ekonomis terhadap limbah yang selama ini kurang dimanfaatkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh bahan tambahan cacahan tempurung kelapa terhadap uji kuat tekan *paving block* perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana bahan tersebut dapat meningkatkan mutu *paving block*.

Selain digunakan sebagai bahan tambahan pada *paving block*, tempurung kelapa juga telah banyak diteliti sebagai material tambahan dalam campuran beton karena memiliki kandungan silika yang cukup tinggi serta struktur yang keras. Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan dinilai mampu memberikan alternatif material ramah lingkungan sekaligus mengurangi limbah organik yang semakin meningkat. Dalam bidang konstruksi, penggunaan bahan tambahan pada campuran beton maupun *paving block* bertujuan untuk meningkatkan karakteristik material, terutama terhadap kuat tekan dan daya tahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan tempurung kelapa pada campuran beton dapat mempengaruhi nilai slump, massa jenis, serta kuat tekan beton, tergantung pada persentase campuran yang digunakan. Oleh sebab itu, penggunaan cacahan tempurung kelapa pada *paving block* perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui pengaruhnya terhadap mutu *paving block*, khususnya pada pengujian kuat tekan, sehingga

209
dapat diperoleh komposisi campuran yang efektif dan sesuai dengan standar konstruksi yang berlaku.

60
Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan dalam campuran beton dan paving block dapat mempengaruhi nilai kuat tekan material. Tempurung kelapa memiliki sifat keras dan 45 kandungan silika yang cukup tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif dalam konstruksi. Selain membantu mengurangi limbah organik, penggunaan cacahan tempurung kelapa juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas paving block, khususnya pada mutu dan ketahanan tekan, sehingga perlu dilakukan pengujian 175 untuk mengetahui pengaruh penambahannya terhadap kuat tekan paving block.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa tempurung kelapa memiliki potensi sebagai bahan tambahan dalam campuran paving block karena mengandung silika dan memiliki sifat keras yang dapat mempengaruhi kuat tekan material. Pemanfaatan cacahan maupun abu tempurung kelapa juga memberikan manfaat dalam mengurangi limbah organik serta meningkatkan nilai ekonomis bahan yang sebelumnya kurang dimanfaatkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh bahan tambahan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu paving block perlu 51 dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan dan kualitas paving block yang dihasilkan. 3

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan campuran paving block dapat mempengaruhi nilai kuat tekan dan daya serap air. Selain digunakan sebagai bahan alternatif dalam konstruksi, limbah tempurung kelapa juga memiliki nilai ekonomis serta lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu, 3 penelitian mengenai pengaruh cacahan tempurung kelapa terhadap mutu paving block perlu 8 dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran yang dapat menghasilkan paving block dengan kualitas yang optimal.

3
Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan bernilai ekonomis. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan 164 informasi mengenai komposisi campuran yang tepat 51 untuk menghasilkan paving block dengan mutu yang baik.

9

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada campuran paving block dengan perbandingan semen dan pasir 1:4 terhadap nilai kuat tekan paving block?
2. Bagaimana perubahan nilai kuat tekan paving block pada umur 7 hari dan 14 hari akibat penambahan cacahan tempurung kelapa dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%?
3. Apakah penambahan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan layak digunakan pada campuran paving block berdasarkan hasil pengujian kuat tekan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada campuran paving block dengan perbandingan semen dan pasir 1:4 terhadap nilai kuat tekan paving block.
3. Mengetahui perubahan nilai kuat tekan paving block pada umur 7 hari dan 14 hari akibat penambahan cacahan tempurung kelapa dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%.
4. Mengetahui kelayakan penggunaan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pada campuran paving block berdasarkan hasil pengujian kuat tekan.

2

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Manfaat teoritis
 - 1). Menambah pengetahuan dalam bidang teknik sipil mengenai penggunaan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan paving block.
 - 2). Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan mutu dan kuat tekan paving block.
- b. Manfaat praktis
 - 1). Memberikan alternatif bahan tambahan paving block yang lebih ramah lingkungan.

- 2). Meningkatkan pemanfaatan limbah tempurung kelapa agar memiliki nilai ekonomis dalam bidang konstruksi.

1.5. Batasan Masalah

Lingkup penelitian dimaksudkan agar penelitian yang dilakukan ini tidak melebar dari tujuan penelitian yang hendak dilakukan. Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap nilai kuat tekan paving block.
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas semen Portland, agregat halus (pasir), air, dan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan.
3. Variasi penambahan cacahan tempurung kelapa yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan perbandingan campuran semen dan pasir sebesar 1:4.
4. Paving block yang digunakan pada penelitian dibuat menggunakan metode pencampuran, pencetakan, pemadatan, dan perawatan (*curing*) sesuai dengan prosedur penelitian.
5. Pengujian yang dilakukan hanya terbatas pada pengujian kuat tekan paving block pada umur 7 hari dan 14 hari..
6. Penelitian ini hanya difokuskan pada pengujian kuat tekan paving block sebagai parameter untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kualitas paving block.
7. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan tidak membahas biaya produksi maupun analisis ekonomi secara rinci.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

BAB I Pendahuluan berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan penelitian mengenai pengaruh cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan pada mutu paving block.

BAB II LANDASAN TEORI

Pengertian Tanaman kelapa, pengertian pecahan tempurung kelapa, Pengertian Beton, Pengertian Agregat Halus, Pengertian Semen, Pengertian Agregat Kasar, Pengertian Air.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi tentang Meteorologi Penelitian, Lokasi dan Waktu Penelitian, Langkah-Langkah Penelitian, Bagan Alir Penelitian, *Time Schedule*, dan Tahapan Persiapan Penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil perhitungan, pembahasan, dan rekomendasi dari penulis.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulis dan pembahasan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu acuan penting dalam suatu penelitian karena dapat memberikan gambaran mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, penelitian terdahulu juga digunakan sebagai bahan perbandingan dan referensi dalam mengetahui pengaruh penggunaan tempurung kelapa terhadap kuat tekan dan mutu *paving block*. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penggunaan cacahan maupun abu tempurung kelapa pada material konstruksi adalah sebagai berikut.

- 1). Muhammad Zidar Pattisahusiwa, Tonny Sahusilawane, dan Delvia Rimesye Apalem, dalam penelitian berjudul “*Pengaruh Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton*” menyatakan bahwa penambahan cacahan tempurung kelapa pada campuran beton memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal lebih tinggi dibandingkan beton yang menggunakan tambahan cacahan tempurung kelapa 5%. Pada umur 7 hari, beton normal memiliki kuat tekan sebesar 15,6 MPa, sedangkan beton dengan tambahan tempurung kelapa menghasilkan kuat tekan 10,5 MPa dan 11,6 MPa. Sementara pada umur 14 hari, beton normal mencapai 17,0 MPa dan beton dengan tambahan tempurung kelapa sebesar 7,1 MPa dan 11,3 MPa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan cacahan tempurung kelapa belum mampu meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan beton normal.
- 2). Arman A, Mulyati, Syafri Wardi, Angelalia Roza, dan Didi Sorina Putra, Institut Teknologi Padang (2023), dengan judul “*Pengaruh Penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block*”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu arang tempurung kelapa pada campuran *paving block* dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap air. Variasi campuran yang digunakan yaitu 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari berat semen. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada penambahan 7,5% sebesar 14,5 MPa, sedangkan daya serap air terendah diperoleh sebesar 4,89%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa abu arang tempurung kelapa dapat digunakan sebagai

bahan tambahan pada *paving block* untuk meningkatkan mutu *paving* sesuai standar SNI 03-0691-1996.

3). Bella Lutfiani Al Zakina, Zainnudin, dan Achmad Fajar Fathoni, Universitas Bojonegoro (2024), dengan judul “Pengaruh Penggunaan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Pasir Bengawan Solo Pada Kuat Tekan *Paving Block*”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian semen mempengaruhi nilai kuat tekan dan daya serap air *paving block*. Nilai kuat tekan *paving normal* pada umur 28 hari sebesar 18,564 N/mm², sedangkan pada variasi 5% sebesar 9,565 N/mm² dan variasi 10% sebesar 9,589 N/mm². Nilai daya serap air *paving normal* sebesar 13,61%, variasi 5% sebesar 12,54%, dan variasi 10% sebesar 12,78%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian semen masih kurang efektif karena menyebabkan penurunan kuat tekan *paving block* serta belum memenuhi standar SNI 03-0691-1996.

4). Handika Setya Wijaya, Blima Oktaviastuti, Andy Kristafi, dan Yosef Emanuel Gusi dari Universitas Tribhuwana Tunggaladewi (2022) dalam penelitian berjudul “Penambahan Limbah Cacahan Tempurung Kelapa terhadap Uji Kuat Tekan dan Lentur Beton pada Mutu Beton (f_c' 19,3 MPa)” meneliti pengaruh penambahan limbah cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Penelitian menggunakan variasi campuran tempurung kelapa sebesar 0%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton normal sebesar 24,78 MPa, sedangkan pada variasi 5% sebesar 21,65 MPa, variasi 7,5% sebesar 16,17 MPa, dan variasi 10% sebesar 10,86 MPa. Selain itu, hasil uji kuat lentur menunjukkan nilai tertinggi diperoleh pada variasi 5% dengan momen maksimum sebesar 106,84 kN.m. Penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin besar persentase penambahan cacahan tempurung kelapa, maka nilai kuat tekan beton cenderung menurun.

5). Sucahyo, Ilham Adji, H.R. Agustapraja, dan B. Damara, Universitas Islam Lamongan (2020), dengan judul “Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Campuran *Paving Block* (Ditinjau dari Kuat Tekan dan Resapan Air)”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan arang tempurung kelapa pada campuran *paving block* mempengaruhi nilai kuat tekan dan resapan air. Nilai kuat

tekan tertinggi diperoleh pada *paving block* normal sebesar 22,13 MPa, sedangkan pada variasi campuran 5% sebesar 16,70 MPa yang masih termasuk mutu kelas B berdasarkan SNI 03-0691-1996. Pada variasi 10%, 15%, dan 20% nilai kuat tekan mengalami penurunan sehingga tidak memenuhi standar mutu *paving block*. Selain itu, penambahan arang tempurung kelapa menyebabkan peningkatan daya serap air pada *paving block*. Untuk meningkatkan kualitas *paving block*, disarankan penggunaan metode pencetakan menggunakan mesin vibrasi atau hidrolis agar proses pemadatan lebih maksimal dan mutu *paving block* menjadi lebih baik.

2.2. *Paving block*

Paving block merupakan salah satu jenis bahan bangunan yang banyak digunakan sebagai material perkerasan pada jalan lingkungan, trotoar, area parkir, taman, dan halaman. Penggunaannya semakin luas karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah dipasang, mudah diperbaiki apabila terjadi kerusakan, serta memiliki nilai estetika yang baik. Selain itu, *paving block* juga mampu mendukung sistem drainase karena terdapat celah antarunit yang memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah sehingga dapat mengurangi genangan air di permukaan.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* atau bata beton adalah suatu komponen bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenis, air, agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block*. Kualitas *paving block* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik material penyusun, komposisi campuran, proses pencetakan, dan proses perawatan (*curing*). Oleh karena itu, pemilihan material yang sesuai serta pengendalian proses produksi menjadi faktor penting untuk menghasilkan *paving block* yang memiliki mutu sesuai dengan persyaratan dan dapat digunakan berdasarkan fungsi perkerasannya.

2.2.1. Fungsi *Paving Block*

Paving block merupakan salah satu material konstruksi nonstruktural yang banyak digunakan sebagai alternatif perkerasan jalan. Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* dibuat dari campuran semen, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut. Adapun fungsi *paving block* adalah sebagai berikut:

1. Sebagai material perkerasan jalan lingkungan.
2. Sebagai penutup permukaan tanah agar lebih rata dan kuat.
3. Sebagai material perkerasan yang memiliki nilai estetika pada taman dan halaman.
4. Membantu mengurangi genangan air karena memiliki celah resapan.
5. Sebagai alternatif pengganti aspal dan beton pada konstruksi ringan.
6. Mempermudah perawatan dan perbaikan jalan karena mudah dibongkar pasang.

Selain itu, paving block memiliki keunggulan lebih ekonomis dalam pemeliharaan, mudah dipasang tanpa alat berat, dan dapat diproduksi secara banyak.

2.2.2. Aplikasi Perkerasan *Paving Block*

Berdasarkan mutu dan klasifikasinya, *paving block* dapat digunakan pada berbagai jenis perkerasan sesuai standar SNI 03-0691-1996. *Paving block* digunakan sebagai material perkerasan jalan yang menerima beban kendaraan, area parkir, trotoar, jalur pejalan kaki, taman kota, halaman rumah, serta berbagai area publik dan lingkungan perumahan. Penggunaan *paving block* pada area tersebut dipilih karena memiliki kekuatan yang cukup baik, mudah dipasang, mudah diperbaiki apabila terjadi kerusakan, serta memiliki nilai estetika yang lebih menarik dibandingkan jenis perkerasan lainnya. Selain itu, *paving block* juga lebih ramah lingkungan karena memiliki celah yang dapat membantu penyerapan air ke dalam tanah sehingga dapat mengurangi genangan air pada permukaan jalan.

2.2. Jenis *Paving Block*

Paving block merupakan salah satu material perkerasan yang banyak digunakan pada jalan lingkungan, area parkir, trotoar, taman, dan halaman karena memiliki kemudahan dalam pemasangan serta perawatan. *Paving block* tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan fungsi, kekuatan, dan estetika tertentu. Perbedaan bentuk *paving block* juga mempengaruhi sistem interlocking atau saling mengunci antar unit paving sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan

kemampuan perkerasan dalam menahan beban. Oleh karena itu, pemilihan jenis *paving block* perlu disesuaikan dengan kondisi dan tujuan penggunaannya. Beberapa jenis *paving block* yang umum digunakan akan dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 2. 1 jenis jenis *paving*

No	Jenis Paving Block	Ukuran (cm)	Ketebalan (cm)	Kelebihan	Kekurangan
1	Bata (<i>Rectangular</i>)	10,5 × 21	6, 8, 10	Mudah dipasang, ekonomis, cocok untuk berbagai pola pemasangan	Sistem penguncian (<i>interlocking</i>) lebih rendah dibanding bentuk khusus
2	Hexagonal (<i>Segi Enam</i>)	20 × 20	6, 8, 10	Distribusi beban lebih merata, tampilan rapi, stabil	Pemotongan pada tepi area lebih sulit dan pemasangan memerlukan ketelitian
3	Trihex	19,7 × 9,6	6, 8, 10	Memiliki sistem penguncian yang baik dan tampilan estetis	Lebih sulit dipasang serta ketersediaannya tidak sebanyak tipe bata
4	Grass Block	40 × 60	8, 10	Memiliki daya resap air yang baik, mendukung penghijauan	Kuat tekan efektif lebih rendah karena terdapat rongga untuk rumput
5	Persegi (<i>Square/Ubin</i>)	20 × 20	6, 8	Tampilan sederhana, mudah disusun dan diganti	Kurang efektif untuk menerima beban lalu lintas berat
6	Cacing (<i>Zig-zag</i>)	11,5 × 22,5	6, 8, 10	Daya <i>interlocking</i> tinggi, stabil terhadap beban kendaraan	Pemasangan memerlukan ketelitian agar pola saling mengunci terbentuk dengan baik

Sumber: Diolah dari [SNI 03-0691-1996 Bata Beton \(Paving Block\)](#)

2.3. Uji Kuat Tekan Pada *Paving Block*

Uji kuat tekan merupakan salah satu pengujian utama yang digunakan untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan hingga mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan menunjukkan besarnya beban maksimum yang dapat diterima *paving block* persatuan luas penampangnya, sehingga menjadi indikator penting dalam menentukan mutu dan kualitas *paving block*. Pengujian kuat tekan umumnya dilakukan pada umur 28 hari setelah proses perawatan (*curing*) selesai, sesuai dengan standar yang berlaku. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang diperoleh, maka semakin baik kemampuan *paving block* dalam menahan beban dan semakin luas penggunaannya pada konstruksi perkerasan. Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti komposisi campuran, kualitas material penyusun, tingkat kepadatan campuran, proses pencetakan, dan metode perawatan benda uji. Oleh karena itu, pengujian kuat tekan diperlukan untuk mengevaluasi kinerja *paving block* serta menentukan kesesuaiannya dengan persyaratan mutu yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996.

Rumus kuat tekan *paving block* adalah sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

f_c' = kuat tekan *paving block* (MPa atau N/mm²)

P = beban maksimum saat benda uji hancur (N)

A = luas penampang *paving block* (mm²)

2.3.1. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Uji Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menentukan mutu dan kualitas *paving block*. Nilai kuat tekan menunjukkan kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan yang bekerja pada permukaannya tanpa mengalami kerusakan. Tinggi rendahnya nilai kuat tekan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan material penyusun maupun proses pembuatan *paving block*. Oleh karena itu, setiap tahapan produksi perlu diperhatikan dengan baik agar diperoleh *paving block* yang memiliki kekuatan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan *paving block* adalah sebagai berikut:

1. Komposisi Campuran

Komposisi campuran merupakan faktor utama yang mempengaruhi kuat tekan *paving block*. Perbandingan antara semen dan agregat harus direncanakan dengan tepat agar menghasilkan campuran yang padat dan memiliki daya ikat yang baik. Komposisi campuran yang tidak sesuai dapat menyebabkan kuat tekan *paving block* menurun karena ikatan antar material menjadi kurang optimal.

2. Kadar Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengikat yang menyatukan seluruh material penyusun *paving block*. Semakin tinggi kadar semen yang digunakan, maka ikatan antar partikel agregat akan semakin kuat sehingga kuat tekan *paving block* meningkat. Namun, penggunaan semen yang berlebihan juga perlu diperhatikan karena dapat meningkatkan biaya produksi.

3. Gradasi dan Ukuran Agregat

Gradasi agregat yang baik akan menghasilkan susunan butiran yang lebih rapat sehingga rongga dalam campuran menjadi lebih sedikit. Selain itu, ukuran agregat yang sesuai dapat meningkatkan kepadatan *paving block* dan membantu menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Agregat yang tidak memenuhi persyaratan dapat menyebabkan mutu *paving block* menurun.

4. Proses Pemadatan

Pemadatan bertujuan untuk mengurangi rongga udara yang terdapat dalam campuran *paving block*. Semakin baik proses pemadatan yang dilakukan, maka campuran akan menjadi lebih padat dan kuat. Sebaliknya, pemadatan yang kurang sempurna dapat menyebabkan banyak rongga sehingga kuat tekan *paving block* menjadi lebih rendah.

5. Proses Perawatan (*Curing*)

Perawatan (*curing*) dilakukan untuk menjaga kelembapan *paving block* agar proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik. Proses perawatan yang tepat akan membantu perkembangan kekuatan *paving*

block secara optimal. Oleh karena itu, perawatan menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi hasil kuat tekan paving block.

6. Kualitas Material Penyusun

Kualitas material penyusun, seperti semen, agregat halus (pasir), air, dan bahan tambahan, sangat memengaruhi mutu paving block yang dihasilkan. Material yang memenuhi persyaratan akan menghasilkan campuran yang lebih padat, memiliki ikatan yang baik, serta meningkatkan kuat tekan dan daya tahan paving block. Sebaliknya, penggunaan material yang tidak memenuhi standar dapat menurunkan kualitas campuran sehingga kuat tekan paving block menjadi lebih rendah. Pemilihan material yang sesuai menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan paving block yang berkualitas.

7. Kepadatan Campuran

Kepadatan campuran berhubungan dengan jumlah rongga yang terdapat di dalam paving block. Campuran yang lebih padat akan memiliki pori-pori yang lebih sedikit sehingga mampu menahan beban tekan dengan lebih baik. Oleh karena itu, semakin tinggi tingkat kepadatan campuran, maka semakin tinggi pula kuat tekan paving block yang dihasilkan.

2.3.2. Kategori Mutu Paving Block Berdasarkan Uji Kuat Tekan

Mutu paving block merupakan penggolongan kualitas paving block berdasarkan nilai kuat tekan yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Nilai kuat tekan menjadi salah satu parameter utama dalam menentukan kemampuan paving block untuk menahan beban sesuai dengan peruntukannya. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang diperoleh, maka semakin baik mutu paving block yang dihasilkan sehingga dapat digunakan pada konstruksi dengan beban yang lebih besar. Sebaliknya, nilai kuat tekan yang rendah menunjukkan bahwa paving block memiliki kemampuan yang lebih terbatas dalam menerima beban.

Mutu paving block dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain komposisi material penyusun, kualitas agregat, faktor air semen, proses pencampuran, proses pencetakan, serta proses perawatan (*curing*). Oleh karena itu, pengujian kuat tekan perlu dilakukan untuk mengetahui mutu paving block yang dihasilkan dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan klasifikasi mutu yang telah ditetapkan dalam

SNI 03-0691-1996. Klasifikasi mutu *paving block* berdasarkan nilai kuat tekan menurut SNI tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Katagori Mutu Paving Block

Mutu	Kuat Tekan Rata-rata Minimum	Penyerapan Air Maksimum	Penggunaan
A	40 MPa	3%	Jalan dengan beban berat
B	20 MPa	6%	Area parkir
C	15 MPa	8%	Trotoar dan pejalan kaki
D	10 MPa	10%	Taman dan penggunaan ringan

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996 tentang Bata Beton (Paving Block).

2.4. Material Penyusun *Paving Block*

Material penyusun *paving block* merupakan bahan-bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *paving block* untuk menghasilkan mutu dan kekuatan yang sesuai standar. Setiap material memiliki fungsi dan peranan penting dalam menentukan sifat fisik maupun mekanik *paving block*. Umumnya, material penyusun *paving block* terdiri dari semen sebagai bahan pengikat, agregat halus seperti pasir sebagai bahan pengisi, air sebagai bahan pencampur, serta bahan tambahan lain yang digunakan untuk meningkatkan kualitas *paving block*. Pemilihan dan komposisi material yang tepat sangat berpengaruh terhadap kuat tekan, daya serap air, ketahanan, dan kualitas *paving block* yang dihasilkan.

2.4.1. Semen

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2004, semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan klinker yang mengandung kalsium silikat hidrolis dengan tambahan gipsom dan bahan lainnya. Semen memiliki fungsi utama sebagai bahan pengikat dalam pekerjaan konstruksi karena dapat mengeras apabila bercampur dengan air melalui proses hidrasi.

Berdasarkan penggunaannya, semen Portland dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. **Semen Portland Tipe I**
Semen Portland Tipe I merupakan semen umum yang digunakan pada konstruksi biasa seperti bangunan, jalan, lantai, dan paving block. Semen ini paling sering digunakan karena memiliki daya rekat dan kuat tekan yang baik.
2. **Semen Portland Tipe II**
Semen Portland Tipe II digunakan pada konstruksi yang memerlukan ketahanan sedang terhadap sulfat dan panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan semen tipe I.
3. **Semen Portland Tipe III**
Semen Portland Tipe III memiliki kuat tekan awal yang tinggi sehingga cocok digunakan pada pekerjaan yang membutuhkan proses pengerasan cepat.
4. **Semen Portland Tipe IV**
Semen Portland Tipe IV memiliki panas hidrasi rendah dan biasanya digunakan pada konstruksi beton massa seperti bendungan.
5. **Semen Portland Tipe V**
Semen Portland Tipe V digunakan pada konstruksi yang berada di lingkungan dengan kadar sulfat tinggi karena memiliki ketahanan sulfat yang baik.

2.4.2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan salah satu bahan utama dalam campuran beton dan paving block yang berfungsi sebagai bahan pengisi serta berperan dalam membentuk struktur campuran yang padat. Kualitas agregat halus sangat memengaruhi sifat fisik dan mekanis paving block, seperti kuat tekan, kepadatan, daya serap air, dan ketahanan terhadap beban. Oleh karena itu, penggunaan agregat halus yang memenuhi persyaratan sangat penting untuk menghasilkan paving block dengan mutu yang baik dan sesuai dengan standar yang berlaku.

Paving block dibuat dari campuran semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan atau tanpa penambahan bahan lainnya. Dalam penelitian ini, agregat halus digunakan sebagai material utama yang dipadukan dengan semen, air, dan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan. Penggunaan agregat halus

yang memiliki kualitas baik diharapkan mampu menghasilkan campuran yang homogen, memiliki daya ikat yang optimal dengan pasta semen, serta menghasilkan *paving block* dengan kuat tekan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

2.4.3. Air

Air merupakan salah satu bahan utama dalam campuran beton dan *paving block* yang memiliki peranan penting dalam proses pengerasan campuran. Air berfungsi membantu terjadinya reaksi hidrasi antara semen dan material lainnya sehingga campuran dapat mengikat dan mengeras dengan baik. Selain itu, air juga mempermudah proses pencampuran, pencetakan, dan pemadatan *paving block* agar campuran menjadi lebih homogen. Penggunaan air dalam jumlah yang tepat sangat mempengaruhi mutu *paving block*, terutama terhadap nilai kuat tekan dan daya serap air. Jika penggunaan air terlalu banyak, campuran akan menjadi encer sehingga *paving block* memiliki banyak pori dan kuat tekannya menurun, sedangkan jika air terlalu sedikit maka campuran sulit diaduk dan dipadatkan sehingga *paving block* mudah retak. Oleh karena itu, air yang digunakan harus memenuhi syarat seperti bersih, jernih, bebas dari lumpur, minyak, garam, zat organik, dan bahan kimia berbahaya agar tidak mempengaruhi kualitas *paving block* yang dihasilkan. Penggunaan air yang baik akan membantu menghasilkan *paving block* yang lebih padat, kuat, tahan lama, dan sesuai standar mutu yang ditentukan.

2.4.4. Cacahan Tempurung Kelapa

Cacahan tempurung kelapa merupakan limbah dari bagian keras buah kelapa yang diolah menjadi potongan kecil atau arang halus untuk dimanfaatkan sebagai bahan campuran *paving block*. Pada jurnal Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Campuran *Paving Block* dijelaskan bahwa limbah tempurung kelapa banyak ditemukan di pasar tradisional, industri rumahan, serta tempat pengolahan makanan, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas dan sering hanya dibuang atau digunakan sebagai bahan bakar dapur. Apabila limbah tersebut dibiarkan menumpuk, maka dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, tempurung kelapa dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada *paving block* agar memiliki nilai ekonomis dan dapat mengurangi limbah

lingkungan. Penggunaan cacahan tempurung kelapa bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan dan daya serap air *paving block* sehingga diharapkan dapat menghasilkan *paving block* yang lebih ramah lingkungan dan tetap memenuhi standar mutu yang berlaku.

2.5. Mekanisme Cacahan Tempurung Kelapa

Cacahan tempurung kelapa digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran *paving block* dengan menggantikan sebagian agregat halus. Penggunaan bahan ini diharapkan dapat mengurangi pemanfaatan agregat alam sekaligus memanfaatkan limbah tempurung kelapa yang memiliki nilai guna. Tempurung kelapa memiliki berat jenis yang lebih rendah daripada pasir serta permukaan yang relatif kasar, sehingga dapat memengaruhi karakteristik campuran *paving block*. Penambahan cacahan tempurung kelapa dalam jumlah tertentu masih dapat menghasilkan *paving block* dengan mutu yang baik, namun apabila persentasenya terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurangnya kepadatan campuran dan meningkatnya porositas, sehingga nilai kuat tekan *paving block* cenderung menurun. Oleh karena itu, diperlukan variasi komposisi yang tepat untuk mengetahui persentase penambahan cacahan tempurung kelapa yang masih mampu menghasilkan *paving block* dengan kuat tekan yang memenuhi persyaratan mutu.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Karangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran mengenai tahapan pelaksanaan penelitian yang disusun secara sistematis sebagai pedoman dalam mencapai tujuan penelitian. Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan, dilanjutkan dengan pengujian material, perhitungan kebutuhan bahan campuran, pembuatan benda uji, proses perawatan (*curing*), serta pengujian kuat tekan *paving block*. Seluruh tahapan tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada campuran *paving block* dengan perbandingan semen dan pasir 1:4 terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan. Kerangka penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir untuk memudahkan pemahaman mengenai tahapan pelaksanaan penelitian.

3.1.1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah masih tingginya penggunaan agregat alam dalam pembuatan *paving block* yang dapat menyebabkan berkurangnya sumber daya alam secara terus-menerus. Di sisi lain, limbah tempurung kelapa yang banyak dihasilkan dari aktivitas rumah tangga maupun industri masih belum dimanfaatkan secara optimal dan sering kali hanya menjadi limbah yang mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai bahan tambahan yang lebih bermanfaat dan bernilai ekonomis.

Selain itu, penggunaan cacahan tempurung kelapa dalam campuran *paving block* perlu diteliti lebih lanjut karena dapat mempengaruhi mutu *paving block* yang dihasilkan. Penambahan cacahan tempurung kelapa diduga dapat mempengaruhi kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis *paving block*. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan cacahan tempurung kelapa terhadap kualitas *paving block* serta menentukan komposisi yang tepat agar tetap memenuhi standar mutu yang diharapkan.

3.1.2. Studi Literature

Studi literatur merupakan tahap penting dalam penelitian yang dilakukan dengan mempelajari berbagai sumber tertulis seperti buku, jurnal, artikel ilmiah,

98 dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian. Melalui studi literatur, peneliti dapat memperoleh informasi, teori, serta konsep yang mendukung penelitian sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan penelitian.

1 Penelitian ini membahas tentang penggunaan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pada campuran paving block. Paving block merupakan material konstruksi yang banyak digunakan pada jalan, trotoar, halaman, dan area parkir karena memiliki kekuatan dan daya tahan yang cukup baik. Mutu paving block dipengaruhi oleh bahan penyusun seperti semen, pasir, air, dan bahan tambahan lainnya. Oleh karena itu, diperlukan campuran material yang tepat agar paving block memiliki kualitas yang sesuai standar.

Tempurung kelapa dipilih karena merupakan limbah organik yang memiliki sifat keras, ringan, dan mudah diperoleh. Pemanfaatan cacahan tempurung kelapa diharapkan dapat mengurangi limbah lingkungan sekaligus menjadi alternatif pengganti sebagian agregat dalam campuran paving block. Berdasarkan penelitian terdahulu, penggunaan tempurung kelapa dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik paving block, terutama pada kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis material.

Melalui studi literatur ini, peneliti dapat mengetahui hasil penelitian sebelumnya serta membandingkannya dengan penelitian yang dilakukan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh penggunaan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu paving block serta menentukan komposisi yang tepat agar menghasilkan paving block yang ramah lingkungan dan tetap memenuhi standar mutu yang baik.

18 3.1.3. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum proses pembuatan benda uji dan pelaksanaan pengujian. Tahap ini bertujuan untuk memastikan seluruh kebutuhan penelitian telah tersedia dan memenuhi persyaratan sehingga setiap kegiatan penelitian dapat berlangsung dengan baik. Persiapan yang dilakukan meliputi penyediaan alat dan bahan, pemeriksaan kondisi material, persiapan cetakan paving block, serta penentuan komposisi campuran sesuai dengan variasi yang telah direncanakan.

Selain itu, pada tahap persiapan juga dilakukan penimbangan bahan sesuai dengan hasil perhitungan kebutuhan campuran untuk setiap variasi penambahan cacahan tempurung kelapa. Persiapan yang dilakukan secara sistematis bertujuan untuk meminimalkan kesalahan selama proses pencampuran, pencetakan, perawatan (*curing*), dan pengujian kuat tekan, sehingga data yang diperoleh dapat menggambarkan pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu *paving block* secara akurat.

1) Jenis dan pendekatan penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara melakukan percobaan secara langsung terhadap pembuatan *paving block* menggunakan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap mutu *paving block*.

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif karena data penelitian diperoleh dari hasil pengujian *paving block* berupa angka, seperti nilai kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis yang kemudian dianalisis secara ilmiah.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium dengan melakukan pembuatan *paving block* menggunakan variasi campuran cacahan tempurung kelapa kemudian dilakukan proses pencetakan, perawatan, dan pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kualitas *paving block*.

2) Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yang berbeda. Lokasi pertama dilaksanakan di Universitas Islam Indragiri yang digunakan untuk proses pembuatan dan perawatan benda uji *paving block*. Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan, pencampuran material, pencetakan *paving block*, serta proses perawatan dan pengeringan benda uji sebelum dilakukan pengujian.

Selanjutnya pengujian kuat tekan terhadap benda uji *paving block* dilaksanakan di laboratorium dinas pekerja umum kabupaten Indragiri hilir. Pemilihan lokasi penelitian dikarenakan dengan mempertimbangkan

ketersediaan alat seperti timbangan, dan alat uji kuat tekan sehingga penelitian dapat dilakukan secara maksimal dan sesuai prosedur.

Selain itu, lokasi penelitian dipilih agar memudahkan peneliti dalam melakukan pengamatan dan pengumpulan data selama proses penelitian berlangsung. Dengan adanya fasilitas yang memadai, penelitian mengenai pengaruh cacahan tempurung kelapa terhadap mutu *paving block* diharapkan dapat menghasilkan data yang akurat, efektif, dan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

3) Waktu penelitian

Penelitian ini direncanakan dalam beberapa tahapan dimulai dari studi literatur hingga analisis data penelitian. Waktu pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jadwal akademik serta ketersediaan fasilitas laboratorium yang digunakan dalam proses penelitian. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan, dimulai dari bulan April sampai akhir Juli. Selama pelaksanaan penelitian dilakukan beberapa tahapan, yaitu persiapan alat dan bahan, pembuatan benda uji *paving block*, proses perawatan dan pengeringan, pengujian mutu *paving block*, serta pengolahan dan analisis data hasil penelitian. Dengan pembagian waktu yang teratur, diharapkan seluruh proses penelitian dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian.

3.1.4. Alat

Dalam penelitian ini digunakan beberapa alat untuk mendukung proses persiapan bahan, pembuatan, perawatan (*curing*), dan pengujian kuat tekan *paving block*. Setiap alat memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan tahapan penelitian yang dilakukan, sehingga seluruh proses dapat berjalan dengan baik. Penggunaan alat yang tepat juga membantu mempermudah pelaksanaan penelitian, mulai dari pencampuran bahan hingga pengujian benda uji.

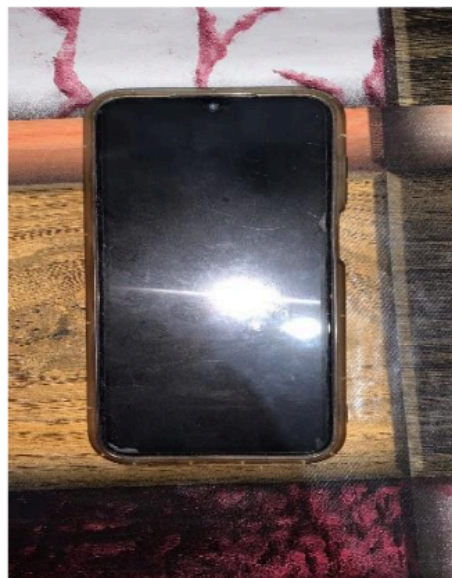
Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1). Alat tulis, seperti buku dan pena digunakan untuk mencatat data dan hasil pengujian selama penelitian berlangsung agar data tersusun dengan rapi dan mudah dianalisis.



Gambar 3. 1 Alat Tulis

- 2). HandPhone/Kamera, digunakan untuk mendokumentasikan proses penelitian dan membantu pencatatan data selama penelitian berlangsung.



Gambar 3. 2 HandPhone/Kamera

- 3). Sendok Semen, digunakan untuk mengambil dan memindahkan campuran material *paving block* saat proses pencampuran dan pencetakan.



Gambar 3. 3 Sendok Semen

- 4). Wadah loyang, digunakan sebagai wadah untuk menimbang campuran material paving block selama proses penelitian.



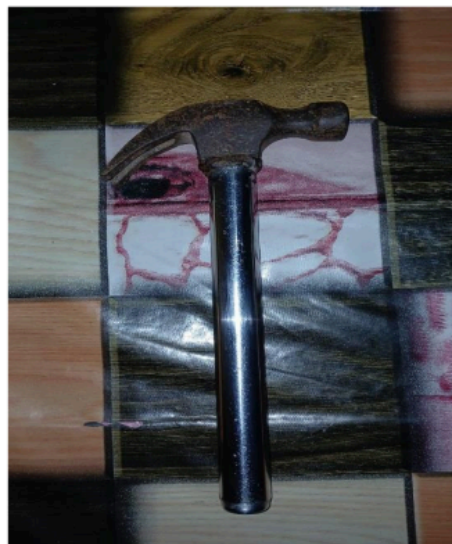
Gambar 3. 4 Wadah Loyang

- 5). Timbangan, digunakan untuk ¹¹menimbang ²bahan penyusun paving block seperti semen, pasir, dan cacahan tempurung kelapa agar sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan.



Gambar 3. 5 Timbangan

- 6). Palu, digunakan untuk membantu memecahkan tempurung kelapa menjadi ukuran yang lebih kecil sebelum dicacah dan dicampurkan ke dalam *paving block*.



Gambar 3. 6 Palu

- 7). Jangka sorong, digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur dimensi benda uji, seperti panjang, lebar, dan tebal paving block sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.



Gambar 3. 7 Jangka Sorong

- 8). Mesin kuat tekan ⁶ (Compression Testing Machine), alat yang digunakan untuk mengukur nilai kuat tekan benda uji beton.



Gambar 3. 8 Mesin Kuat Tekan

- 9). Cetakan *paving block*, digunakan untuk membentuk campuran material menjadi *paving block* dengan ukuran dan bentuk yang sesuai.



Gambar 3. 9 Cetakan Paving

- 10). Alat pemadat manual, digunakan untuk memadatkan campuran *paving block* di dalam cetakan agar campuran menjadi lebih padat dan memiliki kekuatan yang baik.



Gambar 3. 10 Alat Pemadat Manual

3.1.5. Bahan

Bahan merupakan salah satu komponen penting dalam proses pembuatan *paving block* karena sangat berpengaruh terhadap mutu dan kualitas *paving block* yang dihasilkan. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1). Agregat halus, merupakan material penyusun *paving block* yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan membantu membentuk campuran menjadi lebih padat serta homogeny.
- 2). Semen, digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran *paving block* agar material dapat menyatu dan menghasilkan *paving block* yang kuat dan padat.
- 3). Air, berfungsi sebagai bahan pencampur dalam pembuatan *paving block* yang membantu proses hidrasi semen sehingga campuran dapat mengeras dan menyatu dengan baik.
- 5). Cacahan tempurung kelapa dipergunakan sebagai bahan tambahan sebagian agregat kasar dalam campuran beton untuk meningkatkan pemanfaatan limbah organik dan mengurangi penggunaan batu pecah alami.

3.2. Variasi Campuran

Variasi campuran merupakan perbedaan komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu *paving block*. Variasi campuran dilakukan agar setiap komposisi dapat dibandingkan berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh. Dengan adanya variasi campuran, pengaruh cacahan tempurung kelapa terhadap kualitas *paving block* dapat diketahui dengan lebih jelas.

Pada penelitian ini digunakan beberapa variasi persentase cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan dalam campuran *paving block*. Setiap variasi dibuat dengan komposisi yang berbeda untuk mengetahui perubahan pada kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis *paving block*. Hasil dari setiap variasi kemudian dibandingkan untuk menentukan campuran yang paling baik dan sesuai dalam menghasilkan *paving block* dengan mutu yang optimal. Adapun variasi campuran yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 3. 1 Variasi Campuran Cacahan Tempurung Kelapa

No	Kode variasi	Cacahan tempurung kelapa (%)	Pasir (%)	Semen (%)	Air	Sempel
1	V1	0%	80%	20%	liter	3
2	V2	5%	75%	20%	liter	3
3	V3	10%	70%	20%	liter	3
4	V4	15%	65 %	20%	liter	3

Berdasarkan variasi campuran yang digunakan dengan ukuran *paving block* yang sama, penambahan cacahan tempurung kelapa pada *paving block* diharapkan dapat memberikan pengaruh terhadap mutu *paving block* yang dihasilkan. Setiap variasi campuran memiliki komposisi yang berbeda sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap kuat tekan, daya serap air, dan kualitas *paving block*.

3.3. Langkah – Langkah Penelitian

Langkah-langkah pembuatan *paving block* dilakukan melalui beberapa tahapan dalam proses penelitian agar menghasilkan *paving block* sesuai variasi campuran yang telah ditentukan. Proses pembuatan dimulai dari persiapan bahan dan alat, pencampuran material, pencetakan, pemadatan, hingga proses perawatan *paving block*. Setiap tahapan dilakukan dengan ukuran dan prosedur yang sama sehingga hasil *paving block* dari setiap variasi campuran dapat dibandingkan dengan baik. Adapun langkah-langkah pembuatan *paving block* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Material

Persiapan penelitian dimulai dengan membersihkan tempurung kelapa dari kotoran dan serat yang masih menempel agar material yang digunakan lebih bersih. Setelah itu tempurung kelapa dikeringkan dan dicacah sesuai ukuran yang dibutuhkan dalam campuran *paving block*. Selanjutnya dilakukan persiapan bahan dan alat penelitian seperti semen, pasir, air, cetakan *paving block*, serta alat pencampuran dan pengujian agar proses penelitian dapat berjalan dengan lancar dan teratur.

2. Pembersihan Tempurung Kelapa dari Sabut

¹⁰⁵ Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah membersihkan tempurung kelapa dari sabut yang masih menempel pada permukaannya. Pembersihan dilakukan secara manual untuk menghilangkan serat-serat sabut serta kotoran yang dapat memengaruhi kualitas bahan tambahan pada campuran *paving block*. Tempurung kelapa yang telah bersih kemudian dipisahkan dari sisa sabut sehingga diperoleh material yang siap untuk proses penghancuran dan pencacahan. Proses pembersihan ini bertujuan agar cacahan tempurung kelapa yang digunakan memiliki kondisi yang lebih bersih dan seragam sehingga dapat tercampur dengan baik dalam campuran *paving block*.

3. Menimbang Bahan

Penimbangan bahan dilakukan untuk menentukan jumlah semen, pasir, air, dan cacahan tempurung kelapa sesuai variasi campuran yang digunakan agar setiap benda uji memiliki komposisi yang sama.

4. Penghancuran Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang sudah siap kemudian dihancurkan menggunakan palu hingga menjadi bagian yang lebih kecil. Setelah proses penghancuran selesai, tempurung kelapa dicacah sesuai ukuran yang dibutuhkan agar lebih mudah tercampur secara merata dengan bahan penyusun *paving block* lainnya. Proses ini dilakukan untuk membantu menghasilkan campuran *paving block* yang lebih homogen dan mempermudah proses pencetakan.

5. Pencampuran Material

¹⁸⁹ setelah tempurung kelapa dipecahkan lalu dikeringkan, selanjutnya campuran semen, pasir, dan air sesuai variasi campuran yang telah ditentukan. Proses pencampuran ¹¹ dilakukan secara merata hingga seluruh material menyatu.

6. Pencetak *Paving Block*

Proses pencetakan *paving block* dilakukan dengan memasukkan cacahan tempurung kelapa ke dalam cetakan lalu memasukan adukan semen, pasir, dan air ke dalam cetakan, kemudian dipadatkan agar terbentuk *paving block* yang padat dan rapi.

7. Lepaskan Benda Uji Dari Benda Cetakkan

Setelah dicetak, benda uji dilepaskan dari cetakan secara hati-hati agar bentuk *paving block* tetap rapi dan tidak mengalami kerusakan. Pelepasan dilakukan perlahan supaya permukaan dan sudut *paving block* tetap terjaga dengan baik sebelum memasuki tahap perawatan.

3.4 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan setelah *paving block* dilepaskan dari cetakan dengan cara menyiram permukaan benda uji secara rutin selama waktu yang telah ditentukan. Penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembapan *paving block* sehingga proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik. Proses hidrasi yang optimal berperan penting dalam pembentukan ikatan antar material penyusun *paving block*, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatan serta mengurangi risiko terjadinya retak pada permukaan benda uji. Selama proses perawatan, *paving block* ditempatkan pada lokasi yang aman dan terlindung agar kondisi benda uji tetap terjaga hingga waktu pengujian.

Lama penyiraman disesuaikan dengan umur perawatan yang telah ditetapkan dalam penelitian, sehingga setiap benda uji memperoleh perlakuan yang sama. Setelah mencapai umur pengujian, *paving block* dibersihkan dari sisa air pada permukaannya dan dibiarkan mengering secara alami sebelum dilakukan pengujian kuat tekan. Perawatan yang dilakukan secara konsisten diharapkan mampu menghasilkan kondisi benda uji yang seragam, sehingga hasil pengujian kuat tekan dapat menggambarkan pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kekuatan *paving block* secara lebih akurat.

3.5 Metode pengujian

Metode pengujian dilakukan untuk mengetahui mutu *paving block* yang dihasilkan dari setiap variasi campuran cacahan tempurung kelapa. Pengujian dilakukan setelah benda uji selesai menjalani proses perawatan dan pengeringan. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan meliputi uji kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis *paving block*. Hasil dari setiap pengujian kemudian dicatat dan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kualitas *paving block* yang dihasilkan.

53

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan rumus:

$$f_c = A/P$$

Keterangan:

- f_c = kuat tekan (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- A = luas penampang (mm^2)

131

Sedangkan pengujian daya serap air dihitung menggunakan rumus:

120

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

Keterangan:

- A = berat kering benda uji
- B = berat benda uji setelah direndam

11

Dan pengujian berat jenis menggunakan rumus:

$$\text{Berat Jenis} = \text{Massa/Volume}$$

Melalui metode pengujian tersebut dapat diketahui variasi campuran yang menghasilkan mutu *paving block* terbaik.

88

3.6 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data merupakan tahapan yang dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian. Data yang dikumpulkan digunakan sebagai dasar dalam menjawab tujuan penelitian dan menganalisis pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan *paving block*. Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui pengujian di laboratorium, sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal ilmiah, standar nasional Indonesia (SNI), serta referensi lain yang berkaitan dengan penelitian.

3

150

109

73

1). Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari hasil pengamatan dan pengujian selama penelitian berlangsung. Pada penelitian ini, data primer diperoleh dari hasil pengujian *paving block* seperti uji kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis pada setiap variasi campuran cacahan tempurung kelapa.

126

- a). Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* pada setiap variasi campuran cacahan tempurung kelapa.

1

- b). Data hasil pengujian daya serap air *paving block* pada setiap variasi campuran.
- c). Data hasil pengujian berat jenis *paving block* setelah proses perawatan dan pengeringan.

2). Data skunder

Data sekunder adalah data pendukung yang diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, skripsi, artikel, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian. Data sekunder digunakan sebagai referensi untuk mendukung landasan teori, metode penelitian, serta pembahasan hasil penelitian mengenai *paving block* dengan bahan tambahan cacahan tempurung kelapa.

- a). Data dari buku yang berkaitan dengan *paving block* dan bahan tambahan cacahan tempurung kelapa.
- b). Data dari jurnal dan penelitian terdahulu mengenai kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis *paving block*.
- c). Data dari skripsi, artikel, dan sumber referensi lainnya yang mendukung penelitian tentang *paving block* dengan bahan tambahan cacahan tempurung kelapa.

38

3.7 Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan setelah seluruh proses pengujian *paving block* selesai dilaksanakan. Data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu *paving block*. Analisis data dilakukan berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, daya serap air, dan berat jenis pada setiap variasi campuran sehingga dapat diketahui perbedaan kualitas *paving block* yang dihasilkan. Ada pun analisis data dalam penelitian ini sebagai berikut:

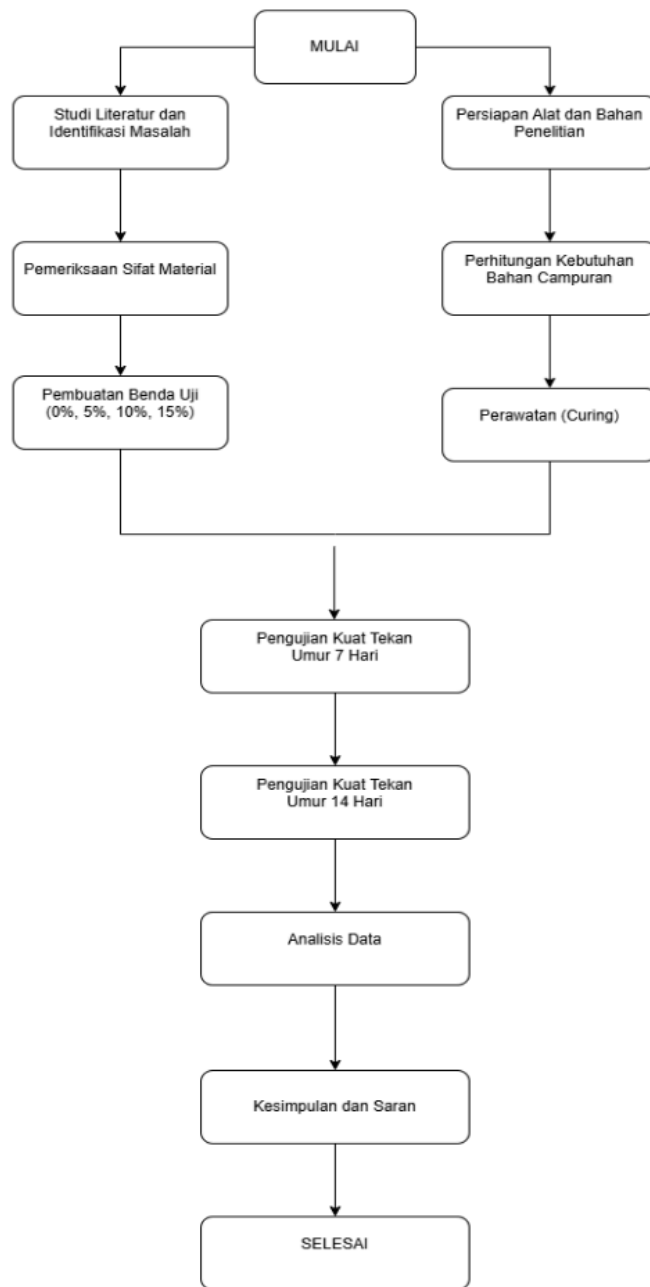
- 1). Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* pada setiap variasi campuran cacahan tempurung kelapa dicatat untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan hingga mengalami kerusakan. Pengujian dilakukan menggunakan alat Compression Testing Machine sehingga diperoleh nilai kuat tekan pada masing-masing benda uji.
- 2). Data hasil pengujian berat jenis *paving block* dihitung untuk mengetahui tingkat kepadatan *paving block* yang dihasilkan. Berat jenis diperoleh dari

perbandingan antara massa benda uji dengan volumenya sehingga dapat diketahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kepadatan *paving block*.

- 3). Seluruh data hasil pengujian kemudian dihitung nilai rata-ratanya agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat mewakili setiap variasi campuran *paving block* yang diteliti.
- 4). Hasil pengujian dari variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% cacahan tempurung kelapa dibandingkan dengan *paving block* normal untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan pada *paving block*.
- 5). Data hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar mempermudah proses analisis serta memudahkan dalam melihat perbedaan hasil dari setiap variasi campuran *paving block*.
- 6). Berdasarkan hasil analisis tersebut kemudian ditentukan variasi campuran cacahan tempurung kelapa yang menghasilkan mutu *paving block* paling baik dan paling sesuai digunakan pada penelitian ini.

3.8. Bagan Alir

Bagan alir penelitian merupakan gambaran mengenai tahapan-tahapan yang dilaksanakan selama proses penelitian secara sistematis dan berurutan. Bagan ini disusun untuk memberikan penjelasan mengenai alur penelitian mulai dari tahap persiapan hingga diperoleh hasil penelitian. Setiap tahapan saling berkaitan sehingga pelaksanaan penelitian dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Adapun tahapan dalam penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan, pengujian material penyusun, perhitungan kebutuhan bahan campuran, pembuatan benda uji *paving block*, proses perawatan (*curing*) dengan penyiraman, pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari, analisis hasil pengujian, serta penarikan kesimpulan. Dengan adanya bagan alir penelitian diharapkan proses pelaksanaan penelitian dapat dipahami dengan lebih mudah dan jelas. Adapun bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 3.11.



56

Gambar 3. 11 bagan alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi yang berbeda. Lokasi pertama berada di Universitas Islam Indragiri yang digunakan untuk proses pembuatan dan perawatan benda uji *paving block*. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi persiapan material, pencampuran bahan, pencetakan *paving block*, serta proses perawatan (*curing*) hingga benda uji mencapai umur pengujian yang telah ditentukan. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas semen, pasir, air, dan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan dengan variasi persentase 0%, 5%, 10%, dan 15%. Sebelum digunakan, seluruh material dipersiapkan dan diperiksa untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan penelitian.

Selanjutnya, pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hilir. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan *paving block* pada setiap variasi campuran. Setelah proses pencampuran, pencetakan, dan perawatan selesai, benda uji diuji menggunakan alat uji tekan sesuai dengan umur pengujian yang telah ditentukan.

Data hasil pengujian kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik untuk mempermudah pembahasan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan *paving block* serta menjadi referensi dalam pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pada campuran *paving block*.

Tabel 4. 1 variasi campuran

Kode variasi	Persentase Cacahan Tempurung Kelapa
V1	0%
V2	5%
V3	10%
V4	15%

4.2. Hasil Pengujian Material Penyusun

Material penyusun merupakan komponen utama yang menentukan kualitas *paving block* yang dihasilkan. Oleh karena itu, sebelum digunakan dalam proses pembuatan benda uji, setiap material perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik fisik dan memastikan kesesuaiannya dengan persyaratan yang berlaku. Material yang diuji dalam penelitian ini meliputi agregat halus (pasir), semen, air, dan cacahan tempurung kelapa digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dalam perencanaan campuran.

Pengujian terhadap material penyusun bertujuan untuk memperoleh data yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perancangan campuran *paving block* serta mendukung keakuratan hasil penelitian. Parameter yang diuji meliputi berat jenis dan penyerapan air agregat halus, kadar air total agregat halus, serta gradasi agregat halus. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui karakteristik material yang akan digunakan dalam campuran *paving block* dan sebagai acuan dalam menentukan kebutuhan bahan pada setiap variasi campuran.

4.2.1. Hasil Pengujian Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Garuda jenis *Portland Composite Cement* (PCC). Semen berfungsi sebagai bahan pengikat yang mengikat agregat halus, air, dan cacahan tempurung kelapa sehingga membentuk massa yang padat dan memiliki kekuatan tertentu. Semen Garuda PCC dipilih karena mudah diperoleh di pasaran dan telah memenuhi standar mutu semen yang berlaku di Indonesia.

Sebelum digunakan dalam proses pembuatan *paving block*, semen terlebih dahulu diperiksa secara visual untuk mengetahui kondisi fisiknya. Pemeriksaan meliputi warna, tekstur, dan keberadaan gumpalan pada semen. Berdasarkan hasil pemeriksaan, semen memiliki warna abu-abu, tekstur halus, serta tidak ditemukan adanya gumpalan. Hal ini menunjukkan bahwa semen masih dalam kondisi baik dan layak digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran *paving block*.

Semen Garuda yang digunakan merupakan semen Portland Komposit (PCC) yang mengacu pada SNI 7064:2014 tentang Semen Portland Komposit. Berdasarkan standar tersebut, semen PCC memiliki karakteristik yang sesuai

untuk pekerjaan konstruksi umum dan mampu memberikan kekuatan serta daya tahan yang baik pada produk beton maupun paving block.

Tabel 4. 2 Karakteristik Semen Garuda PPC

No	Parameter	Hasil Pengamatan	Standar
1	Merek Semen	Semen Garuda	-
2	Jenis Semen	PCC (<i>Portland Composite Cement</i>)	SNI 7064:2014
3	Warna	Abu-abu	Abu-abu
4	Tekstur	Halus	Halus
5	Kondisi Fisik	Tidak Menggumpal	Tidak Menggumpal
6	Kelayakan Penggunaan	Layak Digunakan	Memenuhi

4.2.2. Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berfungsi sebagai bahan pengisi utama dalam campuran paving block. Pasir memiliki peran penting dalam menentukan kualitas, kepadatan, dan kekuatan paving block yang dihasilkan. Oleh karena itu, sebelum digunakan dalam pembuatan benda uji, pasir terlebih dahulu diperiksa untuk mengetahui karakteristiknya.

Berdasarkan hasil pengamatan, pasir yang digunakan memiliki warna kecokelatan, tekstur butiran yang cukup kasar, serta tidak mengandung kotoran organik yang terlihat secara visual. Selain itu, pasir memiliki gradasi yang baik sehingga dapat menghasilkan campuran yang lebih padat dan homogen. Kondisi pasir yang bersih dan memiliki kadar lumpur yang rendah sangat mendukung proses ikatan antara semen dan agregat dalam campuran paving block.

Adapun tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan pengujian agregat halus adalah sebagai berikut:

a. Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik pasir yang digunakan sebagai bahan penyusun campuran paving block. Pengujian ini mengacu pada SNI 1970:2016 tentang

Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, yang bertujuan menentukan nilai berat jenis dan penyerapan air agregat halus sebagai dasar dalam mengevaluasi kualitas material yang digunakan.

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus digunakan untuk memastikan bahwa pasir yang digunakan memenuhi karakteristik yang diperlukan dalam campuran *paving block*. Adapun hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Parameter	Notasi	Hasil
Berat Jenis Curah Kering	Sd	2,54
Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan	Ss	2,57
Berat Jenis Semu	Sa	2,63
Penyerapan Air	Sw	1,33%

b. kadar air total gregat halus

Pengujian kadar air total agregat halus dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan air yang terdapat pada pasir sebelum digunakan sebagai bahan penyusun campuran *paving block*. Berdasarkan SNI 1971:2011 tentang Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan, kadar air total merupakan perbandingan antara massa air yang terkandung dalam agregat terhadap massa agregat dalam kondisi kering oven yang dinyatakan dalam persen. Pengujian ini penting dilakukan karena kadar air agregat memengaruhi kebutuhan air pencampuran, faktor air semen (*water-cement ratio*), serta kualitas campuran *paving block* yang akan dihasilkan.

Pada penelitian ini, pengujian kadar air total dilakukan terhadap agregat halus sesuai dengan prosedur yang tercantum dalam SNI 1971:2011. Nilai kadar air yang diperoleh digunakan sebagai acuan dalam penyesuaian jumlah air pada proses pencampuran sehingga komposisi campuran tetap sesuai dengan rancangan penelitian. Dengan demikian, proses hidrasi semen dapat berlangsung secara optimal dan *paving block* yang dihasilkan diharapkan memiliki mutu yang baik.

Adapun hasil pengujian kadar air total agregat halus pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Air Total Agregat Halus

Parameter	Pengujian I (gram)	Pengujian II (gram)
Massa wadah + benda uji	756,80	757,77
Massa wadah	256,73	257,77
Massa benda uji (W_1)	500,07	500,00
Massa wadah + benda uji kering oven	740,65	738,84
Massa wadah	256,73	257,77
Massa benda uji kering oven (W_2)	483,92	481,07
Kadar Air Total (%)	0,03	0,04
Rata-rata Kadar Air Total (%)		0,04

c. Bobot isi dan rongga udara dalam agregat halus (lepas/gembur)

Pengujian bobot isi dan rongga udara agregat halus dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik pasir yang digunakan sebagai bahan penyusun paving block. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4804-1998 tentang Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat, yang bertujuan menentukan nilai bobot isi dan rongga udara agregat halus.

Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang digunakan dalam campuran paving block. Adapun hasil pengujian bobot isi dan rongga udara agregat halus dalam kondisi lepas (gembur) disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Agregat Halus

Uraian	Pengujian I	Pengujian II	Satuan
Berat Tempas + Benda Uji	7.180	7.200	Gram
Berat Tempas	2.365	2.365	Gram
Berat Benda Uji	4.815	4.835	Gram
Volume Tempas	3.066,50	3.066,50	cm ³

Tabel 4. 6 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Agregat Halus

Berat Isi Benda Uji	1,57	1,58	Gram/cm ³
Berat Isi Rata-rata	1,57		Gram/cm ³

d. Bobot isi dan rongga udara dalam agregat halus (padat)

Pengujian bobot isi dan rongga udara agregat halus dalam kondisi padat dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik pasir setelah mengalami pemadatan. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4804-1998 tentang *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*, yang bertujuan menentukan nilai bobot isi dan rongga udara agregat halus dalam kondisi padat.

Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang digunakan dalam campuran paving block. Adapun hasil pengujian bobot isi dan rongga udara agregat halus dalam kondisi padat disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Agregat Halus

No.	Uraian	I	II	Satuan
A	Berat tempat + benda uji	7440	7480	gram
B	Berat tempat	2365	2365	gram
C	Berat benda uji	5075	5115	gram
D	Volume tempat	3066,50	3066,50	cm ³
E	Berat isi benda uji	1,65	1,67	g/cm ³
Rata-rata	Berat isi agregat halus	1,66	–	g/cm ³

e. kadar lumpur agregat halus Lolos Saringan No. 200

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan lumpur pada pasir yang digunakan sebagai bahan penyusun paving block. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996 tentang *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200* untuk memastikan agregat halus memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran paving block.

Hasil pengujian kadar lumpur digunakan untuk mengetahui kelayakan agregat halus yang digunakan dalam penelitian. Adapun hasil pengujian kadar lumpur agregat halus disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Kadar Lumpur Agregat Halus Lolos Saringan No. 200

No.	Uraian	Notasi	I	II	Satuan
1	Berat benda uji kering + wadah	W_1	559,35	530,40	gram
2	Berat wadah	W_2	259,35	230,40	gram
3	Berat kering benda uji awal	W_3	300,00	300,00	gram
4	Berat benda uji sesudah pencucian + wadah	W_4	557,70	528,39	gram
5	Berat benda uji sesudah pencucian ($W_5 = W_4 - W_2$)	W_5	298,35	297,99	gram
6	Persen bahan lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)	P	0,55	0,67	%
7	Rata-rata kadar lumpur	$\bar{P}$	0,61	—	%

f. Analisis saringan agregat halus

Analisis saringan agregat halus dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran pasir yang digunakan sebagai bahan penyusun *paving block*. Pengujian ini mengacu pada SNI ASTM C136:2012 tentang Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar, yang bertujuan menentukan gradasi agregat halus dan nilai Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*/FM).

Hasil analisis saringan digunakan untuk mengetahui kesesuaian gradasi agregat halus berdasarkan persyaratan yang berlaku. Adapun hasil analisis saringan agregat halus pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Analisis Saringan Agregat Halus

Saringan	Berat Tertahan I (gram)	% Tertahan I	% Lolos I	Berat Tertahan II (gram)	% Tertahan II	% Lolos II	Rata-rata % Lolos
9,52 mm (3/8")	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 4	1,91	0,38	99,62	1,87	0,37	99,63	99,62
No. 8	91,01	18,58	81,42	91,03	18,58	81,42	81,42
No. 16	135,51	45,69	54,31	135,84	45,75	54,25	54,28
No. 30	210,50	87,79	12,21	210,13	87,77	12,23	12,22

Tabel 4. 10 Analisis Saringan Agregat Halus

No. 50	58,56	99,50	0,50	58,57	99,49	0,51	0,51
No. 100	2,07	99,91	0,09	2,06	99,90	0,10	0,09
No. 200	0,21	99,95	0,05	0,24	99,95	0,05	0,05
Pan	0,06	99,97	0,03	0,04	99,96	0,04	0,04

Tabel 4. 11 Modulus Kehalusan (FM)

Parameter	Hasil
Modulus Kehalusan (FM)	3,52

4.2.3. Perbandingan Tempurung Kelapa Yang Memiliki Sabut Dan Tidak Memiliki Sabut

Tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam penelitian ini perlu dipisahkan dari sabut kelapa terlebih dahulu. Perbedaan antara tempurung kelapa dengan sabut dan tanpa sabut terletak pada komponen penyusunnya, dimana tempurung dengan sabut masih memiliki lapisan serat yang dapat mempengaruhi sifat material, sedangkan tempurung tanpa sabut hanya terdiri dari bagian keras tempurung kelapa. Penggunaan tempurung tanpa sabut lebih dipilih karena memiliki sifat yang lebih padat, keras, dan lebih mudah dikontrol dalam proses pencampuran sehingga dapat memberikan pengaruh yang lebih jelas terhadap karakteristik *paving block*.

Tabel 4. 12 Perbandingan Tempurung Kelapa Dengan Sabut Dan Tanpa Sabut

Perbedaan	Tempurung Kelapa dengan Sabut	Tempurung Kelapa Tanpa Sabut
Bentuk	Masih terdapat lapisan sabut yang menempel pada permukaan tempurung	Hanya bagian tempurung keras yang terlihat
Lapisan	Terdiri dari sabut kelapa (serat) dan tempurung kelapa	Hanya terdiri dari tempurung kelapa (batok)
Tekstur	Permukaan lebih kasar karena adanya serat sabut	Permukaan lebih keras, licin, dan padat
Berat	Lebih berat karena masih mengandung serat sabut	Lebih ringan karena sabut sudah dipisahkan
Pengolahan	Membutuhkan proses pemisahan sabut terlebih dahulu sebelum digunakan	Lebih mudah dicacah karena hanya bagian tempurung

Tabel 4. 13 Perbandingan Tempurung Kelapa Dengan Sabut Dan Tanpa Sabut

Pemanfaatan pada paving block	Kurang cocok karena sabut memiliki sifat menyerap air dan dapat mempengaruhi ikatan campuran	Lebih sesuai karena tempurung memiliki sifat keras dan dapat digunakan sebagai bahan tambahan agregat
-------------------------------	--	---

4.2.4. Karakteristik Cacahan Tempurung Kelapa

Cacahan tempurung kelapa merupakan bahan tambahan yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan paving block. Tempurung kelapa dipilih karena mudah diperoleh sebagai limbah organik serta memiliki sifat yang keras sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan alternatif dalam campuran paving block. Sebelum digunakan, tempurung kelapa dibersihkan, dicuci, dikeringkan, kemudian dicacah sesuai ukuran yang telah ditentukan.

Secara fisik, cacahan tempurung kelapa berwarna coklat kehitaman, memiliki permukaan kasar, dan bentuk yang tidak beraturan. Permukaan yang kasar dapat membantu meningkatkan ikatan dengan pasta semen, namun berat jenisnya yang lebih rendah dibandingkan agregat halus dapat memengaruhi kepadatan campuran apabila digunakan dalam jumlah yang berlebihan. Oleh karena itu, ukuran cacahan dibuat seragam agar campuran lebih homogen dan menghasilkan paving block yang lebih baik.

Tabel 4. 14 Karakteristik Cacahan Tempurung Kelapa

No	Parameter	Hasil Pengamatan
1	Jenis Material	Tempurung Kelapa
2	Warna	Cokelat Kehitaman
3	Bentuk	Tidak Beraturan
4	Tekstur Permukaan	Kasar
5	Kondisi Material	Bersih dan Kering
6	Kandungan Kotoran	Tidak Ada
7	Ukuran Cacahan	4,75–9,5 mm
8	Kelayakan Penggunaan	Layak Digunakan

1 4.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan Campuran Paving Block

Perhitungan kebutuhan bahan campuran paving block dilakukan untuk menentukan jumlah material yang diperlukan dalam pembuatan benda uji pada setiap variasi campuran. Perhitungan ini meliputi kebutuhan semen, agregat halus (pasir), air, dan cacahan tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan tambahan. Jumlah masing-masing bahan ditentukan berdasarkan volume paving block, perbandingan campuran yang digunakan, serta variasi penambahan cacahan tempurung kelapa yang telah direncanakan.

Hasil perhitungan kebutuhan bahan campuran digunakan sebagai acuan dalam proses penimbangan dan pencampuran material sehingga komposisi yang digunakan pada setiap benda uji tetap sesuai dengan rancangan penelitian. Dengan komposisi yang terukur dan seragam, hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap paving block secara lebih akurat.

4.3.1. Perhitungan luas dan Volume Cetakan Paving Block Segi Enam

Perhitungan luas cetakan paving block segi enam dilakukan untuk mengetahui luas penampang satu buah benda uji yang digunakan dalam penelitian. Luas penampang merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam menentukan volume paving block serta digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kuat tekan. Oleh karena itu, perhitungan luas dilakukan berdasarkan bentuk cetakan paving block segi enam beraturan dengan menggunakan panjang sisi cetakan sebagai dasar perhitungan. Adapun perhitungan luas cetakan paving block segi enam menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rumus } L = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2$$

Keterangan:

L = Luas segi enam beraturan (cm²)

a = Panjang sisi segi enam (cm)

$\sqrt{3}$ = Nilai akar tiga ($\approx 1,732$)

$3\sqrt{3}/2$ = Konstanta dalam rumus luas segi enam beraturan

Perhitungan volume cetakan paving block dilakukan setelah luas penampang cetakan diperoleh. Volume digunakan untuk mengetahui besarnya ruang yang dimiliki oleh satu buah benda uji, sehingga dapat dijadikan sebagai

dasar dalam menentukan kebutuhan bahan campuran pada setiap variasi penelitian. Perhitungan volume dilakukan dengan mengalikan luas penampang *paving block* dengan tinggi atau ketebalan cetakan. Adapun perhitungan volume cetakan *paving block* menggunakan rumus sebagai berikut.

Rumus $v = l \times t$

Keterangan:

V = Volume benda (cm³)

L = Luas alas atau luas penampang (cm²)

T = Tinggi atau tebal benda (cm)

4.3.2. Perhitungan Kebutuhan Bahan Campuran

Perhitungan kebutuhan bahan campuran dilakukan untuk menentukan jumlah masing-masing material yang digunakan dalam pembuatan *paving block* pada setiap variasi penelitian. Perhitungan ini meliputi kebutuhan semen, agregat halus (pasir), air, dan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan. Jumlah material yang digunakan dihitung berdasarkan volume total benda uji, perbandingan campuran semen dan pasir sebesar 1:4, serta variasi penambahan cacahan tempurung kelapa sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Perhitungan diawali dengan menentukan volume satu buah *paving block*, kemudian dihitung volume total sesuai dengan jumlah benda uji yang akan dibuat. Selanjutnya, kebutuhan masing-masing bahan ditentukan berdasarkan proporsi campuran yang telah direncanakan. Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses penimbangan bahan sehingga setiap variasi campuran memiliki komposisi yang sesuai dengan rancangan penelitian.

a) Menghitung Total Volume Campuran

Perhitungan total volume campuran dilakukan untuk mengetahui volume keseluruhan benda uji yang akan dibuat. Nilai total volume tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan bahan campuran pada setiap variasi penelitian. Adapun perhitungan total volume campuran menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus $V_t = V \times n$

Keterangan:

V_t = Total volume campuran (cm³)

V = Volume satu paving block (cm³)

n= Jumlah benda uji

b) Menghitung kebutuhan Semen

Perhitungan kebutuhan semen dilakukan untuk menentukan jumlah semen yang digunakan dalam campuran *paving block* sesuai dengan perbandingan campuran yang telah ditetapkan. Jumlah semen dihitung berdasarkan total volume campuran sehingga kebutuhan semen pada setiap variasi dapat diketahui. Adapun perhitungan kebutuhan semen menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rumus } K_s = \frac{1}{1+4} \times v_t$$

Keterangan:

K_s= Kebutuhan semen

V_t = Total volume campuran

1 = Bagian semen

4 = Bagian pasir

c) Menghitung Kebutuhan Pasir

Perhitungan kebutuhan pasir dilakukan untuk menentukan jumlah ¹⁸⁴ agregat halus yang digunakan dalam campuran *paving block* sesuai dengan perbandingan campuran yang telah ditetapkan. Jumlah pasir dihitung berdasarkan total volume campuran sehingga kebutuhan pasir pada setiap variasi dapat diketahui. Adapun perhitungan kebutuhan pasir menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rumus } k_p = \frac{4}{1+4} \times v_t$$

Keterangan:

K_p = Kebutuhan pasir

V_t= Total volume campuran

d) Menghitung Kebutuhan Cacahan tempurung kelapa

¹⁰ Cacahan tempurung kelapa pada penelitian ini digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran *paving block* dengan variasi persentase tertentu. Perhitungan kebutuhan cacahan tempurung kelapa dilakukan untuk menentukan jumlah bahan tambahan yang digunakan pada setiap variasi campuran, sehingga komposisi yang diterapkan sesuai dengan rancangan penelitian. Adapun perhitungan kebutuhan cacahan tempurung kelapa menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rumus } k_t = p \times k_p$$

Keterangan:

K_t = Kebutuhan cacahan tempurung kelapa

P = Persentase variasi (5%, 10%, atau 15%)

K_p = Kebutuhan pasir

e) Menghitung Kebutuhan Pasir Setelah Penggantian

Perhitungan kebutuhan pasir setelah penggantian dilakukan untuk mengetahui jumlah pasir yang digunakan setelah sebagian digantikan oleh cacahan tempurung kelapa sesuai dengan variasi campuran. Adapun perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rumus } k_{ps} = k_p - k_t$$

Keterangan:

K_{ps} = Kebutuhan pasir setelah dikurangi cacahan tempurung kelapa

K_p = Kebutuhan pasir awal

K_t = Kebutuhan cacahan tempurung kelapa

f) Mengitung Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air dilakukan untuk menentukan jumlah air yang digunakan dalam campuran *paving block* berdasarkan faktor air semen (FAS) yang telah ditetapkan. Adapun perhitungan kebutuhan air menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rumus } W = \text{FAS} \times S$$

Keterangan:

W = Kebutuhan air (kg atau liter)

FAS = Faktor Air Semen

S = Berat semen (kg)

4.3.3. Komposisi Campuran Setiap Variasi

Komposisi campuran pada setiap variasi ditentukan berdasarkan rancangan campuran yang telah ditetapkan pada tahap perencanaan penelitian. Campuran yang digunakan terdiri atas semen sebagai bahan pengikat, agregat halus (pasir) sebagai bahan utama, air sebagai media hidrasi semen, serta cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan. Penentuan komposisi campuran

dilakukan untuk memperoleh proporsi material yang sesuai sehingga proses pembuatan benda uji dapat dilaksanakan secara konsisten pada setiap variasi.

Pada penelitian ini, perbandingan campuran dasar yang digunakan adalah 1:4 antara semen dan agregat halus. Penambahan cacahan tempurung kelapa dilakukan dengan menggantikan sebagian agregat halus berdasarkan variasi yang telah ditentukan, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Variasi 0% digunakan sebagai campuran normal tanpa penambahan cacahan tempurung kelapa, sedangkan variasi 5%, 10%, dan 15% digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block. Jumlah air pencampuran pada setiap variasi juga disesuaikan berdasarkan faktor air semen (*water-cement ratio*) yang digunakan agar proses hidrasi semen berlangsung dengan baik.

Komposisi campuran pada setiap variasi dihitung berdasarkan kebutuhan bahan yang telah diperoleh dari hasil perhitungan volume benda uji dan proporsi campuran. Perhitungan tersebut menjadi acuan dalam proses penimbangan setiap material sebelum dilakukan pencampuran dan pencetakan paving block. Dengan menggunakan komposisi campuran yang terukur dan seragam pada setiap variasi, hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu paving block secara lebih objektif. Adapun komposisi campuran pada masing-masing variasi penelitian disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Komposisi Campuran

Variasi	Semen (%)	Pasir (%)	Cacahan Tempurung Kelapa (%)
V0	20	80%	0
V1	20	75%	5
V2	20	70%	10
V3	20	65 %	15

4.3.4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji *paving block* dilakukan setelah seluruh material yang digunakan dalam penelitian telah dipersiapkan dan ditimbang sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan. Material yang digunakan terdiri dari semen, pasir, air, dan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan. Setiap variasi campuran dibuat sesuai dengan persentase penambahan cacahan tempurung kelapa yang telah direncanakan, Proses dalam pembuatan benda uji dilakukan berupa-berapa tahapan sebagai berikut:

- a. Penimbangan bahan dilakukan sebelum proses pencampuran untuk memastikan setiap material yang digunakan sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan. Bahan yang ditimbang meliputi semen, pasir, cacahan tempurung kelapa. Proses penimbangan dilakukan menggunakan timbangan dengan ketelitian yang memadai agar diperoleh campuran yang sesuai dan hasil penelitian yang akurat.
- b. Pencampuran bahan semen, pasir, dan cacahan tempurung kelapa dalam kondisi kering hingga tercampur merata. Selanjutnya, air ditambahkan secara bertahap sambil dilakukan pengadukan hingga diperoleh campuran yang homogen.
- c. Proses pencetakan benda uji setelah campuran mencapai kondisi homogen. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan untuk mengurangi rongga udara di dalam campuran. Setelah itu, permukaan campuran diratakan dan benda uji dikeluarkan dari cetakan secara hati-hati untuk selanjutnya dilakukan proses perawatan (*curing*) hingga umur pengujian yang telah ditentukan.
- d. Benda uji Setelah proses pencetakan selesai, benda uji *paving block* dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan perawatan (*curing*) dengan cara direndam dalam air selama 7 hari dan 14 hari. Proses perawatan ini bertujuan untuk menjaga kelembapan benda uji agar proses hidrasi semen berlangsung secara optimal. Setelah masa perawatan selesai, benda uji dipersiapkan untuk pengujian kuat tekan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hilir.
- e. Proses perawatan (*curing*) dilakukan setelah benda uji *paving block* dicetak dan dikeluarkan dari cetakan. Perawatan bertujuan untuk menjaga kelembapan

benda uji sehingga proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik. Benda uji dirawat selama umur yang telah ditentukan dengan cara penyiraman atau perendaman secara berkala.

f. Proses pemotongan benda uji Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan benda uji berbentuk kubus agar beban tekan dapat bekerja secara merata pada seluruh permukaan benda uji. Bentuk kubus juga memudahkan proses pengujian dan menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih konsisten serta representatif terhadap kualitas paving block.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa sampel pada setiap variasi campuran. Jumlah sampel yang digunakan bertujuan untuk memperoleh hasil pengujian yang lebih akurat, berikut tabel variasi campuran cacahan tempurung kelapa:

Tabel 4. 16 Variasi Campuran

Variasi	Persentase Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Jumlah Benda Uji (Buah)
V0	0	3
V1	5	3
V2	10	3
V3	15	3
Total		12

Sumber: Data Penelitian, 2026.

4.4. Persiapan Benda Uji Sebelum Pengujian Kuat Tekan

Tahap persiapan benda uji merupakan bagian penting dalam pelaksanaan penelitian untuk memperoleh hasil pengujian kuat tekan yang akurat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Persiapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa benda uji paving block memiliki kondisi fisik yang baik, ukuran yang sesuai, serta permukaan bidang tekan yang rata sehingga proses pembebanan pada saat pengujian dapat berlangsung secara merata.

Pada penelitian ini, benda uji paving block yang telah melalui proses perawatan (curing) selama 7 hari dan 14 hari dilakukan pemeriksaan dan penyesuaian kondisi fisiknya. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kondisi benda uji setelah proses perawatan, seperti memastikan tidak terdapat kerusakan, retak, atau bagian yang mengalami cacat yang dapat memengaruhi hasil pengujian kuat tekan. Selain itu,

dilakukan pengukuran dimensi benda uji untuk mengetahui ukuran panjang, lebar, dan tinggi yang digunakan dalam perhitungan luas bidang tekan.

Tahapan persiapan benda uji meliputi pemeriksaan kondisi fisik, pengukuran dimensi, pemotongan dan perataan permukaan benda uji apabila diperlukan, serta penimbangan berat benda uji. Proses pemotongan dan perataan dilakukan untuk memperoleh bidang tekan yang lebih seragam dan rata, sehingga beban yang diberikan oleh mesin *Compression Testing Machine* (CTM) dapat terdistribusi dengan baik pada seluruh permukaan benda uji.

Pelaksanaan tahap persiapan ini bertujuan untuk mengurangi faktor kesalahan yang dapat memengaruhi hasil pengujian serta memastikan setiap benda uji memiliki kondisi yang relatif sama pada setiap variasi campuran. Dengan demikian, data hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap mutu *paving block* yang dihasilkan.

4.4.1. Pemeriksaan Kondisi Benda Uji

Pemeriksaan kondisi benda uji merupakan tahap awal dalam persiapan pengujian kuat tekan yang bertujuan untuk mengetahui kondisi fisik *paving block* setelah melalui proses perawatan (*curing*). Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan bahwa benda uji yang akan digunakan dalam pengujian berada dalam kondisi yang baik dan tidak mengalami kerusakan yang dapat memengaruhi hasil pengujian.

Pada penelitian ini, pemeriksaan dilakukan terhadap benda uji *paving block* pada umur perawatan 7 hari dan 14 hari dengan berbagai variasi campuran cacahan tempurung kelapa, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Pengamatan dilakukan dengan melihat kondisi permukaan benda uji, seperti adanya retak, pecah, bagian yang terkelupas, maupun ketidaksempurnaan bentuk yang dapat menyebabkan hasil pengujian menjadi kurang akurat.

Benda uji yang telah diperiksa kemudian dipastikan memiliki kondisi yang layak untuk dilakukan tahap pengujian selanjutnya. Pemeriksaan kondisi fisik ini diperlukan karena kualitas permukaan dan bentuk benda uji dapat memengaruhi distribusi beban saat proses pengujian kuat tekan berlangsung. Dengan kondisi benda uji yang seragam, hasil pengujian yang diperoleh diharapkan dapat

menggambarkan kemampuan sebenarnya dari *paving block* dalam menerima beban tekan.

4.4.2. Pengukuran Dimensi Benda Uji

Pengukuran dimensi benda uji merupakan salah satu tahapan penting dalam persiapan pengujian kuat tekan *paving block*. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh ukuran aktual setiap benda uji sehingga luas bidang tekan dapat ditentukan secara tepat. Data dimensi yang diperoleh menjadi dasar dalam perhitungan nilai kuat tekan, karena nilai kuat tekan dihitung berdasarkan perbandingan antara beban maksimum yang diterima benda uji dengan luas bidang tekan.

Pada penelitian ini, pengukuran dimensi dilakukan terhadap seluruh benda uji *paving block* setelah selesai menjalani proses perawatan (*curing*) selama 7 hari dan 14 hari. Pengukuran meliputi panjang, lebar, dan tinggi benda uji menggunakan alat ukur yang memiliki tingkat ketelitian yang memadai. Hasil pengukuran dicatat untuk memastikan bahwa setiap benda uji memiliki dimensi yang sesuai dan dapat digunakan dalam proses perhitungan kuat tekan.



Gambar 4. 1 Pengukuran Dimensi Benda Uji

4.4.3. Pemotongan Benda Uji

Pemotongan merupakan salah satu tahapan persiapan yang dilakukan untuk memperoleh bidang tekan yang rata dan seragam. Tahap ini bertujuan agar beban yang diberikan oleh mesin pengujian dapat terdistribusi secara merata pada seluruh permukaan benda uji, sehingga hasil pengujian kuat tekan dapat

menggambarkan kemampuan sebenarnya dari *paving block* dalam menerima beban.

Pada penelitian ini, proses pemotongan dilakukan pada benda uji yang memiliki permukaan atau ukuran yang belum seragam akibat proses pencetakan. Setelah proses pemotongan, permukaan benda uji diratakan agar kedua bidang yang akan menerima beban berada dalam kondisi sejajar dan memiliki kontak yang baik dengan pelat penekan pada mesin *Compression Testing Machine* (CTM). Kondisi permukaan yang rata sangat penting untuk menghindari terjadinya pembebanan yang tidak merata yang dapat memengaruhi hasil pengujian.

Tahapan pemotongan dan perataan dilakukan terhadap benda uji *paving block* yang telah melalui proses perawatan (*curing*) selama 7 hari dan 14 hari. Dengan diperolehnya benda uji yang memiliki bidang tekan rata dan dimensi yang seragam, proses pengujian kuat tekan dapat dilaksanakan dengan lebih baik sehingga data yang dihasilkan lebih akurat dan dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap nilai kuat tekan *paving block*.



Gambar 4. 2 Pemotongan Benda Uji

4.4.4. Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan

Pelaksanaan pengujian kuat tekan merupakan tahapan utama dalam penelitian untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan hingga mencapai beban maksimum. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan dari setiap benda uji, yang selanjutnya digunakan

sebagai dasar dalam menganalisis pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap mutu *paving block*.

Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji *paving block* yang telah melalui proses perawatan (*curing*) selama 7 hari dan 14 hari serta telah melewati tahapan persiapan pengujian. Pengujian menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) dengan cara meletakkan benda uji pada bidang tekan mesin, kemudian beban diberikan secara bertahap dan terus meningkat hingga benda uji mengalami keruntuhan atau mencapai beban maksimum yang dapat ditahan.

Selama proses pengujian, beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin dicatat sebagai data utama untuk menghitung nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan diperoleh dengan membagi beban maksimum yang diterima benda uji dengan luas bidang tekan sesuai rumus yang digunakan dalam pengujian. Hasil pengujian dari masing-masing variasi campuran cacahan tempurung kelapa, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%, kemudian dibandingkan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan *paving block* serta kesesuaiannya dengan persyaratan mutu yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996.



Gambar 4. 3 Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan

4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan untuk mengetahui kemampuan benda uji dalam menahan beban tekan setelah melalui proses perawatan (*curing*) sesuai

dengan umur pengujian yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan pada umur 7 hari dan 14 hari terhadap *paving block* dengan variasi penambahan cacahan tempurung kelapa sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Pengujian dilaksanakan menggunakan mesin uji tekan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hilir sesuai dengan prosedur pengujian yang berlaku.

Hasil pengujian kuat tekan diperoleh dari besarnya beban maksimum yang mampu ditahan oleh setiap benda uji hingga mengalami kerusakan. Nilai beban maksimum tersebut kemudian dikonversikan menjadi nilai kuat tekan dalam satuan megapascal (MPa) berdasarkan luas bidang tekan *paving block*. Selanjutnya, nilai kuat tekan dari setiap benda uji dihitung nilai rata-ratanya untuk masing-masing variasi campuran sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan *paving block*.

4.5.1. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 7 Hari

Pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dilakukan untuk mengetahui perkembangan awal kekuatan paving block setelah menjalani proses perawatan (*curing*) selama 7 hari. Pada tahap ini, proses hidrasi semen masih berlangsung sehingga nilai kuat tekan yang diperoleh dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan awal paving block dalam menahan beban tekan. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan pada umur awal.

Pengujian dilakukan pada setiap variasi campuran, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% penambahan cacahan tempurung kelapa. Masing-masing variasi terdiri atas tiga benda uji yang diuji menggunakan *Compression Testing Machine*. Beban maksimum yang diterima setiap benda uji dicatat, kemudian digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan berdasarkan luas bidang tekan. Selanjutnya, nilai kuat tekan dari setiap benda uji dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai kuat tekan rata-rata pada masing-masing variasi campuran.

Hasil pengujian kuat tekan umur 7 hari digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kekuatan awal paving block. Adapun hasil pengujian kuat tekan umur 7 hari disajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 7 Hari

Variasi	Kode Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Luas Bidang Tekan (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	N	Kuat Tekan (MPa)
V1	V1-1	49	54	2646	14	14000	5,29
	V1-2	50	57	2850	9	9000	3,16
	V1-3	51	57	2907	8	8000	2,75
V2	V2-1	49	54	2646	9	9000	3,40
	V2-2	53	49	2597	9	9000	3,47
	V2-3	48	58	2784	8	8000	2,87
V3	V3-1	50	61	3050	7	7000	2,30
	V3-2	47	50	2350	7	7000	2,98
	V3-3	49	60	2940	7	7000	2,38
V4	V4-1	52	63	3276	6	6000	1,83
	V4-2	51	61	3111	6	6000	1,93
	V4-3	49	58	2842	5	5000	1,76

Berdasarkan Tabel 4.17, hasil pengujian kuat tekan paving block pada umur 7 hari menunjukkan bahwa setiap variasi penambahan cacahan tempurung kelapa menghasilkan nilai kuat tekan yang berbeda. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa penambahan cacahan tempurung kelapa memberikan pengaruh terhadap kemampuan paving block dalam menahan beban tekan pada umur awal. Nilai kuat tekan yang diperoleh merupakan hasil dari proses hidrasi semen yang masih berlangsung, sehingga kekuatan paving block pada umur 7 hari belum mencapai kekuatan maksimum.

Perbedaan nilai kuat tekan pada setiap variasi dipengaruhi oleh komposisi campuran yang digunakan, khususnya persentase penambahan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan. Penambahan cacahan tempurung kelapa dalam jumlah tertentu dapat memberikan pengaruh terhadap kepadatan campuran dan ikatan antara pasta semen dengan agregat. Namun, apabila jumlah

cacahan yang digunakan terlalu banyak, kepadatan campuran dapat berkurang sehingga memengaruhi nilai kuat tekan yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji sebagaimana disajikan pada Tabel 4.17, diperoleh nilai kuat tekan yang bervariasi pada setiap variasi campuran. Variasi nilai tersebut dipengaruhi oleh perbedaan komposisi campuran, khususnya persentase penambahan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan dalam pembuatan paving block. Untuk memperoleh nilai yang lebih representatif terhadap karakteristik kuat tekan setiap variasi, dilakukan perhitungan nilai rata-rata kuat tekan dari seluruh benda uji pada masing-masing variasi campuran.

Perhitungan nilai rata-rata kuat tekan bertujuan untuk mengurangi pengaruh variasi hasil pengujian antar benda uji serta memberikan gambaran yang lebih objektif mengenai kinerja setiap variasi campuran. Nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block pada umur 7 hari. Adapun hasil perhitungan nilai rata-rata kuat tekan untuk setiap Variasi campuran disajikan pada Tabel 4.19.

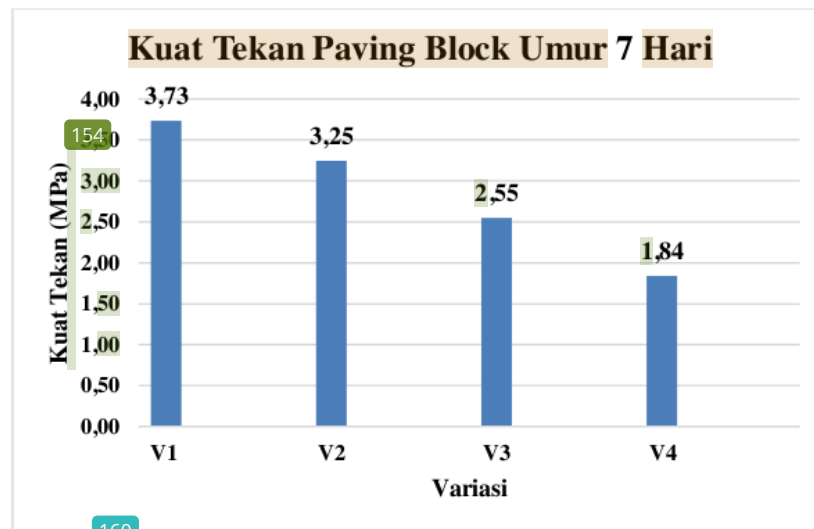
Tabel 4. 18 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan 7 Hari

Variasi Campuran	Persentase Cacahan Tempurung Kelapa	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
V1	0%	3,73
V2	5%	3,25
V3	10%	2,55
V4	15%	1,84

Berdasarkan Tabel 4.19, nilai rata-rata kuat tekan paving block pada umur 7 hari menunjukkan perbedaan pada setiap variasi penambahan cacahan tempurung kelapa. Variasi V1 (0%) menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 3,73 MPa, diikuti V2 (5%) sebesar 3,25 MPa, V3 (10%) sebesar 2,55 MPa, dan V4 (15%) sebesar 1,84 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan cacahan tempurung kelapa, nilai kuat tekan paving block cenderung menurun. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan cacahan tempurung kelapa dalam jumlah yang lebih besar dapat mengurangi kepadatan

campuran sehingga ikatan antara pasta semen dan agregat menjadi kurang optimal.

Untuk mempermudah melihat perbedaan nilai kuat tekan pada setiap variasi campuran, hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik sehingga kecenderungan perubahan kuat tekan dapat diamati dengan lebih jelas. Grafik tersebut menunjukkan bahwa variasi tanpa penambahan cacahan tempurung kelapa menghasilkan kuat tekan tertinggi, sedangkan peningkatan persentase cacahan tempurung kelapa diikuti dengan penurunan nilai kuat tekan pada umur 7 hari.



Gambar 4. 4 grafik rata-rata kuat tekan umur 7 hari

4.5.2. Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 7 Hari

Pengaruh variasi campuran terhadap kuat tekan *paving block* pada umur 7 hari dianalisis berdasarkan hasil pengujian pada setiap variasi penambahan cacahan tempurung kelapa, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan awal kuat tekan *paving block* serta pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan.

Perbedaan nilai kuat tekan pada setiap variasi menunjukkan bahwa penambahan cacahan tempurung kelapa memengaruhi karakteristik campuran *paving block*. Semakin besar persentase cacahan tempurung kelapa yang ditambahkan, nilai kuat tekan yang dihasilkan cenderung mengalami perubahan.

Oleh karena itu, hasil pengujian dibandingkan untuk mengetahui variasi yang menghasilkan kuat tekan tertinggi dan terendah serta melihat kecenderungan pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block pada umur 7 hari.

Adapun hasil Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 7 Hari disajikan pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 7 Hari

Variasi Campuran	Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Kuat Rata-rata (MPa)	Selisih terhadap Variasi 0% (MPa)	Persentase Perubahan (%)	Keterangan
V1	0	3,73	—	—	Kuat tekan tertinggi (campuran normal).
V2	5	3,25	-0,48	-12,87	Mengalami penurunan kuat tekan sebesar 12,87%.
V3	10	2,55	-1,18	-31,64	Penurunan kuat tekan semakin besar dibanding variasi 5%.
V4	15	1,84	-1,89	-50,67	Kuat tekan terendah dengan penurunan sebesar 50,67%.

4.5.3. Kesesuaian Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Umur 7

Hari

Kesesuaian paving block berdasarkan SNI 03-0691-1996 pada umur 7 hari dilakukan untuk mengetahui pencapaian nilai kuat tekan setiap variasi campuran terhadap persyaratan mutu paving block. Penilaian ini dilakukan dengan membandingkan nilai kuat tekan rata-rata pada variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% penambahan cacahan tempurung kelapa dengan klasifikasi mutu yang ditetapkan

dalam SNI 03-0691-1996. Meskipun pengujian dilakukan pada umur 7 hari, hasil yang diperoleh dapat memberikan gambaran mengenai perkembangan awal mutu *paving block* yang dihasilkan.

Perbandingan tersebut juga digunakan untuk mengetahui apakah penambahan cacahan tempurung kelapa memengaruhi tingkat mutu *paving block* pada setiap variasi campuran. Dengan demikian, dapat diketahui variasi campuran yang memberikan hasil kuat tekan paling baik pada umur 7 hari berdasarkan klasifikasi mutu yang berlaku.

Adapun hasil kesesuaian *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 pada umur 7 hari disajikan pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 20 Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Pada Umur 7 Hari

Variasi Campuran	Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Persyaratan Kuat Tekan Minimum SNI (MPa)	Klasifikasi Menurut SNI	Keterangan
V1	0	3,73	10,00 (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai
V2	5	3,25	10,00 (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai
V3	10	2,55	10,00 (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai
V4	15	1,84	10,00 (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai

Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026; SNI 03-0691-1996.

4.5.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 14 Hari

Pengujian kuat tekan paving block pada umur 14 hari dilakukan untuk mengetahui perkembangan kekuatan *paving block* setelah menjalani proses perawatan (curing) selama 14 hari. Pada umur ini, proses hidrasi semen telah

berlangsung lebih lanjut sehingga diharapkan terjadi peningkatan kuat tekan pada setiap variasi campuran.

Pengujian dilakukan terhadap variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% penambahan cacahan tempurung kelapa. Setiap variasi terdiri atas tiga benda uji yang diuji menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM). Beban maksimum yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya pada setiap variasi campuran.

Hasil pengujian kuat tekan umur 14 hari digunakan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kekuatan *paving block* serta membandingkan perkembangan kuat tekan pada setiap variasi campuran. Data hasil pengujian kuat tekan umur 14 hari disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Umur 14 Hari

Variasi	13ode Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Luas Bidang Tekan (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	N	Kuat Tekan (MPa)
V1	V1-1	58	54	3132	18	18000	5,75
	V1-2	57	57	3249	15	15000	4,62
	V1-3	53	54	2862	9	9000	3,14
V2	V2-1	57	53	3021	8	8000	2,65
	V2-2	54	48	2592	7	7000	2,70
	V2-3	55	50	2750	7	7000	2,55
V3	V3-1	50	53	2650	7	7000	2,64
	V3-2	59	53	3127	7	7000	2,24
	V3-3	55	54	2970	6	6000	2,02
V4	V4-1	51	52	2652	6	6000	2,26
	V4-2	55	50	2750	6	6000	2,18
	V4-3	52	50	2600	4	4000	1,54

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata kuat tekan untuk setiap variasi campuran. Perhitungan nilai rata-rata dilakukan dengan menjumlahkan

seluruh nilai kuat tekan dari tiga benda uji pada setiap variasi, kemudian membaginya dengan jumlah benda uji yang diuji. Perhitungan ini bertujuan untuk memperoleh nilai yang lebih representatif sehingga dapat mengurangi pengaruh variasi hasil pengujian antar benda uji serta memberikan gambaran yang lebih objektif mengenai kemampuan setiap variasi campuran dalam menahan beban tekan.

Nilai rata-rata kuat tekan yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menganalisis pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block pada umur 14 hari. Melalui nilai rata-rata tersebut, dapat diketahui kecenderungan peningkatan atau penurunan kuat tekan pada setiap variasi campuran serta dilakukan perbandingan dengan hasil pengujian pada umur 7 hari. Adapun hasil perhitungan nilai rata-rata kuat tekan untuk setiap variasi campuran umur 14 hari disajikan pada Tabel 4.23.

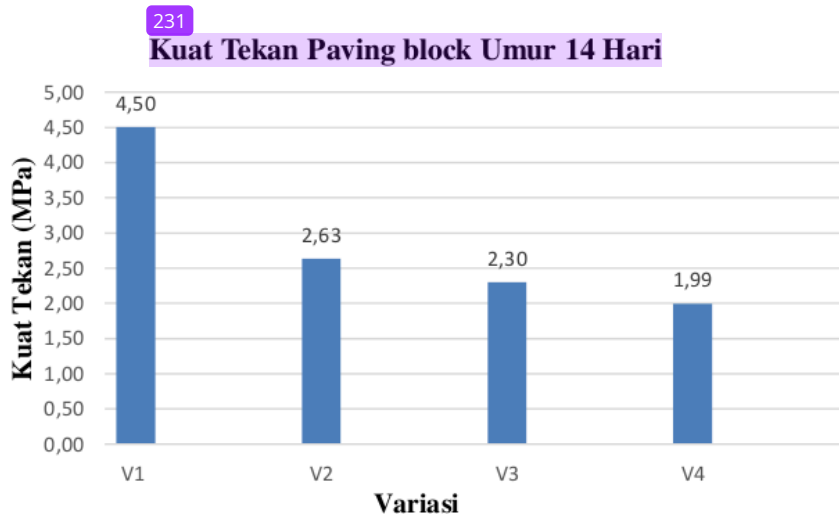
Tabel 4. 22 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan 14 Hari

Variasi Campuran	Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Nilai Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
V1	0%	4,50
V2	5%	2,63
V3	10%	2,30
V4	15%	1,99

Berdasarkan Tabel 4.23, nilai rata-rata kuat tekan paving block pada umur 14 hari menunjukkan adanya perbedaan pada setiap variasi penambahan cacahan tempurung kelapa. Variasi V1 (0%) menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 4,50 MPa, diikuti oleh variasi V2 (5%) sebesar 2,63 MPa, variasi V3 (10%) sebesar 2,30 MPa, dan variasi V4 (15%) sebesar 1,99 MPa. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada umur 7 hari, nilai kuat tekan pada umur 14 hari mengalami perkembangan pada setiap variasi campuran. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrasi semen masih berlangsung selama masa perawatan sehingga kemampuan paving block dalam menahan beban tekan terus

meningkat seiring bertambahnya umur benda uji. Meskipun demikian, kecenderungan penurunan kuat tekan akibat bertambahnya persentase cacahan tempurung kelapa masih terlihat, di mana variasi dengan penambahan cacahan tempurung kelapa yang lebih tinggi menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan campuran normal.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perkembangan nilai kuat tekan pada setiap variasi campuran, hasil pengujian umur 14 hari selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik. Penyajian grafik bertujuan untuk mempermudah pengamatan terhadap perbedaan nilai kuat tekan antar variasi serta menunjukkan kecenderungan perubahan kuat tekan akibat penambahan cacahan tempurung kelapa setelah proses perawatan selama 14 hari. Grafik tersebut juga memudahkan dalam membandingkan perkembangan kuat tekan pada masing-masing variasi campuran sehingga hubungan antara persentase penambahan cacahan tempurung kelapa dan nilai kuat tekan paving block dapat diamati dengan lebih jelas.



Gambar 4. 5 Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Umur 14

4.5.5. Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 14 Hari

Pengaruh variasi campuran terhadap kuat tekan paving block pada umur 14 hari dianalisis berdasarkan hasil pengujian pada variasi penambahan cacahan tempurung kelapa 0%, 5%, 10%, dan 15%. Pengujian ini bertujuan untuk

mengetahui perkembangan kuat tekan *paving block* setelah menjalani proses perawatan (curing) selama 14 hari.

Perbedaan komposisi campuran pada setiap variasi memengaruhi nilai kuat tekan yang dihasilkan. Penambahan cacahan tempurung kelapa memberikan pengaruh terhadap kepadatan campuran, ikatan antara pasta semen dan agregat, serta porositas *paving block*. Seiring bertambahnya umur perawatan.

Hasil kuat tekan rata-rata pada umur 14 hari kemudian dibandingkan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran terhadap kekuatan *paving block* serta menentukan variasi yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dan terendah. Adapun hasil pengaruh variasi campuran terhadap kuat tekan *paving block* umur 14 hari disajikan pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 23 Pengaruh Variasi Campuran Terhadap Kuat Tekan Umur 14 Hari

Variasi Campuran	Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Kuat Rata-rata (MPa)	Selisih terhadap Variasi 0% (MPa)	Persentase Perubahan (%)	Keterangan
V1	0	4,50	—	—	Kuat tekan tertinggi (campuran normal).
V2	5	2,63	-1,87	-41,56	Mengalami penurunan kuat tekan sebesar 41,56%.
V3	10	2,30	-2,20	-48,89	Penurunan kuat tekan semakin besar dibanding variasi 5%.
V4	15	1,99	-2,51	-55,78	Kuat tekan terendah dengan penurunan sebesar 55,78%.

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2026)

4.5.6. Kesesuaian Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Umur 14 Hari

Kesesuaian mutu paving block pada umur 14 hari dilakukan untuk mengetahui tingkat kualitas paving block yang dihasilkan berdasarkan nilai kuat tekan rata-rata hasil pengujian. Penilaian mutu mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving Block*), yang mengklasifikasikan paving block ke dalam Mutu A, Mutu B, Mutu C, dan Mutu D berdasarkan persyaratan nilai kuat tekan. Hasil pengujian pada umur 14 hari digunakan untuk mengevaluasi perkembangan kuat tekan setelah proses perawatan (*curing*) berlangsung lebih lama dibandingkan dengan umur 7 hari.

Perbandingan antara nilai kuat tekan rata-rata pada setiap variasi campuran dengan persyaratan SNI dilakukan untuk mengetahui apakah paving block yang dihasilkan telah memenuhi klasifikasi mutu yang ditetapkan. Evaluasi ini juga bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap pencapaian mutu paving block pada umur 14 hari. Hasil kesesuaian tersebut menjadi dasar dalam menilai kualitas paving block yang dihasilkan pada setiap variasi campuran serta memberikan gambaran mengenai tingkat pemenuhan standar yang berlaku. Adapun hasil kesesuaian paving block berdasarkan SNI 03-0691-1996 pada umur 14 hari disajikan pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 24 Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Pada Umur 14 Hari

Variasi Campuran	Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Persyaratan SNI (MPa)	Klasifikasi	Keterangan
V1	0	4,50	$\geq 10,00$ (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai SNI
V2	5	2,63	$\geq 10,00$ (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai SNI
V3	10	2,30	$\geq 10,00$ (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai SNI
V4	15	1,99	$\geq 10,00$ (Mutu D)	Belum memenuhi Mutu D	Tidak sesuai SNI

4.5.7. Perbandingan Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari Dan 14 Hari

Perbandingan hasil kuat tekan *paving block* pada umur 7 hari dan 14 hari dilakukan untuk mengetahui perkembangan kekuatan *paving block* selama proses perawatan (*curing*). Pengujian pada kedua umur tersebut bertujuan untuk mengevaluasi peningkatan kuat tekan yang terjadi pada setiap variasi campuran seiring dengan berlangsungnya proses hidrasi semen.

Perbandingan dilakukan pada variasi penambahan cacahan tempurung kelapa 0%, 5%, 10%, dan 15% untuk mengetahui peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari serta pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap perkembangan kekuatan *paving block*. Adapun hasil perbandingan kuat tekan *paving block* pada umur 7 hari dan 14 hari disajikan pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 25 Hasil Perbandingan Kuat Tekan Paving Block Pada Umur 7 Hari Dan 14 Hari

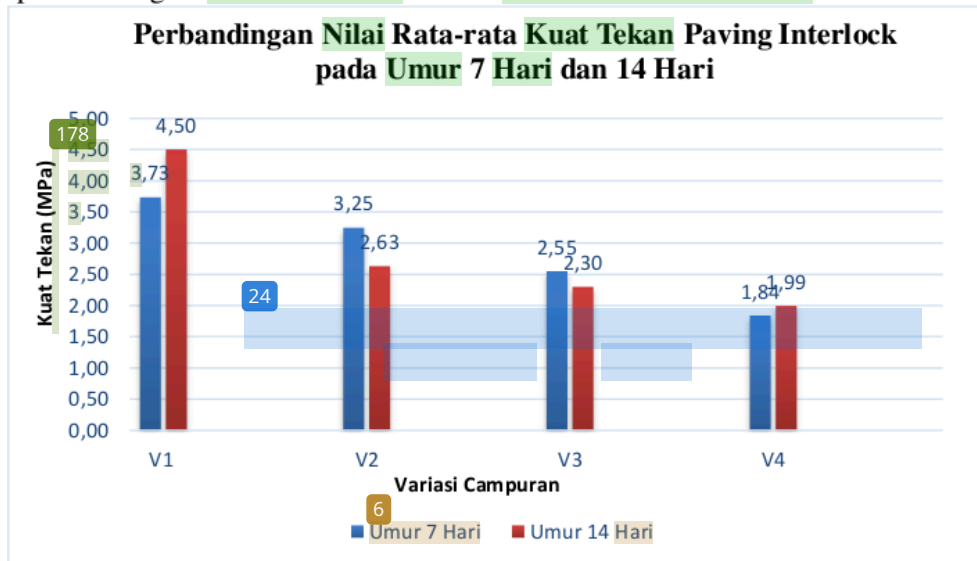
Variasi Campuran	Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa (%)	Kuat Tekan Umur 7 Hari (MPa)	Kuat Tekan Umur 14 Hari (MPa)	Selisih (MPa)	Persentase Perubahan (%)	Keterangan
V1	0	3,73	4,50	+0,77	+20,64	Mengalami peningkatan kuat tekan.
V2	5	3,25	2,63	-0,62	-19,08	Mengalami penurunan kuat tekan.
V3	10	2,55	2,30	-0,25	-9,80	Mengalami penurunan kuat tekan.
V4	15	1,84	1,99	+0,15	+8,15	Mengalami sedikit peningkatan kuat tekan.

Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026.

Berdasarkan Tabel 4.26, terlihat adanya perbedaan nilai kuat tekan *paving block* pada umur 7 hari dan 14 hari untuk setiap variasi penambahan cacahan tempurung kelapa. Perbandingan tersebut menunjukkan perkembangan kuat tekan yang terjadi selama proses perawatan (*curing*), sehingga dapat

diketahui pengaruh umur perawatan terhadap kekuatan *paving block*. Variasi tanpa penambahan cacahan tempurung kelapa (0%) menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi pada kedua umur pengujian, sedangkan variasi dengan penambahan cacahan tempurung kelapa menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih rendah. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa variasi campuran memberikan pengaruh terhadap perkembangan kuat tekan *paving block* selama masa perawatan.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perbedaan nilai kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari, hasil pengujian tersebut disajikan dalam bentuk grafik. Grafik ini memudahkan dalam mengamati kecenderungan perubahan kuat tekan pada setiap variasi campuran serta membandingkan perkembangan nilai kuat tekan antara umur 7 hari dan 14 hari secara visual.



Adapun grafik perbandingan kuat tekan *paving block* pada umur 7 hari dan 14 hari.

4.6. Kesesuaian Mutu *Paving Block* Berdasarkan SNI

Kesesuaian mutu *paving block* pada penelitian ini ditentukan berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving Block*). Standar tersebut mengelompokkan *paving block* ke dalam empat kategori mutu, yaitu Mutu A untuk jalan, Mutu B untuk pelataran parkir, Mutu C untuk jalur pejalan kaki, dan Mutu D untuk taman serta penggunaan lainnya. Penentuan mutu dilakukan dengan membandingkan nilai kuat tekan rata-rata hasil pengujian terhadap persyaratan kuat tekan yang ditetapkan dalam SNI. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang diperoleh, maka semakin tinggi pula mutu *paving block* yang

dihasilkan dan semakin besar kemampuannya dalam menahan beban. Oleh karena itu, klasifikasi mutu berdasarkan SNI digunakan untuk mengevaluasi kualitas *paving block* serta menentukan kesesuaiannya dengan fungsi dan peruntukan yang direncanakan.

4.6.1. Klasifikasi Kualitas *Paving Block* Berdasarkan Standar SNI

Klasifikasi kualitas *paving block* dilakukan untuk mengetahui mutu *paving block* berdasarkan nilai kuat tekan hasil pengujian. Penentuan mutu mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving Block*), yang mengelompokkan *paving block* ke dalam beberapa kelas mutu berdasarkan persyaratan kuat tekan. Melalui klasifikasi ini dapat diketahui kesesuaian *paving block* terhadap standar yang berlaku serta peruntukan penggunaannya.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* dikelompokkan ke dalam empat kelas mutu, yaitu Mutu A, Mutu B, Mutu C, dan Mutu D. Hasil pengujian kuat tekan pada setiap variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% kemudian dibandingkan dengan persyaratan tersebut untuk menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan.

Hasil klasifikasi mutu selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kualitas *paving block*.

Tabel 4. 26 Klasifikasi Kualitas *Paving Block* Berdasarkan SNI 03-0691-1996

Mutu	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Peruntukan
A	40	35	Jalan
B	20	17	Pelataran Parkir
C	15	12,5	Pejalan Kaki
D	10	8,5	Taman dan penggunaan lainnya

Berdasarkan tabel di atas, hasil pengujian kuat tekan pada setiap variasi campuran dapat dibandingkan dengan persyaratan SNI untuk menentukan mutu *paving block* yang diperoleh. Klasifikasi ini menjadi dasar dalam menilai kelayakan penggunaan *paving block* serta mengetahui sejauh mana penambahan

cacahan tempurung kelapa mempengaruhi kualitas dan kekuatan *paving block* yang dihasilkan.

4.7. Perbandingan Paving Block Penelitian dan Pasaran

perbandingan antara paving block hasil penelitian dan paving block pasaran dilakukan untuk mengetahui perbedaan material penyusun, proses pembuatan, dan nilai kuat tekan. Berdasarkan Tabel 4.28, paving block hasil penelitian lebih ramah lingkungan karena menggunakan cacahan tempurung kelapa, namun memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan paving block pasaran.

tabel 4. 27 Perbandingan Paving Block Penelitian dan Pasaran

No.	Aspek Perbandingan	Paving Block Hasil Penelitian	Paving Block Pasaran
1	Bahan penyusun	Semen, pasir, air, dan cacahan tempurung kelapa	Semen, pasir, air, dan agregat halus tanpa bahan tambahan
2	Tujuan pembuatan	Mengetahui pengaruh cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan	Diproduksi untuk kebutuhan konstruksi dan dipasarkan secara komersial
3	Proses produksi	Skala laboratorium	Skala industri
4	Metode pemadatan	Pemadatan dilakukan secara manual	Pemadatan menggunakan mesin press/vibrasi
5	Variasi campuran	0%, 5%, 10%, dan 15% cacahan tempurung kelapa	Menggunakan komposisi standar pabrik
6	Kuat tekan	Cenderung menurun seiring bertambahnya persentase cacahan tempurung kelapa	Umumnya lebih tinggi dan lebih stabil
7	Kepadatan produk	Dipengaruhi oleh proses pemadatan manual sehingga kepadatan kurang seragam	Lebih padat dan seragam karena menggunakan mesin
8	Pemanfaatan	Sebagai alternatif material dan objek penelitian	Digunakan untuk jalan, trotoar, halaman, dan area parkir
9	Nilai lingkungan	Memanfaatkan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan sehingga mengurangi penggunaan agregat halus	Menggunakan material konvensional tanpa bahan alternatif
10	Kelebihan	Memanfaatkan tempurung kelapa dan mendukung konsep ramah lingkungan	Mutu lebih konsisten, kepadatan tinggi, dan siap digunakan
11	Kekurangan	Kuat tekan lebih rendah dan kualitas dipengaruhi proses pemadatan manual	Belum memanfaatkan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan

4.8. Perbandingan Metode Produksi Paving Block Manual dan Mesin umur 7 hari dan umur 14 hari

Perbandingan metode produksi paving block secara manual dan mesin dilakukan berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 14 hari. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh kedua metode produksi pada setiap umur pengujian serta melihat pengaruh metode produksi terhadap perkembangan kuat tekan paving block. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4.28.

tabel 4. 28 Perbandingan Metode Produksi Paving Block Manual dan Mesin

Variasi	Umur 7 Hari Manual (MPa)	Umur 7 Hari Mesin (MPa)	Umur 14 Hari Manual (MPa)	Umur 14 Hari Mesin (MPa)	Keterangan
V1 (0%)	3,73	2,59	4,50	3,38	Manual lebih tinggi
V2 (5%)	3,25	3,25	2,63	2,63	Sama
V3 (10%)	2,55	2,55	2,30	2,30	Sama
V4 (15%)	1,84	1,84	1,99	1,99	Sama
Rata-rata	2,84	2,56	2,85	2,58	Manual lebih tinggi

4.9. Analisis Nilai Ekonomis Paving Block Hasil Penelitian Dan Paving Block Pasaran

Analisis nilai ekonomis dilakukan untuk membandingkan paving block hasil penelitian dengan paving block yang dijual di pasaran. Perbandingan ini meliputi penggunaan bahan tambahan, biaya bahan, proses produksi, nilai kuat tekan, serta estimasi harga jual. Tujuannya adalah untuk mengetahui potensi ekonomis penggunaan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pada paving block, sekaligus memberikan gambaran mengenai perbedaan biaya dan kualitas produk dibandingkan

dengan paving block yang diproduksi secara komersial. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4.29.

tabel 4. 29 Analisis Nilai Ekonomis Paving Block Hasil Penelitian Dan Paving Block Pasaran

No.	Aspek	Paving Block Hasil Penelitian	Paving Block Pasaran
1	Penambahan Tempurung Kelapa	0%, 5%, 10%, 15%	Tidak ada (0%)
2	Harga Tempurung Kelapa	Rp20.000/karung	-
3	Proses Produksi	Manual (laboratorium)	Mesin press/vibrasi
4	Kuat Tekan Tertinggi	4,27 MPa	20–40 MPa
5	Biaya Produksi	± Rp4.625/buah	Sesuai biaya pabrik
6	Estimasi Harga Jual	± Rp5.100/buah	Rp2.500/buah
7	Kelebihan	Ramah lingkungan	Mutu lebih tinggi dan stabil
8	Kekurangan	Kuat tekan lebih rendah	Tidak memanfaatkan bahan alternatif

4.10. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan dengan penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian maupun perbedaan hasil penelitian yang telah diperoleh. Pembahasan ini bertujuan untuk memperkuat hasil penelitian serta memberikan gambaran mengenai pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Pada penelitian ini, hasil pengujian kuat tekan paving block dengan variasi penambahan cacahan tempurung kelapa 0%, 5%, 10%, dan 15% dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang membahas penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan atau pengganti sebagian agregat. Perbandingan dilakukan berdasarkan nilai kuat tekan yang diperoleh, kecenderungan perubahan kuat tekan, serta kesesuaiannya dengan SNI 03-0691-1996, sehingga dapat diketahui persamaan dan perbedaan hasil penelitian yang diperoleh.

a. Perbandingan hasil penelitian Sucahyo dkk. (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Sucahyo dkk. (2020) mengenai pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai campuran *paving block* menunjukkan bahwa penambahan tempurung kelapa pada campuran *paving block* mempengaruhi nilai kuat tekan yang dihasilkan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan, nilai kuat tekan *paving block* cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh sifat tempurung kelapa yang lebih ringan dibandingkan agregat sehingga dapat mengurangi kepadatan campuran dan meningkatkan jumlah rongga di dalam *paving block*.

Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sejalan dengan penelitian terdahulu, dimana penambahan cacahan tempurung kelapa memberikan pengaruh terhadap kuat tekan *paving block*. Perbedaan nilai kuat tekan yang diperoleh pada setiap variasi campuran menunjukkan bahwa jumlah cacahan tempurung kelapa yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas *paving block* yang dihasilkan. Namun demikian, perbedaan hasil yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ukuran cacahan tempurung kelapa, jenis semen yang digunakan, metode pencampuran, proses pemadatan, serta kondisi perawatan benda uji.

b. Persamaan dan perbedaan penelitian

Berdasarkan perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, terdapat beberapa persamaan dan perbedaan. Persamaannya terletak pada penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan dalam campuran *paving block* serta pengujian kuat tekan sebagai parameter utama untuk menilai kualitas *paving block*. Selain itu, kedua penelitian menunjukkan bahwa penambahan tempurung kelapa memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan.

Perbedaannya terletak pada ukuran cacahan tempurung kelapa, komposisi campuran, metode pelaksanaan penelitian, serta nilai kuat tekan yang diperoleh.

pengujian yang diterapkan pada masing-masing penelitian.berikut table perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu:

sumber: Diolah dari Sucahyo dkk. (2020) dan hasil penelitian, 2026

Berdasarkan penelitian Sucahyo dkk. (2020), hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu semakin besar ¹persentase penambahan cacahan tempurung kelapa, semakin rendah nilai kuat tekan paving block. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kepadatan campuran dan ikatan antara pasta ¹semen dengan agregat.

Tabel 4. 30 Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu

Uraian	Penelitian Sucahyo dkk. (2020)	Penelitian Ini
Material Tambahan	Tempurung Kelapa	Cacahan Tempurung Kelapa
Variasi Campuran	0%, 5%, 10%, 15%, 20%	0%, 5%, 10%, 15%
Parameter Pengujian	¹⁵ Kuat Tekan dan Resapan Air	Kuat Tekan
Hasil Penelitian	Kuat tekan cenderung menurun seiring bertambahnya ¹² tempurung kelapa	Kuat tekan mengalami penurunan seiring bertambah cacahan tempurung kelapa
Kesimpulan	Tempurung kelapa mempengaruhi kuat tekan paving block	Pengaruh cacahan tempurung kelapa terhadap uji kuat tekan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian mengenai pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block telah dilakukan melalui tahapan persiapan material, pembuatan benda uji, perawatan (*curing*), dan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari serta 14 hari. Penelitian ini menggunakan variasi penambahan cacahan tempurung kelapa sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% pada campuran paving block dengan perbandingan semen dan pasir 1:4. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh setiap variasi campuran terhadap nilai kuat tekan paving block. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan cacahan tempurung kelapa berpengaruh terhadap nilai kuat tekan paving block, di mana semakin besar persentase penambahan cacahan tempurung kelapa maka nilai kuat tekan cenderung menurun.
2. Nilai kuat tekan paving block pada umur 7 hari dan 14 hari menunjukkan perkembangan yang berbeda pada setiap variasi campuran, dengan variasi 0% menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi.
3. Berdasarkan nilai kuat tekan yang diperoleh, penambahan cacahan tempurung kelapa belum mampu meningkatkan kualitas paving block. Variasi tanpa penambahan cacahan tempurung kelapa (0%) menghasilkan kualitas terbaik, sedangkan penambahan 5%, 10%, dan 15% menyebabkan penurunan nilai kuat tekan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan cacahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan paving block, masih terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Pengembangan tersebut diharapkan dapat menghasilkan data yang lebih lengkap serta meningkatkan kualitas paving block dengan memanfaatkan cacahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan. Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi penambahan cacahan tempurung kelapa yang lebih beragam, baik dengan persentase yang lebih kecil maupun lebih besar dari 15%, sehingga dapat diketahui komposisi yang memberikan nilai kuat tekan paving block yang lebih optimum.
2. Penelitian berikutnya dapat menggunakan perbandingan campuran semen dan pasir yang berbeda, sehingga pengaruh komposisi campuran terhadap nilai kuat tekan paving block yang menggunakan cacahan tempurung kelapa dapat diketahui secara lebih mendalam.
3. Pengujian kuat tekan pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan hingga umur 28 hari agar perkembangan kuat tekan paving block dapat diamati secara lebih lengkap dan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai peningkatan kekuatan paving block seiring bertambahnya umur perawatan.
4. Proses pencampuran, pencetakan, pemadatan, dan perawatan (*curing*) paving block perlu dilakukan secara lebih teliti dan konsisten agar setiap benda uji memiliki kondisi yang seragam, sehingga hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh lebih akurat dan memiliki tingkat keandalan yang lebih baik.
5. Penelitian selanjutnya disarankan dilakukan dalam skala yang lebih luas, tidak hanya pada skala laboratorium, tetapi juga melalui uji lapangan, sehingga kinerja paving block yang menggunakan cacahan tempurung kelapa dapat diketahui pada kondisi penggunaan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkhaly, Y. R. (2016). *PERBANDINGAN RANCANGAN CAMPURAN BETON BERDASARKAN SNI 03-2834-2000 DAN SNI 7656 : 2012 PADA MUTU BETON 20 MPa*. 6(1), 11–18.
- Hardini, B., Abdi, F. N., & Haryanto, B. (2021). *Penambahan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan paving block*. 5(November), 2–6.
- Kuat, T., & Paving, T. (2017). *Jurnal “ MITSU ” Media Informasi Teknik Sipil UNIJA Volume 5 , No . 1 , April 2017 - ISSN: 2339-0719 FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP - MADURA Jurnal “ MITSU ” Media Informasi Teknik Sipil UNIJA Volume 5 , No . 1 , April 2017 - ISSN: 2339-0719*. 5(1), 1–6.
- Kurniati, D., Saputro, I. T., Nurhidayatullah, E. F., Saputro, C. D., & Asyifa, A. (2021). *KEKUATAN TEKAN PAVING BLOCK DENGAN MEMANFAATKAN*. 7(2), 49–53.
- Limbah, P., Kelapa, T., Campuran, S., & Block, P. (2015). *Konsultan Perencana Dibaca*. 2011, 12–86.
- Limbah, P., Kelapa, T., Campuran, S., & Block, P. (2020). *U KaRsT*. 4, 1–13.
- Lutfiani, B., Zakina, A., Fathoni, A. F., & Bojonegoro, U. (2024). *Pengaruh Penggunaan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Pasir Bengawan Solo Pada Kuat Tekan Paving Block*. 4, 664–672.
- Majid, A. N., & Permana, S. (n.d.). *Penggunaan Agregat Halus EX Paving Block untuk Campuran Beton*. 1.
- Mudiyono, R., Tsani, N. S., Putra, A. P., & Adha, K. M. (2019). *Analisis Pengaruh Bentuk Paving Block Terhadap Kelendutan Perkerasan Jalan*. 12–17.
- Nofrianto, H. (2023). *ANALISIS MUTU PAVING BLOCK DENGAN VARIASI AGREGAT QUALITY ANALYSIS OF PAVING BLOCK WITH FINE*. 1(1), 54–62.
- Palanikumar, E. (2016). *Structural Design of Interlocking Concrete Paving Block*. 5(12), 230–232.
- Pattisahusiwa, M. Z., Sahusilawane, T., & Apalem, D. R. (2024). *Pengaruh Penambahan Cacahan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton*. 1(4), 259–266.
- Rachmi Yanita^{1,*}, G. A., & Institut. (n.d.). *manfaat faktor koversi pada uji kuat*

tekan.pdf.

Rheza, M., Syakir, F., Dany, R., Fauziyah, S., & Susanti, R. (2024). *Jurnal Sipil dan Arsitektur*. 2(3), 41–47.

Siregar, S., & . N. (2016). PENGARUH PENGGUNAAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI PENAMBAH AGREGAT KASAR MUTU BETON F'C 17 Mpa TERHADAP KUAT TEKAN BETON. *Educational Building*, 2(1), 64–69. <https://doi.org/10.24114/eb.v2i1.6917>

Suryani, H., & Ridhayani, I. (2025). *KINERJA PAVING BLOCK HIDROLIK SESUAI Jurnal Teknik Sipil*. 1, 48–54.

Wardi, S., Roza, A., & Putra, D. S. (2023). *TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK*. 1(2), 23–30.

LAMPIRAN

 UNIVERSITAS ISLAM INDRAGIRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
Kampus Parit 1, Lantai # 2 Jalan Propinsi Nomor : 01, Tembilahan Hulu, Indragiri Hilir, Riau, Indonesia
Laman website: www.unisri.ac.id

Tembilahan, 25 Mei 2026

Nomor : 046/UNISI/D/IV/2026 Lampiran
Perihal : Permohonan Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth :
Kepala Dinas PUPRKP Kab INHIL
di Tempat

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Dengan Hormat,

Teriring salam dan doa semoga kita semua senantiasa dalam limpahan karunia dan taufik Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, sehat wal'afiat, sukses dalam tugas dan aktifitas sehari-hari, amiin.

Dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir (TA)/Skripsi Mahasiswa, guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri (UNISI).Maka kami mohon bantuan Bapak untuk membantu memberikan data yang dibutuhkan kepada Mahasiswa kami.

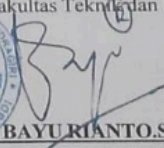
Berikut data dari mahasiswa - mahasiswi tersebut :

Nama : Asni
Nim : 401221010003
Nama : Dahlia Autiani Agisti
Nim : 401221010004

Dengan judul penelitian :
"Pengaruh bahan tambahan pecahan tempurung kelapa terhadap uji tekan pada paving Block dan Analisis peforma paving Interlock berbahan limbah plastik"

Demikian hal ini disampaikan, atas perhatian nya kami ucapkan terimakasih.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Dr. BAYURIANTO.S.SI.,M.Kom
NIPY. 1691 09 321

Umu Karyu Abdi

LAMPIRAN

 UNIVERSITAS ISLAM INDRAGIRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
Kampus Parit 1, Lantai # 2 Jalan Propinsi Nomor : 01, Tembilahan Hulu, Indragiri Hilir, Riau, Indonesia
Laman website:

Tembilahan, 26 Juni 2026

Nomor Surat : 068/UNISI/D/VI/2026
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Pengujian Kuat Tekan

Kepada Yth :
Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Tata Ruang Perumahan
dan Kawasan Permukiman
Di -
Tempat

Dengan Hormat,
Teriring do'a dan salam kami sampaikan kepada Bapak/Ibu, Semoga Bapak/Ibu beserta karyawan selalu diberikan kesehatan oleh Allah SWT dalam menjalankan aktifitas. Aamiin

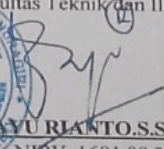
Sehubungan dengan pelaksanaan penelitian Skripsi/Tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (SI) Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri. Kami mohon kesediaan bapak/ibu berkenan memberikan izin kepada mahasiswa kami untuk Pelaksanaan **Pengujian Kuat Tekan** di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum, Tata Ruang Perumahan dan Kawasan Permukiman terhadap sampel penelitian Mahasiswa.

Adapun data mahasiswa dan Jumlah sampel yang akan diuji adalah sebagai berikut:

1. Nama : Dahlia Autiani Agisti
Nim : 401221010004
Prodi : Teknik Sipil
Judul Penelitian : Analisis Performa Paving Interlock Berbahan Limbah Plastik
Jenis Sampel : Bata Beton
Jumlah Sampel : 15 (Lima Belas) Buah
2. Nama : Asni
Nim : 401221010003
Prodi : Teknik Sipil
Judul Penelitian : Pengaruh Bahan Tambahan Cacahan Tempurung Kelapa Terhadap Uji Kuat Tekan Pada Mutu Paving Blok
Jenis Sampel : Bata Beton
Jumlah Sampel : 24 (Dua Puluh Empat) Buah

Besar harapan Kami agar mahasiswa kami tersebut dapat diberikan Izin Untuk melaksanakan pengujian Sesuai sesuai dengan prosedur ketentuan yang berlaku Di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum, Tata Ruang Perumahan dan Kawasan Permukiman.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas Perhatian dan kerjasama Bapak/ibu kami ucapkan terimakasih.

Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

DR. ERYU RIANTO, S.SI., M.Kom
NIP. 1691 09 321

Ilmu Karya Abdi

Dokumentasi Analisa Saringan Agregat Halus



Dokumentasi Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus



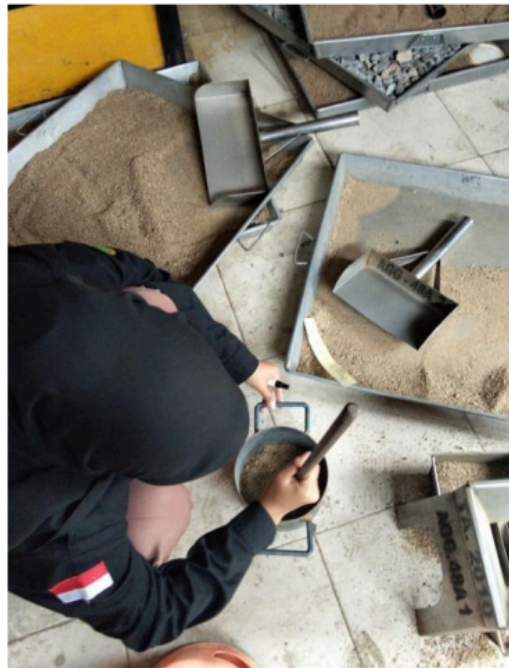
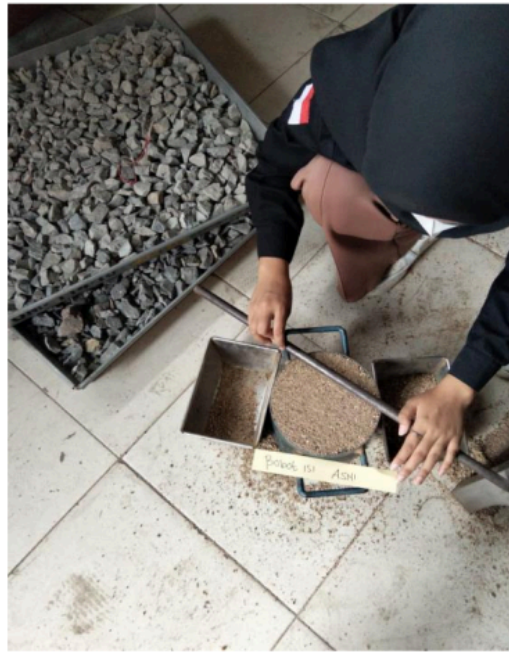
Dokumentasi Pengujian Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200



7
Dokumentasi Pengujian Kadar Air Total Agregat Halus



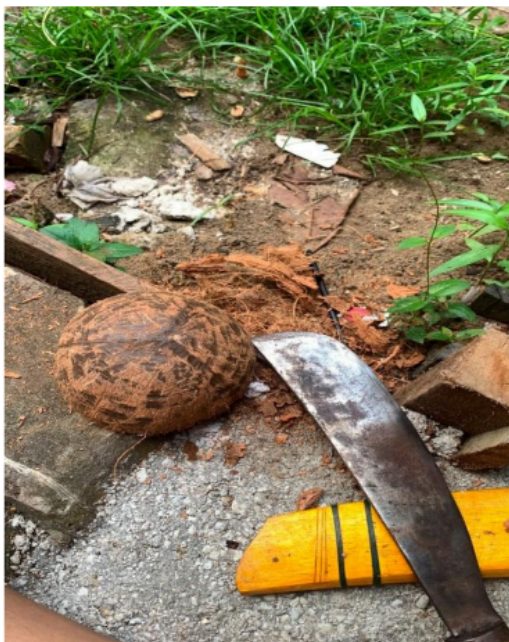
Dokumentasi Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Udara Agregat Halus



Dokumentasi Bahan Yang Digunakan Dalam Pembuatan Paving Block



Dokumentasi sumber tempurung kelapa dan pembersihan tempurung kelapa



Dokumentasi Penimbangan Bahan Pembuatan Paving Block



Dokumentasi Proses Pembuatan Paving Block



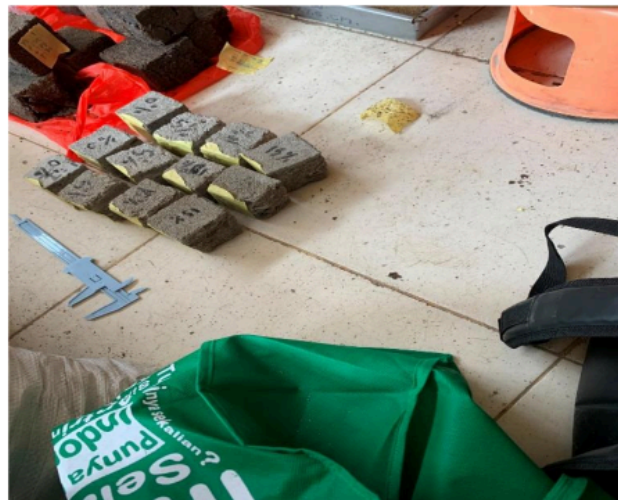
Dokumentasi paving block sebelum dipotong



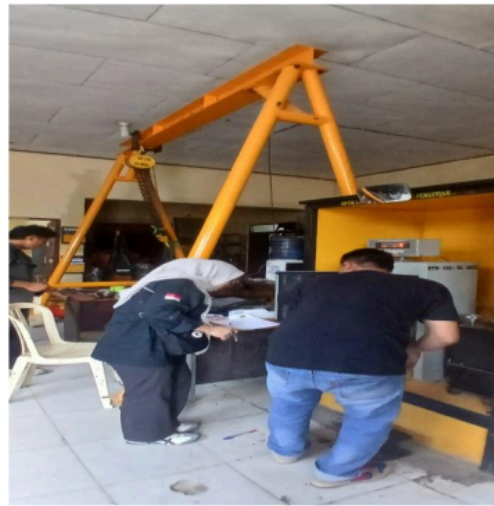
Dokumentasi paving block saat dipotong

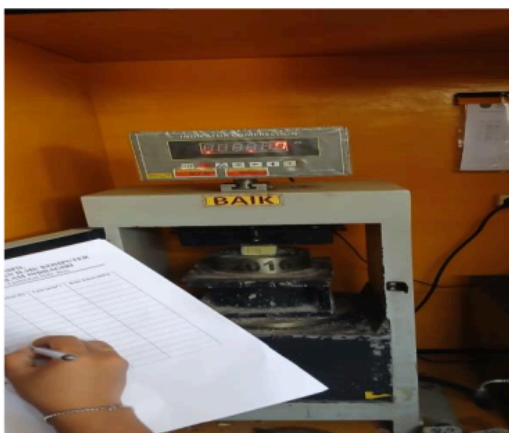


Dokumentasi paving block setelah dipotong



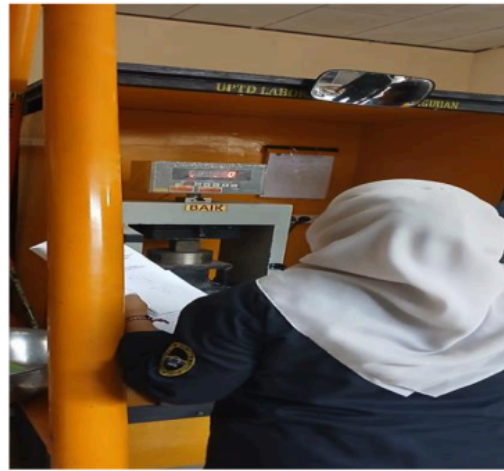
Dokumentasi Pengujian kuat tekan umur 7 hari







Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari







Dokumentasi paving block yang dibeli



1. Perhitungan Luas Cetakan Paving Block Segi Enam

Uraian	Perhitungan	Hasil
Rumus	$L = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2$	-
Substitusi	$L = \frac{3 \times 1,732}{2} \times (11,5)^2$	-
Luas Cetakan	$L = 343,58$	$343,58 \text{ cm}^3$

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

2. Perhitungan Volume Satu Buah Paving Block

Uraian	Perhitungan	Hasil
Rumus	$V = L \times T$	-
Substitusi	$V = 343,49 \times 6$	-
Volume Paving Block	$V = 2.060,94$	$v = 2.061,48 \text{ cm}^3$

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

3. Perhitungan Kebutuhan Semen

Uraian	Perhitungan	Hasil
Rumus	$k_s = \frac{1}{5} \times v$	-
Substitusi	$k_s = \frac{1}{5} \times 2.061,48$	-
Kebutuhan Semen	Disesuaikan dengan konversi berat	412,296 gram

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

4. Perhitungan Kebutuhan Pasir

Uraian	Perhitungan	Hasil
Rumus	$k_p = \frac{4}{5} \times v$	-
Substitusi	$k_p = \frac{4}{5} \times 2.061,48$	-
Kebutuhan Pasir	Sesuai hasil perhitungan	1.649,18 gram

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

5. Perhitungan Kebutuhan Cacahan Tempurung Kelapa

Variasi	Rumus	Perhitungan	Hasil
V1 (0%)	$k_t = 0\% \times k_p$	$0 \times 1.649,18$	1.649,18gram
V2 (5%)	$k_t = 5\% \times k_p$	$0,05 \times 1.649,18$	82,46 gram
V3 (10%)	$k_t = 10\% \times k_p$	$0,10 \times 1.649,18$	164,92gram
V4 (15%)	$k_t = 15\% \times k_p$	$0,15 \times 1.649,18$	247,38gram

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

6. Perhitungan Kebutuhan Pasir Setelah Penggantian

Variasi	Rumus	Perhitungan	Hasil
V1	$k_{ps} = k_p - k_t$	$1.649,18 - 1.649,18$	0 gram
V2	$k_{ps} = k_p - k_t$	$1.649,18 - 82,46$	1.566,72 gram
V3	$k_{ps} = k_p - k_t$	$1.649,18 - 164,92$	1.484,26 gram
V4	$k_{ps} = k_p - k_t$	$1.649,18 - 247,38$	1.401,8 gram

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

7. Perhitungan Kebutuhan Air

Uraian	Perhitungan	Hasil
Rumus	$W = FAS \times S$	-
Substitusi	$W = FAS \times 412,296$	-
Kebutuhan Air	Sesuai nilai FAS	185,53ml

Sumber: Hasil Perhitungan Peneliti, 2026.

131

Table perbandingan peningkatan 7 hari dan 14 hari

No.	Variasi Campuran	Komposisi Campuran (Semen : Pasir : Tempurung Kelapa)	¹ Kuat Tekan Umur 7 Hari (MPa)	Kuat Tekan Umur 14 Hari (MPa)	Selisih (MPa)	Perubahan (%)	Keterangan
1	V1	Semen 20% : Pasir 80% : Tempurung Kelapa 0%	3,73	4,27	0,54	14,48	Meningkat
2	V2	Semen 20% : Pasir 75% : Tempurung Kelapa 5%	3,25	3,78	0,53	16,31	Meningkat
3	V3	Semen 20% : Pasir 70% : Tempurung Kelapa 10%	2,55	3,12	0,57	22,35	Meningkat
4	V4	Semen 20% : Pasir 65% : Tempurung Kelapa 15%	1,84	2,31	0,47	25,54	Meningkat

ORIGINALITY REPORT

37%

SIMILARITY INDEX

34%

INTERNET SOURCES

25%

PUBLICATIONS

15%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	dspace.uui.ac.id Internet Source	4%
2	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%
3	ojs.unik-kediri.ac.id Internet Source	1%
4	repository.unsulbar.ac.id Internet Source	1%
5	repository.univ-tridinanti.ac.id Internet Source	1%
6	eskripsi.usm.ac.id Internet Source	1%
7	repository.pnj.ac.id Internet Source	1%
8	123dok.com Internet Source	1%
9	repositori.uma.ac.id Internet Source	1%
10	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	1%
11	repository.unj.ac.id Internet Source	1%
12	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1%
13	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1%
14	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
15	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1%

16	Submitted to Universitas Sangga Buana YPKP Student Paper	<1 %
17	e-jurnal.pnl.ac.id Internet Source	<1 %
18	docplayer.info Internet Source	<1 %
19	repository.unisi.ac.id Internet Source	<1 %
20	j-innovative.org Internet Source	<1 %
21	jurnal.univpgri-palembang.ac.id Internet Source	<1 %
22	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
23	repository.uinsu.ac.id Internet Source	<1 %
24	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
25	jtv.itp.ac.id Internet Source	<1 %
26	sejurnal.com Internet Source	<1 %
27	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
28	teras.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
29	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
30	Submitted to Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung Student Paper	<1 %
31	Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto Student Paper	<1 %
32	id.123dok.com Internet Source	<1 %

33	jurnal.politap.ac.id	Internet Source	<1 %
34	Submitted to Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Tengah	Student Paper	<1 %
35	Submitted to Universitas Bung Hatta	Student Paper	<1 %
36	es.scribd.com	Internet Source	<1 %
37	Submitted to Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta	Student Paper	<1 %
38	repository.ub.ac.id	Internet Source	<1 %
39	Submitted to Universitas Bengkulu	Student Paper	<1 %
40	jurnal.ensiklopediaku.org	Internet Source	<1 %
41	www.scribd.com	Internet Source	<1 %
42	adoc.pub	Internet Source	<1 %
43	Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part II	Student Paper	<1 %
44	digilib.unila.ac.id	Internet Source	<1 %
45	Bintang Putra Mahardhika, Dendi Irawan Irawan, Antonius Antonius. "Analisis Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur Beton Self Compacting Concrete (SCC) dengan Penambahan Abu Sekam Padi", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2026	Publication	<1 %
46	positori.unsil.ac.id	Internet Source	<1 %
47	Submitted to Politeknik Negeri Lhokseumawe Turnitin	Student Paper	<1 %
48	jurnalbatakarang.ptbundana.org	Internet Source	<1 %

49	ejournal.utp.ac.id Internet Source	<1 %
50	Submitted to FAKULTAS TEKNIK Student Paper	<1 %
51	Roza Mildawati, Rahmad Alvin, Sri Hartati Dewi. "ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN PAVING BLOCK MENGGUNAKAN PASIR COR DANAU BINGKUANG DAN PASIR URUG GARUDA SAKTI", Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, 2024 Publication	<1 %
52	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
53	prosiding.pnj.ac.id Internet Source	<1 %
54	www.neliti.com Internet Source	<1 %
55	Nesci Ayu Ginting, Azwa Nirmala, Syahrudin Syahrudin, Hendri Sutrisno. "Analisis Pengaruh Penambahan Tailing Bauksit Sebagai Agregat Halus Pada Pembuatan Paving Block Di PT. Anugerah Borneo Maruya Persada", Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 2023 Publication	<1 %
56	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	<1 %
57	repository.upnvj.ac.id Internet Source	<1 %
58	perpusft.unram.ac.id Internet Source	<1 %
59	repository.ummat.ac.id Internet Source	<1 %
60	Widya Yanti Lesnussa, Juliet G. Metekohy, Rabiyyatul Uzda. "Studi Eksperimental Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Substitusi Semen Dalam Pembuatan Paving Block", Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research, 2026 Publication	<1 %
61	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
62	ejournal.unitomo.ac.id Internet Source	<1 %

63	uisi-repository.sgp1.cdn.digitaloceanspaces.com Internet Source	<1 %
64	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
65	Agustin Gunawan, Febriyan Abimanyu, Yuzuar Afrizal. "PENGARUH PENGGUNAAN ABU SABUT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN PENAMBAH SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK", Inersia: Jurnal Teknik Sipil, 2020 Publication	<1 %
66	Komang Muliandre Utama, Warji Warji, Winda Rahmawati, Siti Suharyatun. "Pemanfaatan Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dan Batok Kelapa Sebagai Bahan Baku Paving Block", Jurnal Agricultural Biosystem Engineering, 2023 Publication	<1 %
67	Wibowo, Titus Tonny. "Evaluasi Fisik dan Mekanik Paving Block Tipe Holland Dari Beberapa Produsen di Kota Semarang", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024 Publication	<1 %
68	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
69	ejurnal.poliban.ac.id Internet Source	<1 %
70	repository.um-palembang.ac.id Internet Source	<1 %
71	repository.uniba.ac.id Internet Source	<1 %
72	Gevi Mariyan Dilla, Ratnawulan Ratnawulan. "Pengaruh Komposisi Agregat Kasar dengan Agregat Sedang terhadap Kuat Tekan Pada Aspal", Jurnal Pendidikan Tambusai, 2026 Publication	<1 %
73	repository.uinsaizu.ac.id Internet Source	<1 %
74	repository.upi.edu Internet Source	<1 %
75	ejournalunb.ac.id Internet Source	<1 %
76	jurnal.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %

77	Agil Dwi Krisna, Sigit Winarto, Ahmad Ridwan. "PENELITIAN UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH AMPAS TEBU DAN ZAT ADDITIF SIKACIM BONDING ADHESIVE", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2019 Publication	<1 %
78	Iqbal Munir Fadhilah, Sumarman, Lutfi Marantica. "Analisis Komparatif Kuat Tekan dan Setting Time Grouting dengan Sika Intraplast Z dan Fly Ash Tipe F", JURNAL DAKTILITAS, 2026 Publication	<1 %
79	cdn.juris.id Internet Source	<1 %
80	e-journal.upr.ac.id Internet Source	<1 %
81	repository.unwiku.ac.id Internet Source	<1 %
82	ejournal.unkhair.ac.id Internet Source	<1 %
83	ejurnal.undana.ac.id Internet Source	<1 %
84	eprints.ummetro.ac.id Internet Source	<1 %
85	jtb.ulm.ac.id Internet Source	<1 %
86	repository.unbari.ac.id Internet Source	<1 %
87	repository.unigoro.ac.id Internet Source	<1 %
88	Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part III Student Paper	<1 %
89	Seska Nicolaas, Rilya Rumbayan, Michelle Maleke. "Pengaruh Penambahan Limbah Kaca Terhadap Perilaku Mekanis Beton", Jurnal Teknik Sipil Terapan, 2019 Publication	<1 %
90	journal.formosapublisher.org Internet Source	<1 %
91	ocw.upj.ac.id Internet Source	<1 %
92	Submitted to East Union High School	

<1 %

93 elib.pnc.ac.id
Internet Source

<1 %

94 fr.scribd.com
Internet Source

<1 %

95 jurnal.uns.ac.id
Internet Source

<1 %

96 www.ejournal.warmadewa.ac.id
Internet Source

<1 %

97 Adinda Audina Zahroh, Kholidia Ayunaning, Rahmat Dwi Sutrisno. "Judul ini agak rusak tolong untuk diloloskan Doi nya", Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2025
Publication

<1 %

98 Submitted to Politeknik Pariwisata NHI Bandung
Student Paper

<1 %

99 digilib.iainlangsa.ac.id
Internet Source

<1 %

100 ejournalwiraraja.com
Internet Source

<1 %

101 Submitted to Universitas Sebelas Maret
Student Paper

<1 %

102 Submitted to Universitas Sumatera Utara
Student Paper

<1 %

103 repository.uigm.ac.id
Internet Source

<1 %

104 repository.uma.ac.id
Internet Source

<1 %

105 pt.scribd.com
Internet Source

<1 %

106 repositori.umsu.ac.id
Internet Source

<1 %

107 Budiman Budiman. "PENAMBAHAN SERAT YANG OPTIMAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA BETON NORMAL", INOVTEK POLBENG, 2018
Publication

<1 %

108 Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium
Student Paper

<1 %

109	Sita Silvani Hatuwe, Juliet G. Metekohy, Sammy G. M. Amaheka. "Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Bambu Terhadap Karakteristik Marshall Pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)", Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research, 2026 Publication	<1 %
110	ft-sipil.unila.ac.id Internet Source	<1 %
111	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	<1 %
112	www.ojs.unr.ac.id Internet Source	<1 %
113	Maria Enjelina Sibuea, A. Wardhono. "Karakterisasi Mortar Geopolimer terhadap Penambahan Kapur Berbasis Abu Terbang dan ASP dengan NaOH 10 Molar", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2025 Publication	<1 %
114	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
115	jurnal.pnj.ac.id Internet Source	<1 %
116	repository.ibs.ac.id Internet Source	<1 %
117	repository.uksw.edu Internet Source	<1 %
118	Haikal Munanzar, Mery Silviana, Ichsan Syahputra. "Pengaruh Penambahan Sikament-NN Terhadap Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Agregat Krueng Tiro", Jurnal Teknik Sipil, 2025 Publication	<1 %
119	Handika Setya Wijaya, Blima Oktaviastuti, Andy Kristafi A, Yosef Emanuel Gusi. "Penambahan Limbah Cacahan Tempurung Kelapa terhadap Uji Kuat Tekan dan Lentur Beton pada Mutu Beton (Fc'19,3 Mpa)", Formosa Journal of Applied Sciences, 2022 Publication	<1 %
120	Submitted to STT PLN Student Paper	<1 %
121	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
122	Submitted to UPN Veteran Yogyakarta	

123

Submitted to Universitas Khairun

Student Paper

<1 %

124

cdn.repository.uisi.ac.id

Internet Source

<1 %

125

Bintang Anugrah Esa, Yudhia Pratidina, Edito Dwiantoro. "Pengaruh Penambahan Limbah Pecahan Kaca (Lampu Neon) yang Dilebur terhadap Campuran Beton Normal (Fc`25 MPa)", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2026

Publication

<1 %

126

Erlina Erlina, Suryanto Suryanto. "ANALISIS KUALITAS PAVING HASIL HOME INDUSTRY DI BERBAGAI DAERAH (STUDI KASUS : SLEMAN, BANTUL DAN KOTA YOGYAKARTA)", CivETech, 2021

Publication

<1 %

127

Khosiin Khosiin, Nurlia Latpah. "Uji Kuat (Kuat Tekan) Paving Block Hasil Konversi Sampah Plastik", BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains, 2023

Publication

<1 %

128

Muhamad Lukman Subangi, Cahya Suryadi. "Pemanfaatan Limbah Plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET) Sebagai Material Agregat Pembuatan Paving Block Dalam Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Di TPST Bantargebang", Pelita Teknologi, 2020

Publication

<1 %

129

Rahman Abdul Djau, Hawanafisa Putri Yunus, Nasir Bumulo, Sartan Nento, Muh. Ramdhan Olih. "Analisis Faktor Koreksi Dimensi Paving Blok", JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi), 2024

Publication

<1 %

130

Sudirman H Lubis, - Nurhayati, Henny Herawati. "KAJIAN INFRASTRUKTUR PERDESAAN DI KECAMATAN JELIMPO KABUPATEN LANDAK", Jurnal Teknik Sipil, 2017

Publication

<1 %

131

Tio Yanuar Widodo, Hendramawat Aski Safarizki. "Pengaruh Pemanfaatan Limbah Las Karbit Sebagai Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block", Seminar Nasional Teknik Sipil, 2025

Publication

<1 %

132

Submitted to Universitas Islam Lamongan

Student Paper

<1 %

133

Submitted to Universitas Pancasila

Student Paper

<1 %

134	digilib.iainkendari.ac.id Internet Source	<1 %
135	journal.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
136	journal.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
137	repository.mercubuana.ac.id Internet Source	<1 %
138	www.pengadaan.web.id Internet Source	<1 %
139	Bagus Setiawan, Anisah Anisah, Ririt Aprilin Sumarsono. "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus dan Limbah Styrofoam sebagai Bahan Tambah untuk Coating dalam Pembuatan Paving Block", Jurnal Pendidikan Tambusai, 2026 Publication	<1 %
140	Submitted to Cerritos College Student Paper	<1 %
141	Lilis Indriani. "Pengaruh Bahan Tambahan Limbah Botol Kaca Pada Kuat Tekan Paving Block", Media Ilmiah Teknik Sipil, 2025 Publication	<1 %
142	Nova Nevila Rodhi, Ichwan Hadi Saputra, Moh. Sholahudin, Ayu Kurnia Ratna Sari. "Analisis Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton sebagai Dasar Pengendalian Mutu pada Proyek Konstruksi Menggunakan Agregat Lokal", Jurnal Teknik Sipil, 2026 Publication	<1 %
143	bdu11.com Internet Source	<1 %
144	ejournal.amirulbangunbangsapublishing.com Internet Source	<1 %
145	journal.aritekin.or.id Internet Source	<1 %
146	Ahmad mu'aazar habibie Habibie, Akhmad Basuki widodo Akhmad basuki widodo. "Analisa Kekuatan Tarik Komposit Serat Pelepah Pisang Sebagai Alternatif Untuk Laminasi Kapal Ikan", Jurnal Jaring SainTek, 2022 Publication	<1 %
147	Leo Agusta Utama, Agata Iwan Candra, Ahmad Ridwan. "Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Dengan Penambahan Limbah Marmer Dan Serat Batang Pisang",	<1 %

148	Rahmat Rahmat, Irna Hendriyani, Risma Sa'diyah. "Analisis Batako Dengan Campuran Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Pasir", Media Ilmiah Teknik Sipil, 2020	<1 %
	Publication	
149	Sari Utama Dewi, Firmando Huda Utama, Muh Sarkowi, Agus Setiawan. "Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Pada Campuran Paving Block", Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP), 2023	<1 %
	Publication	
150	Submitted to UPN Veteran Jawa Timur	<1 %
	Student Paper	
151	cot.unhas.ac.id	<1 %
	Internet Source	
152	digilib.uinkhas.ac.id	<1 %
	Internet Source	
153	e-journals.unmul.ac.id	<1 %
	Internet Source	
154	eprints.uns.ac.id	<1 %
	Internet Source	
155	jom.fe.budiluhur.ac.id	<1 %
	Internet Source	
156	jurnal.poltekba.ac.id	<1 %
	Internet Source	
157	media.neliti.com	<1 %
	Internet Source	
158	ojs.ummetro.ac.id	<1 %
	Internet Source	
159	repo.bunghatta.ac.id	<1 %
	Internet Source	
160	repository.unika.ac.id	<1 %
	Internet Source	
161	repository.uninus.ac.id	<1 %
	Internet Source	
162	Agung Rizki Pratomo, Fepy Supriani, Agustin Gunawan. "PENGARUH PENGGUNAAN ZEOLIT SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK KONVENSIONAL", Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 2019	<1 %
	Publication	

163	Submitted to KOMBI TEKNIK Student Paper	<1 %
164	Lissa Yuliasari, Zulkarnain Zulkarnain, Syamsul Asril. "Pengaruh Variasi Campuran Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Porositas Batu Bata Merah Lokal Bengkalis", Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology, 2026 Publication	<1 %
165	Mochamad Ridwan, Agus Mahmudi, Nabilah Fitri. "Analisis Variasi Ukuran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton", INTER TECH, 2026 Publication	<1 %
166	Rajendra Bayu Pradana, Ni Komang Ayu Agustini, Putu Aryastana. "Analisis Variasi Agregat Halus terhadap Karakteristik Paving Block Berpori dengan Limbah Keramik", Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil, 2025 Publication	<1 %
167	ar.scribd.com Internet Source	<1 %
168	digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
169	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
170	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
171	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
172	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
173	jfu.fmipa.unand.ac.id Internet Source	<1 %
174	journal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
175	journal.wima.ac.id Internet Source	<1 %
176	jurnal.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
177	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
178	ojs.ejournalunigoro.com	

179 ojs.sttind.ac.id
Internet Source

<1 %

180 repo.unwim.ac.id
Internet Source

<1 %

181 repository.unik-kediri.ac.id
Internet Source

<1 %

182 repository.unsri.ac.id
Internet Source

<1 %

183 talentaconfseries.usu.ac.id
Internet Source

<1 %

184 www.researchgate.net
Internet Source

<1 %

185 A Ridwan, A D Limantara, B Subiyanto, E Gardjito et al. "Evaluation of the strength of coconut shell aggregate concrete block for parking area", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019
Publication

<1 %

186 Alviansyah Walid Oktura, Agi Rivi Hendaradi, Risnandar Nurdianto. "PENGARUH LIMBAH KARET BAN SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT LENTUR BETON NORMAL", JITSi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 2025
Publication

<1 %

187 Andi Haslindah, Ilham Idrus, Try Agung Basuki, Sultan Saiful. "Proses Pengelolaan Limbah Marmer Menjadi Produk Paving Block", Journal Industrial Engineering & Management (JUST-ME), 2020
Publication

<1 %

188 Anggi Harystama, M. Agus Salim Al Fathoni, Amris Azizi. "PENGARUH PENAMBAHAN ABU TERBANG (Fly Ash) TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK", CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2020
Publication

<1 %

189 Arif Supriyatno. "PENGUNAAN AGREGAT HALUS PASIR GUNUNG DUMATO SEBAGAI PENGANTI PASIR SUNGAI UNTUK BATA BETON RINGAN CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)", Composite Journal, 2026
Publication

<1 %

190 Cut Yusnar, Ruhana Ruhana, Sulaiman YH. "MECHANICAL PROPERTIES BETON AGROPOLIMER ABU SEKAM PADI DENGAN AKTIVATOR SODIUM SILIKAT DAN SODIUM HIDROKSIDA", Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 2019
Publication

<1 %

191	Dhimas Widya Taruna Wijaya, Endah Safitri, Wibowo Wibowo. "Kajian Kuat Tarik Belah Pada Beton Bubuk Reaktif Dengan Pasir Kuarsa 30% dan Variasi Fly Ash sebagai Substitusi Parsial Semen", Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal, 2024 Publication	<1 %
192	Erlina Erlina. "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP KEKUATAN MORTAR BETON PAVING BLOCK", CivETech, 2020 Publication	<1 %
193	Meita Rezki Vegatama. "Perbandingan Nilai Kalor Biobriket dengan Variasi Komposisi Bahan Baku Limbah Biomassa", Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry, 2022 Publication	<1 %
194	Muhammad Bagus Syahputra, Dian Rahayu Jati, Ochih Saziati. "Identifikasi Potensi Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Paving Block Ramah Lingkungan", Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 2023 Publication	<1 %
195	Rosa Awalia Nuari, Hermansyah Hermansyah. "Pemanfaatan Serat Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2023 Publication	<1 %
196	Submitted to UIN Sunan Ampel Surabaya Student Paper	<1 %
197	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sukabumi Student Paper	<1 %
198	Yoga Al Husayn, Winda Rahmawati, Warji Warji, Siti Suharyatun, Englang Febriani, Nia Hikmah Maharani. "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sengon (Albizia falcataria L) Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Paving Block Porous", Jurnal Agricultural Biosystem Engineering, 2026 Publication	<1 %
199	anzdoc.com Internet Source	<1 %
200	ejurnal.bunghatta.ac.id Internet Source	<1 %
201	ejurnalunsam.id Internet Source	<1 %
202	eprints.uty.ac.id Internet Source	<1 %

203	erepository.uwks.ac.id Internet Source	<1 %
204	issuu.com Internet Source	<1 %
205	jice.sttp-yds.ac.id Internet Source	<1 %
206	jipho.uho.ac.id Internet Source	<1 %
207	journal.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
208	jurnal.polinema.ac.id Internet Source	<1 %
209	jurnal.risetilmiah.ac.id Internet Source	<1 %
210	jurnal.untidar.ac.id Internet Source	<1 %
211	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
212	jurnalteknik.unisla.ac.id Internet Source	<1 %
213	mafiadoc.com Internet Source	<1 %
214	manjara.blogspot.com Internet Source	<1 %
215	mijil.id Internet Source	<1 %
216	mulok.library.um.ac.id Internet Source	<1 %
217	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
218	peduli.wisnuwardhana.ac.id Internet Source	<1 %
219	pusatnyaakuntansi.blogspot.com Internet Source	<1 %

repository.ipb.ac.id

220	Internet Source	<1 %
221	repository.unilak.ac.id Internet Source	<1 %
222	repository.unmul.ac.id Internet Source	<1 %
223	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
224	scholar.ndsl.kr Internet Source	<1 %
225	stitek-binataruna.e-journal.id Internet Source	<1 %
226	www.suarasurabaya.net Internet Source	<1 %
227	Anggito Wicaksono, Anita Anita, Tesa Nur Padilah. "Uji Performa Teknik Klasifikasi untuk Memprediksi Customer Churn", Bianglala Informatika, 2021 Publication	<1 %
228	Ega Nanda Pangestika, Tri Septarini Putri. "Memanfaatkan Cangkang Telur Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan Menambahkan Zat Aditif", Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research, 2026 Publication	<1 %
229	Greace Vilda Saptенno, Pieter Lourens Frans, Maslan Abdin. "POTENSI AGREGAT LOKA DESA OUW, KECAMATAN SAPARUA TIMUR, KABUPATEN MALUKU TENGAH SEBAGAI PEMBUAT BETON", JURNAL SIMETRIK, 2026 Publication	<1 %
230	Ichsan, Zahrotul Muna. "Studi Indikator Green Construction Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024 Publication	<1 %
231	Wajdi, Bina Arumbinang. "Pengaruh lamanya perendaman terhadap absorpsi, ketahanan aus, dan kuat tekan paving block", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2023 Publication	<1 %
232	Hendra Mahardika, Santi Yatnikasari, Alfia Magfirona, Ulwiyah Wahdah Mufassirin Liana. "PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG DAN SERAT SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PAVING BLOCK", Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, 2024 Publication	<1 %

233	Jenriley Miracle Paulus, Steve Supit, Hellen Mantiri. "Karakteristik Mekanik Campuran Panel Dinding Berbahan Dasar Metakaolin dan Serat Bambu", Jurnal Teknik Sipil Terapan, 2022 Publication	<1 %
234	Kelechi O. Njoku, Uchechi G. Eziefula, Collins U. Anya, Daniel A. Eze, Theodore O. Orunwa, Henry Goodluck. "Performance evaluation of sandcrete blocks incorporating corn cob ash and coconut shell ash as partial cement replacements", Discover Civil Engineering, 2026 Publication	<1 %
235	Muhammad Dwi Hibatullah, Sazuatmo Sazuatmo, Elly Tri Pujiastuti. "Analisis Lapisan Perkerasan Jalan Beton Flextural Strength (FS) 45 Menggunakan Material Quarry Pematang Sapang", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2026 Publication	<1 %
236	Muttaqin Fauzin Istighfarin, Rasio Hepiyanto. "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ECENG GONDOK PADA KUAT TEKAN PAVING BLOCK K-200", UKaRsT, 2019 Publication	<1 %
237	S Arifin, O Setyandito, E Prahara, Y Wijayanti. "Investigating properties of pervious concretes containing coconut shell flake and ash", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021 Publication	<1 %
238	Sudarsono, Ignatius. "Durabilitas Beton Dengan Bahan Substitusi Untuk Konstruksi di Lingkungan Laut", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2024 Publication	<1 %
239	Yusuf Amran, Arif Wahyu Permana, Septyanto Kurniawan. "PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK JENIS POLYPROPYLENE SEBAGAI BAHAN UTAMA PAVING BLOCK PLASTIS DENGAN CAMPURAN ARANG SEKAM PADI MENGACU PADA SNI 03-0691-1996", TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 2024 Publication	<1 %
240	doku.pub Internet Source	<1 %
241	eprints.iain-surakarta.ac.id Internet Source	<1 %
242	journal.ppns.ac.id Internet Source	<1 %
243	journal.uwks.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off

Exclude bibliography

On