TUGAS AKHIR

PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SERBUK KAYU MAHONI SEBAGAI CAMPURAN *PAVING BLOCK*
(EFFECT OF PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT WITH MAHOGANY SAWDUST ASH AS PAVING BLOCK MIXTURE)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



Alrya Meidyantoko
19511065

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SERBUK KAYU MAHONI SEBAGAI CAMPURAN *PAVING BLOCK*
(EFFECT OF PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT WITH MAHOGANY SAWDUST ASH AS PAVING BLOCK MIXTURE)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh

Alrya Meidyantoko
19511065

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji Pada Tanggal 25 April 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	**Penguji I**	**Penguji II**
08.05.24	13/05 2024	13/05 2024
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.	**Jafar S.T., MURP., M.T.**	**Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.**
NIK : 165111301	**NIK : 185111305**	**NIK : 185111304**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

a.n. Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.Eng
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat penyelesaian program Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah saya sertakan sumbernya dengan jelas sesuai dengan norma, aturan, dan etika penulisan karya ilmiah.

Yogyakarta, 7 Mei 2024

Yang membuat pernyataan,



Alrya Meidyantoko
(19511065)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Substitusi Sebagian Semen dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni sebagai Campuran *Paving Block*". Tugas Akhir ini merupakan persyaratan akademik untuk menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak melalui tantangan dan rintangan. Namun berkat bantuan, arahan, dan semangat yang diberikan oleh berbagai pihak sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini. Berkaitan dengan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada :

1. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing selama penyusunan Tugas Akhir ini,
2. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Orang tua penulis, Ibu Atik Suharni dan Bapak Widi Triarso yang selalu mendoakan, mendidik, dan selalu memberikan semangat serta motivasi kepada penulis,
4. Bapak Suluk dan Mas Andi selaku tenaga kerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam pembuatan benda uji *paving block*,
5. Segenap staf dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil FTSP-UII yang senantiasa membantu selama di laboratorium,
6. Pemilik NIM 19103241014 yang telah membersamai dan memberi semangat selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir,

7. Teman-teman seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang senantiasa membantu sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan,
8. Semua pihak yang membantu dan mendukung penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 7 Mei 2024

Penulis,



Alrya Meidyantoko

(19511065)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR xi
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu 6
2.1.1 Ansori (2018) 6
2.1.2 Muhamad (2022) 6
2.1.3 Citra (2023) 7
2.1.4 Musrifani (2023) 8
2.1.5 Awal (2023) 8
2.2 Perbandingan Penelitian 18
2.3 Keaslian Penelitian 19
BAB III LANDASAN TEORI 21
3.1 Definisi *Paving Block* 21
3.2 Benda Uji 22
3.3 Bahan Penyusun *Paving Block* 23
3.3.1 Agregat Halus 23
3.3.2 Semen Portland 23
3.3.3 Air 26
3.3.4 Abu Serbuk Kayu Mahoni 26

3.4 Pengujian *Paving Block* 27
3.4.1 Kuat Tekan *Paving Block* 27
3.4.2 Ketahanan Aus *Paving Block* 28
3.4.3 Penyerapan Air *Paving Block* 29
BAB IV METODE PENELITIAN 31
4.1 Tinjauan Umum 31
4.2 Lokasi Penelitian 31
4.3 Variabel Penelitian 31
4.4 Komposisi Sampel 32
4.5 Pelaksanaan Penelitian 32
4.5.1 Persiapan Alat dan Bahan 32
4.5.2 Pelaksanaan Penelitian 41
4.6 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data 43
4.7 Bagan Alir Penelitian 48
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 49
5.1 Tinjauan Umum 49
5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan 49
5.2.1 Analisis Saringan Agregat Halus 49
5.2.2 Pengujian Kandungan Lumpur 57
5.2.3 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur 58
5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran 60
5.4 Hasil Pengujian *Paving Block* 63
5.4.1 Kuat Tekan *Paving Block* 63
5.4.2 Ketahanan Aus *Paving Block* 74
5.4.3 Penyerapan Air *Paving Block* 79
5.5 Pengaruh Abu Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Substitusi Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block* 85
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 90
6.1 Kesimpulan 90
6.2 Saran 91
DAFTAR PUSTAKA 92
LAMPIRAN 96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 10
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika *Paving Block* 21
Tabel 3.2 Susunan Unsur Semen 25
Tabel 4.1 Komposisi Sampel pada Campuran *Paving Block* 32
Tabel 5.1 Daerah Gradasi Agregat Halus 50
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Modulus Halus Butir Sampel 1 52
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Modulus Halus Butir Sampel 2 55
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sampel 1 dan Sampel 2 56
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur 58
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir 60
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir 60
Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Campuran *Paving Block* 63
Tabel 5.9 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Normal (0% ASKM) 65
Tabel 5.10 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV10 (10% ASKM) 65
Tabel 5.11 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% ASKM) 66
Tabel 5.12 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV15 (15% ASKM) 66
Tabel 5.13 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% ASKM) 67
Tabel 5.14 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV20 (20% ASKM) 67
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Normal (0% ASKM) 68
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV10

(10% ASKM) 68
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV12,5
(12,5% ASKM) 69
Tabel 5.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV15
(15% ASKM) 69
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV17,5
(17,5% ASKM) 70
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV20
(20% ASKM) 70
Tabel 5.21 Klasifikasi Mutu Kuat Tekan *Paving Block* 72
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Normal
(0% ASKM) 75
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV10
(10% ASKM) 75
Tabel 5.24 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV12,5
(12,5% ASKM) 75
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV15
(15% ASKM) 76
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV17,5
(17,5% ASKM) 76
Tabel 5.27 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV20
(20% ASKM) 76
Tabel 5.28 Klasifikasi Mutu Ketahanan Aus *Paving Block* 78
Tabel 5.29 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Normal
(0% ASKM) 80
Tabel 5.30 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV10
(10% ASKM) 81
Tabel 5.31 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV12,5
(12,5% ASKM) 81
Tabel 5.32 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV15
(15% ASKM) 81

Tabel 5.33 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% ASKM) 82
Tabel 5.34 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV20 (20% ASKM) 82
Tabel 5.35 Klasifikasi Mutu Penyerapan Air *Paving Block* 83
Tabel 5.36 Rekapitulasi Mutu *Paving Block* 89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 *Paving Block* 22
Gambar 3.2 *Paving Block* (setelah dipotong) 22
Gambar 3.3 Abu Serbuk Kayu Mahoni 27
Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* 28
Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* 29
Gambar 3.6 Sketsa Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* 30
Gambar 4.1 Timbangan 33
Gambar 4.2 Saringan Agregat 33
Gambar 4.3 Sekop 34
Gambar 4.4 Cetok 34
Gambar 4.5 Ember Material 35
Gambar 4.6 Mesin Pengaduk (*Mixer*) 35
Gambar 4.7 Mesin Press 36
Gambar 4.8 Papan Kayu 36
Gambar 4.9 Alat Pemotong *Paving Block* 37
Gambar 4.10 Alat Uji Kuat Tekan 37
Gambar 4.11 Alat Uji Ketahanan Aus 38
Gambar 4.12 Oven 38
Gambar 4.13 Semen *Portland* 39
Gambar 4.14 Agregat Halus 39
Gambar 4.15 Air 40
Gambar 4.16 Abu Serbuk Kayu Mahoni 40
Gambar 4.17 Pencampuran Bahan 42
Gambar 4.18 Pencetakan Benda Uji 43
Gambar 4.19 Perawatan Benda Uji 44
Gambar 4.20 Pengujian Kuat Tekan 45
Gambar 4.21 Pengujian Ketahanan Aus 46
Gambar 4.22 Pengujian Penyerapan Air 47

Gambar 4.23 Diagram Alir Penelitian 48
Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1 53
Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2 56
Gambar 5.3 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block* 71
Gambar 5.4 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Minimum *Paving Block* 69
Gambar 5.5 Grafik Hasil Uji Ketahanan Aus Rata-rata *Paving Block* 77
Gambar 5.6 Grafik Hasil Uji Ketahanan Aus Minimum *Paving Block* 75
Gambar 5.7 Grafik Hasil Uji Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block* 83
Gambar 5.8 Grafik Rekapitulasi Hasil Pengujian *Paving Block* 86

ABSTRAK

Paving block atau bata beton merupakan material beton yang dapat digunakan untuk perkerasan jalan, area parkir, trotoar, atau taman. Upaya peningkatan mutu *paving block* dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah atau pengganti dalam campuran, seperti abu serbuk kayu mahoni. Abu serbuk kayu mahoni merupakan limbah dari pembakaran serbuk kayu mahoni, dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran *paving block* karena memiliki sifat serupa dan meningkatkan kuat tekan.

Campuran *paving block* menggunakan perbandingan 1 semen : 6 pasir. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni bervariasi sebesar 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%. Pengujian dilakukan setelah *paving block* mencapai usia 28 hari. Pengujian yang dilakukan mengikuti standar SNI-03-0691-1996 meliputi kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air.

Berdasarkan pengujian *paving block* normal didapatkan hasil nilai kuat tekan sebesar 10,137 MPa, ketahanan aus sebesar 0,231 mm/menit, penyerapan air sebesar 9,245%. Sedangkan hasil paling optimal terdapat pada variasi PV17,5 dengan tambahan abu serbuk kayu mahoni 17,5%. Pada variasi ini, nilai kuat tekan mencapai 15,288 MPa, ketahanan aus sebesar 0,172 mm/menit, dan penyerapan air sebesar 6,970 % sehingga masuk ke dalam kategori mutu D untuk taman dan penggunaan lainnya.

Kata Kunci: *Paving Block*, Abu Serbuk Kayu Mahoni, Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Penyerapan Air

ABSTRACT

Paving blocks or concrete bricks are concrete materials that can be used for road pavement, parking areas, sidewalks, or parks. Efforts to improve the quality of paving blocks can be made by using added or substitute materials in the mixture, such as mahogany sawdust ash. Mahogany sawdust ash is waste from burning mahogany sawdust, can be used as a partial replacement for cement in paving block mixes because it has similar properties and increases compressive strength.

The paving block mixture uses a ratio of 1 cement: 6 sand. The use of mahogany sawdust ash varied by 0%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5%, and 20%. Tests were conducted after the paving blocks reached 28 days of age. The tests followed the SNI-03-0691-1996 standard, including compressive strength, wear resistance, and water absorption.

Based on normal paving block testing, the compressive strength value of 10.137 MPa, wear resistance of 0.231 mm/min, water absorption of 9.245% were obtained. While the most optimal results are found in the PV17.5 variation with the addition of 17.5% mahogany wood powder ash. In this variation, the compressive strength value reaches 15.288 MPa, wear resistance of 0.172 mm/min, and water absorption of 6.970% so that it falls into quality category D for parks and other uses.

Keywords: *Paving Block, Mahogany Wood Powder Ash, Compressive Strength, Wear Resistance, Water Absorption*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paving block atau bata beton mulai dikenal dan dipakai di Indonesia sejak tahun 1977/1978, dimulai dengan pemasangan trotoar di Jalan Thamrin dan untuk terminal bis Pulogadung, keduanya di Jakarta (Rifqi dkk, 2018). Sekarang pemakaiannya sudah tersebar di seluruh kota di Indonesia, baik digunakan sebagai tempat parkir terminal, jalan setapak, dan juga perkerasan jalan di kompleks-kompleks perumahan serta untuk keperluan lainnya. Di Yogyakarta sendiri, banyak tempat produksi *paving block* rumahan atau *paving block home industry*, diantaranya Marga Jaya (Sleman), UD. Dwi (Yogya Kota), dan TB. Dika Jaya (Bantul). Namun, belum semua tempat produksi *paving block* tersebut memenuhi standar kualitas SNI, seperti yang terjadi pada TB. Dika Jaya (Bantul) yang memiliki kuat tekan rata-rata 2,04 MPa, tidak memenuhi standar. Selain itu, hasil pengujian daya serap air menunjukkan TB. Dika Jaya melebihi syarat penyerapan air rata-rata maksimal SNI 03-0691-1996 (Erlina dkk, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *paving block* telah diperkenalkan sejak lama dan memiliki tempat produksi yang banyak, masih ditemukan ketidaksesuaian dengan standar kualitas yang berlaku.

Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* adalah semen *portland*. Semen *portland* biasa dikenal sebagai perekat hidrolis karena dapat mengeras ketika terkena air dan berubah menjadi benda padat yang tidak larut dalam air. Tekstur semen *portland* umumnya berbentuk serbuk halus yang dihasilkan melalui proses penggilingan terak atau klinker yang mengandung senyawa kalsium silikat dan gypsum sebagai bahan tambahan. Komposisi kimia semen *portland* meliputi kapur (CaO) sekitar 60-67%, silika (SiO_2) sekitar 17-25%, alumina (Al_2O_3) sekitar 3-8%, dan besi (Fe) sekitar 0,5-6% (Neville, 2011).

Silika (SiO_2) adalah bahan kimia yang dapat meningkatkan mutu beton melalui reaksi dengan kapur (CaO) dalam campuran beton. Silika (SiO_2) berperan

sebagai pengisi antara partikel-partikel pembentuk material, sehingga dapat mengurangi porositas campuran beton atau mortar. Akibatnya kepadatan beton dan mortar bertambah, sehingga menyebabkan kekuatan material meningkat (Nadia dkk, 2011).

Dewasa ini, masih banyak pihak yang belum memanfaatkan limbah serbuk kayu secara optimal, padahal limbah ini dapat diubah menjadi abu serbuk kayu yang bermanfaat sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block*. Secara teknis limbah serbuk kayu adalah limbah produk berupa butiran halus kayu yang dihasilkan selama operasi pengerjaan kayu pada industri perkayuan yang mengolah kayu (Amrussalam dan Ariyanti, 2022). Limbah serbuk kayu umumnya merupakan partikel-partikel kecil kayu yang tidak digunakan dalam produk kayu utuh dan seringkali dihasilkan selama proses produksi kayu, pertukangan, atau industri *furniture*. Limbah serbuk kayu yang hanya sekedar pembuangan akan menyebabkan terjadinya penumpukan dan pembusukan. Hal tersebut kemudian akan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan terhadap limbah serbuk kayu salah satunya adalah dengan mengolahnya menjadi abu serbuk kayu untuk kemudian dijadikan sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block* (Asmarani, 2023).

Abu serbuk kayu mahoni merupakan salah satu bahan baku yang mengandung senyawa anorganik seperti seperti kapur (CaO), silika (SiO_2), alumunia (Al_2O_3), magnesium (MgO), natrium oksida (Na_2O), kalium oksida (K_2O), dan titanium dioksida (TiO_2) dan telah terbukti dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton (Gustan dan Hartoyo, 1990; Citra, 2023). Beberapa penelitian terkait pemanfaatan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian material penyusun beton, mortar serta *paving block* telah dilakukan sebagai upaya untuk mengembangkan inovasi dalam teknologi beton serta untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah serbuk kayu mahoni (Citra, 2023).

Penelitian sejenis mengenai pengaruh penambahan abu serbuk kayu mahoni terhadap salah satu parameter mutu *paving block* berupa nilai kuat tekan *paving block* sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Muhamad (2022) dengan

persentase abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%, 20%, dan 25%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu serbuk kayu mahoni dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20, dan 25 telah memenuhi persyaratan nilai kuat tekan *paving block* optimum dengan variasi 15%, nilai keausan *paving block* optimum 15%, dan nilai penyerapan air *paving block* optimum 15%. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi persentase abu serbuk kayu mahoni dengan interval lebih rapat sebelum dan sesudah variasi 15% yang merupakan variasi optimum dari setiap pengujian mutu *paving block* yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen terhadap mutu *paving block* yang ditinjau dari beberapa parameter pengujian mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 berupa pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* dengan variasi abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen yang lebih variatif yaitu 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%, dari berat semen. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan variasi yang tepat antara campuran agregat halus dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen tersebut, sehingga dapat diperoleh hasil *paving block* yang mempunyai kuat tekan, keausan dan penyerapan air yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Dengan mengurangi penggunaan semen dan mensubstitusikan sebagiannya menggunakan abu serbuk kayu mahoni diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif terhadap pemanfaatan limbah serbuk kayu dalam lingkup dunia bahan konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang yang telah diberikan, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian semen dengan abu serbuk kayu mahoni terhadap kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block*?
2. Berapakah kadar optimum substitusi sebagian semen dengan abu serbuk kayu

mahoni dalam campuran *paving block* berdasarkan mutu kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block* sesuai dengan syarat mutu yang ditetapkan di dalam SNI 03-0691-1996?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini:

1. Mengetahui nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yang terjadi pada *paving block* dengan substitusi sebagian semen dengan abu serbuk kayu mahoni pada pembuatan *paving block*.
2. Mengetahui kadar optimum substitusi sebagian semen dengan abu serbuk kayu mahoni dalam campuran *paving block* berdasarkan mutu kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block* sesuai dengan syarat mutu yang ditetapkan di dalam SNI 03-0691-1996.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang timbul akibat pengelolaan limbah abu serbuk kayu, khususnya limbah abu serbuk kayu mahoni. Dengan memanfaatkannya sebagai bahan konstruksi, limbah tersebut tidak akan lagi menjadi masalah pencemaran lingkungan, sehingga berpotensi meningkatkan keberlanjutan lingkungan setempat.
2. Memperoleh nilai optimum substitusi sebagian semen dengan serbuk kayu mahoni dalam campuran *paving block*.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian ini, maka ruang lingkup yang akan membatasi cakupan penelitian sebagai berikut:

1. Pembuatan *paving block* dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman, Yogyakarta.
2. Pengujian benda uji *paving block* dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi

Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia (UII).

3. Agregat halus yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari daerah Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan diameter 4,75 mm.
4. Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe I, dengan merek Tiga Roda.
5. Abu serbuk kayu mahoni yang akan digunakan adalah limbah serbuk kayu mahoni yang telah diolah menjadi abu serbuk kayu mahoni.
6. Dibutuhkan 10 benda uji tiap variasi untuk pengujian kuat tekan, 5 benda uji tiap variasi untuk pengujian ketahanan aus, dan 5 benda uji tiap variasi untuk pengujian penyerapan air.
7. Dalam pengujian ini, *paving block* yang digunakan memiliki tipe *holland* dengan dimensi awal 20 cm x 10 cm x 6 cm, yang akan dipotong menjadi tiga bagian dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm.
8. Dalam proses pembuatan sampel uji *paving block* digunakan perbandingan volume campuran semen:pasir 1 pc : 6 ps (Muhamad, 2022).
9. Nilai fas yang digunakan yaitu sebesar 0,35 (Muhamad, 2022).
10. Perawatan benda uji dilakukan setelah satu hari dari pencetakan *paving block*. Pada usia satu hari, atau ketika sampel uji telah cukup keras, dilakukan perendaman untuk menjaga kelembabannya hingga mencapai usia 28 hari.
11. Pengujian dalam penelitian ini meliputi:
    a. Pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996
    b. Pengujian keausan berdasarkan SNI 03-0691-1996
    c. Pengujian penyerapan air berdasarkan SNI 03-0691-1996.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi dalam penelitian ini bertujuan untuk meraih materi perbandingan dan referensi. Selain itu, hal ini dilakukan untuk menghindari kesan bahwa penelitian ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, dalam tinjauan literatur ini, peneliti akan mencantumkan temuan-temuan dari penelitian-penelitian sebelumnya seperti yang dijelaskan di bawah ini.

2.1.1 Ansori (2018)

Ansori (2018), melakukan penelitian pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan, porositas dan beban *impact paving block*. Tujuannya adalah untuk mengetahui dan menganalisis seberapa besar pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap perubahan kuat tekan, porositas dan beban *impact* pada *paving block*. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dengan variasi penambahan abu serbuk kayu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% adalah 14,25 MPa, 13,62 MPa, 15,79 MPa, 12,20 MPa, 11,95 MPa dan 10,41 MPa dengan nilai porositas 4,744%, 4,752%, 3,696%, 3,989%, 5,416% dan 5,854% dan ketahanan *impact* yang dihasilkan pervariasinya adalah 89,10 Joule, 93,15 Joule, 101,25 Joule, 85,05 Joule, 81,00 Joule dan 72,90 Joule. Kuat tekan optimum *paving block* terdapat pada penambahan abu serbuk kayu 10% yaitu sebesar 15,79 MPa dan pada proporsi tersebut diperoleh *paving block* yang memenuhi syarat *paving block* mutu C dan dapat dipergunakan untuk pejalan kaki.

2.1.2 Muhamad (2022)

Muhamad (2022), melakukan penelitian pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni hasil pembakaran terhadap mutu *paving block.* Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air *paving block*. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kuat tekan rata-

rata yang dihasilkan dengan variasi substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% adalah 10,797 MPa, 17,699 MPa, 21,744 MPa, 22,454 MPa, 17,948 MPa dan 17,963 MPa. Dengan ketahanan aus rata-rata sebesar 0,210 mm/menit, 0,165 mm/menit, 0,143 mm/menit, 0,106 mm/menit, 0,109 mm/menit, dan 0,136 mm/menit. Dengan daya serap air rata-rata 11,798%, 9,734%, 8,226%, 7,319%, 9,462% dan 9,272%. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni pada pembuatan *paving block* dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%, kemudian mengalami penurunan pada variasi 20% dan sedikit meningkat pada variasi 25%. Nilai kuat tekan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,454 MPa yang mengalami peningkatan sebesar 107,973% dari *paving block* normal dengan nilai kuat tekan sebesar 10,797 MPa dan termasuk ke dalam mutu B. Dengan nilai ketahanan aus *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai keausan sebesar 0,106 mm/menit yang mengalami penurunan sebesar -49,663% dari *paving block* normal dengan nilai keausan sebesar 0,210 mm/menit dan termasuk ke dalam mutu B. Dengan nilai daya serap air *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai penyerapan air sebesar 7,319% yang mengalami penurunan sebesar -37,963% dari *paving block* normal dengan nilai penyerapan air sebesar 11,798% dan termasuk ke dalam mutu C.

2.1.3 Citra (2023)

Citra (2023), melakukan penelitian pengaruh penambahan abu kayu mahoni terhadap karakteristik *paving block*. Tujuannya adalah untuk menganalisa pengaruh penambahan abu kayu mahoni sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20% dengan ukuran butir lolos saringan no.200 terhadap nilai kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan dari natrium sulfat pada *paving block* umur 28 hari. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kuat tekan rata-rata *paving block* dengan variasi penambahan abu kayu mahoni 0%, 4%, 8%, 12%, 16% dan 20% berturut-turut adalah 11,73 MPa, 13,50 MPa, 13,86 MPa, 11,28 MPa, 11,25 MPa dan 11,60 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 8,57%, 7,97%, 7,44%, 9,10%, 9,08% dan

8,97% serta nilai kehilangan berat akibat natrium sulfat sebesar 0,97%, 0,94%, 0,61%, 0,94%, 0,80% dan 0,91%. Kuat tekan, penyerapan air serta ketahanan terhadap natrium sulfat optimum terdapat pada penambahan abu kayu mahoni sebesar 8% yaitu memenuhi syarat *paving block* mutu C.

2.1.4 Musrifani (2023)

Musrifani (2023), melakukan penelitian pemanfaatan abu serbuk kayu sebagai bahan campuran *paving block* ditinjau dari kuat tekan. Tujuannya adalah untuk menganalisa pemanfaatan abu serbuk kayu sebagai bahan campuran *paving block* ditinjau dari kuat tekan. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa *paving block* dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% abu serbuk kayu secara berurutan didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,4 MPa, 7,6 MPa, 7,2 MPa, 8,2 MPa, dan 6,5 MPa. Kuat tekan optimum *paving block* terdapat pada abu serbuk kayu 0% yaitu sebesar 11,4 MPa dan pada proporsi tersebut diperoleh *paving block* masuk mutu D sesuai standar SNI 03-0691-1996.

2.1.5 Awal (2023)

Awal (2023), melakukan penelitian pengaruh penambahan abu serbuk kayu sengon terhadap kuat tekan dan daya serap pada *paving block*. Tujuannya adalah untuk perbandingan kuat tekan dan daya serap *paving block* normal dengan *paving block* campuran abu serbuk kayu sengon dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada umur 7, 14, dan 28 hari serta mendeskripsikan pengaruh penambahan ASKS dalam campuran *paving block* dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada masing-masing umur pengujian 7, 14 dan 28 hari. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa *paving block* dengan penambahan ASKS belum mampu melampaui kuat tekan *paving block* normal pada umur 7 hari, namun meningkat seiring bertambahnya umur perawatan, hingga pada umur 28 hari semua *paving block* dengan penambahan ASKS memiliki kuat tekan lebih tinggi dibanding *paving block* normal, kecuali pada penambahan 15% ASKS. Hasil pengujian kuat tekan *paving block* umur 28 hari variasi 0%, 5%,10%, dan 15% berturut-turut sebesar 15,65 MPa, 17,73 MPa, 16,85 MPa, dan 13,56 MPa, dan hasil pengujian daya serap *paving block* berturut-turut sebesar 0,9%, 0,9%, 1%, dan 1,3%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terungkap pula kuat tekan yang dihasilkan berbanding terbalik

dengan daya serap, semakin tinggi kuat tekan *paving block* semakin rendah daya serapnya, begitu pula sebaliknya.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan, Porositas Dan Beban *Impact Paving Block.*	Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu *Paving Block.*	Pengaruh Penambahan Abu Kayu Mahoni Terhadap Karakteristik *Paving Block.*	Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Sebagai Bahan Campuran *Paving Block* Ditinjau Dari Kuat Tekan.	Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Sengon Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Pada *Paving Block.*	Pengaruh Substitusi Sebagian Semen dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Campuran *Paving Block.*
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui dan menganalisa seberapa besar pengaruh penambahan abu serbuk kayu	Untuk mengetahui pengaruh abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen terhadap	Untuk menganalisa pengaruh penambahan abu kayu mahoni sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20% dengan	Untuk menganalisa pemanfaatan abu serbuk kayu sebagai bahan campuran *paving block* ditinjau dari kuat tekan.	Perbandingan kuat tekan dan daya serap *paving block* normal dengan *paving block* campuran abu serbuk kayu sengon	Untuk mengetahui pengaruh abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah campuran *paving block* terhadap kuat tekan,

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
	terhadap perubahan kuat tekan, porositas dan beban *impact*.	kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air *paving block*.	ukuran butir lolos saringan no.200 terhadap nilai kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan dari natrium sulfat pada *paving block* umur 28 hari.		dengan variasi 5%, 10%, dan 15% pada umur 7, 14, dan 28 hari serta mendeskripsikan pengaruh penambahan ASKS dalam campuran *paving block* dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% pada masing-masing umur pengujian 7, 14 dan 28 hari.	ketahanan aus, dan penyerapan air.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
Hasil Penelitian	Nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dengan variasi penambahan abu serbuk kayu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% adalah 14,25 Mpa, 13,62 Mpa, 15,79 Mpa, 12,20 Mpa, 11,95 Mpa dan 10,41 Mpa dengan nilai porositas 4,744%, 4,752%, 3,696%,	Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dengan variasi substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% adalah 10,797 MPa, 17,699 MPa, 21,744 MPa, 22,454 MPa, 17,948 MPa dan 17,963 MPa.	Kuat tekan rata-rata *paving block* dengan variasi penambahan abu kayu mahoni 0%, 4%, 8%, 12%, 16% dan 20% berturut-turut adalah 11,73 MPa, 13,50 MPa, 13,86 MPa, 11,28 MPa, 11,25 MPa dan 11,60 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 8,57%, 7,97%, 7,44%,	*Paving block* dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% abu serbuk kayu secara berurutan didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,4 MPa, 7,6 MPa, 7,2 MPa, 8,2 MPa, dan 6,5 MPa. Kuat tekan optimum *paving block* terdapat pada abu serbuk kayu 0% yaitu sebesar	*Paving block* dengan penambahan ASKS belum mampu melampaui kuat tekan *paving block* normal pada umur 7 hari, namun meningkat seiring bertambahnya umur perawatan, hingga pada umur 28 hari semua *paving block* dengan penambahan ASKS memiliki kuat tekan lebih tinggi dibanding	Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dengan variasi substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% dan 20% adalah 10,137 MPa, 11,492 MPa, 12,162 MPa, 13,203 MPa, 15,288 MPa, dan 13,735 MPa. Dengan ketahanan aus rata-rata sebesar

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu`

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
	3,989%, 5,416% dan 5,854% dan ketahanan *impact* yang dihasilkan pervariasinya adalah 89,10 Joule, 93,15 Joule, 101,25 Joule, 85,05 Joule, 81,00 Joule dan 72,90 Joule. Kuat tekan optimum *paving block* terdapat pada penambahan	Dengan ketahanan aus rata-rata sebesar 0,210 mm/menit, 0,165 mm/menit, 0,143 mm/menit, 0,106 mm/menit, 0,109 mm/menit, dan 0,136 mm/menit. Dengan daya serap air rata-rata 11,798%, 9,734%, 8,226%, 7,319%, 9,462% dan 9,272%.	9,10%, 9,08% dan 8,97% serta nilai kehilangan berat akibat natrium sulfat sebesar 0,97%, 0,94%, 0,61%, 0,94%, 0,80% dan 0,91%. Kuat tekan, penyerapan air serta ketahanan terhadap natrium sulfat optimum terdapat pada penambahan abu	11,4 MPa dan pada proporsi tersebut diperoleh *paving block* masuk mutu D sesuai standar SNI 03-0691-1996.	*paving block* normal, kecuali pada penambahan 15% ASKS. Hasil pengujian kuat tekan *paving block* umur 28 hari variasi 0%, 5%,10%, dan 15% berturut-turut sebesar 15,65 MPa, 17,73 MPa, 16,85 MPa, dan 13,56 MPa, dan hasil pengujian daya serap *paving block* berturut-turut	0,231 mm/menit, 0,225 mm/menit, 0,217 mm/menit, 0,195 mm/menit, 0,172 mm/menit, dan 0,185 mm/menit. Dengan penyerapan air rata-rata sebesar 9,245%, 8,883%, 8,236%, 7,770%, 6,970%, dan 7,418%. Nilai kuat tekan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan kadar

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
	abu serbuk kayu 10% yaitu sebesar 15,79 Mpa dan pada proporsi tersebut diperoleh *paving block* yang memenuhi syarat *paving block* mutu C dan dapat dipergunakan untuk pejalan kaki.	Nilai kuat tekan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,454 MPa yang mengalami peningkatan sebesar 107,973% dari *paving block* normal dengan nilai kuat tekan sebesar 10,797 MPa dan	kayu mahoni sebesar 8% yaitu memenuhi syarat *paving block* mutu C.		sebesar 0,9%, 0,9%, 1%, dan 1,3%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terungkap pula kuat tekan yang dihasilkan berbanding terbalik dengan daya serap, semakin tinggi kuat tekan *paving block* semakin rendah daya serapnya, begitu pula sebaliknya.	17,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 15,288 MPa atau meningkat 51% dari *paving block* normal dengan nilai kuat tekan sebesar 10,137 MPa dan termasuk ke dalam mutu C. Dengan nilai ketahanan aus *paving block* optimum terdapat pada *paving block*

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
		termasuk ke dalam mutu B. Dengan nilai ketahanan aus *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai keausan sebesar 0,106 mm/menit yang mengalami penurunan sebesar -49,663% dari *paving block*				dengan kadar 17,5% dengan nilai ketahanan aus sebesar 0,172 mm/menit atau menurun 25,6% dari *paving block* normal dengan nilai ketahanan aus sebesar 0,231 mm/menit dan termasuk ke dalam mutu D. Dengan nilai penyerapan air *paving block*

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
		normal dengan nilai keausan sebesar 0,210 mm/menit dan termasuk ke dalam mutu B. Dengan nilai penyerapan air *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai penyerapan air sebesar 7,319%				Optimum terdapat pada *paving block* dengan kadar 17,5% dengan nilai penyerapan air sebesar 6,970% atau menurun 24,6% dari *paving block* normal dengan nilai penyerapan air sebesar 9,245% dan termasuk ke dalam mutu C.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	**Ansori**	**Muhamad**	**Citra**	**Musrifani**	**Awal**	**Penelitian ini**
Tahun	**(2018)**	**(2022)**	**(2023)**	**(2023)**	**(2023)**	
		yang mengalami penurunan sebesar -37,963% dari *paving block* normal dengan nilai penyerapan air sebesar 11,798% dan termasuk ke dalam mutu C.				

2.2 Perbandingan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat kesamaan dan perbedaan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kesamaan dan perbedaannya dapat ditemukan seperti yang diuraikan di bawah ini.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ruswanto (2017), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block* dan daya serap air *paving block,* metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block* dan pengujian daya serap air *paving block.* Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel terikatnya yang tanpa menggunakan pengujian ketahanan aus *paving block,* metodenya yang tanpa menggunakan metode pengujian ketahanan aus *paving block*. Perbedaan lainnya terletak pada variasi persentase abu serbuk kayu dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, tidak menggunakan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ansori (2018), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang berupa abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block*, metodenya berupa metode pengujian kuat tekan *paving block*. Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel terikatnya yang berupa porositas *paving block*, beban *impact paving block*, tanpa menggunakan pengujian ketahanan aus *paving block* dan pengujian penyerapan air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian porositas dan metode pengujian beban *impact paving block*, tanpa melakukan metode pengujian ketahanan aus *paving block* dan metode pengujian penyerapan air *paving block*. Perbedaan lainnya terletak pada variasi penambahan abu serbuk kayu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, tidak menggunakan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Muhamad (2022), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu mahoni, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block*, ketahanan aus *paving block*, dan daya serap air *paving block,* metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block,* metode ketahanan aus *paving*

block, dan metode daya serap air *paving block*. Perbedaan antara keduanya terletak pada variasi persentase abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% tidak menggunakan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Musrifani (2023), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block.* Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel terikatnya yang tanpa menggunakan pengujian ketahanan aus *paving block* dan pengujian daya serap air *paving block*, metodenya yang tanpa menggunakan metode pengujian ketahanan aus *paving block* dan metode daya serap air *paving block*. Perbedaan lainnya terletak pada variasi persentase abu serbuk kayu dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, tidak menggunakan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Awal (2023), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block* dan daya serap air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block* dan metode daya serap air *paving block.* Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel terikatnya yang tanpa menggunakan pengujian ketahanan aus *paving block*, metodenya yang tanpa menggunakan metode pengujian ketahanan aus *paving block*. Perbedaan lainnya terletak pada variasi persentase abu serbuk kayu dengan variasi 0%, 5%, 10% dan 15%, tidak menggunakan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%.

2.3 Keaslian Penelitian

Tugas akhir ini merupakan sebuah penelitian eksperimental yang melibatkan pembuatan *paving block* dengan menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian dari semen. Variasi dilakukan dengan mengubah persentase abu serbuk kayu mahoni dalam campuran, yaitu 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% dari berat semen. Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, ketahanan

aus, dan penyerapan air. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh nilai optimum penggunaan abu serbuk kayu mahoni sehingga dapat menjadi referensi dalam memanfaatkan limbah serbuk kayu mahoni dalam bidang konstruksi.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Definisi *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, klasifikasi *paving block* dibagi menjadi beberapa klasifikasi mutunya, yaitu mutu A digunakan untuk jalan, mutu B digunakan untuk parkir, mutu C digunakan untuk pejalan kaki, dan mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Mutu *paving block* tersebut dibedakan berdasarkan nilai dari kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Berikut adalah nilai-nilai dari kuat tekan, ketahan aus dan penyerapan air yang disajikan pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika *Paving Block*

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

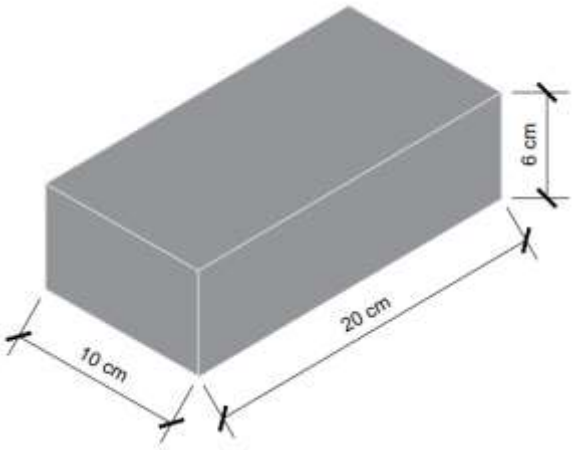
Sumber: SNI 03-0691-1996

Paving block harus mempunyai sifat tampak dengan permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, serta pada sudut rusuknya tidak mudah pecah. *Paving block* juga harus mempunyai ukuran tebal minimum 60 mm dengan toleransi ± 8%.

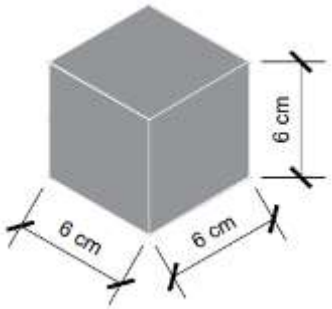
3.2 Benda Uji

Penelitian ini menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah semen sebesar 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%, dari berat semen. Benda uji yang digunakan dalam setiap pengujian awalnya terdiri dari sampel utuh berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm yang kemudian dipotong menjadi bentuk kubus dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Untuk pengujian kuat tekan diperlukan 10 benda uji pada setiap variasi, sementara untuk pengujian ketahanan aus dan penyerapan air digunakan 5 benda uji pada setiap variasi. Penentuan jumlah benda uji berdasarkan pada pedoman yang tercantum dalam SNI 03-0691-1996.

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan adalah *paving block* tipe *holland* dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm. Ilustrasi dari benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2 berikut.



Gambar 3.1 *Paving Block*



Gambar 3.2 *Paving Block* (setelah dipotong)

3.3 Bahan Penyusun *Paving Block*

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* berbeda dengan bahan yang digunakan dalam pembuatan beton biasa. Untuk membuat beton biasa diperlukan agregat halus dan kasar sedangkan *paving block* hanya agregat halus saja. Seperti yang sudah tertera dalam definisi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 yaitu campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut.

3.3.1 Agregat Halus

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat ini berkisar antara 60% sampai 70% dari berat campuran beton. Secara umum agregat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan dengan butiran yang lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan dengan butiran yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm) (Mulyono, 2004). Pasir atau agregat halus merupakan salah satu komponen utama dalam pembuatan beton yang harus mematuhi standar ukuran butiran tertentu. Pasir yang dimaksud disini adalah pasir yang memiliki kadar lumpur rendah sehingga kualitas beton tetap terjaga.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6820-2002, agregat halus didefinisikan sebagai agregat dengan ukuran butir maksimum 4,76 mm yang dapat berasal dari sumber alam atau hasil pengolahan. Agregat halus dapat terdiri dari dua jenis, yaitu agregat halus hasil pengolahan dan agregat halus alami. Agregat halus hasil pengolahan merupakan agregat yang diperoleh melalui proses pemecahan menggunakan mesin pemecah atau penyaringan menggunakan ayakan. Sementara itu, agregat halus alami merupakan jenis agregat yang terbentuk secara alami melalui proses penghancuran batuan dari sumber alam, seperti yang mungkin terjadi akibat letusan gunung Merapi.

3.3.2 Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen yang memiliki kandungan kalsium silikat dari penggilingan terak semen *portland* yang bersifat menyerap air bersama-sama

dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Semen *portland* merupakan bahan ikat yang banyak dipakai dalam pembangunan. Semen *portland* memiliki sifat hidrolisis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Dalam penyebarannya terdapat berbagai macam semen dan tiap macamnya mempunyai fungsi atau digunakan dalam kondisi tertentu dengan sifat yang khusus. Fungsi dasar semen adalah sebagai bahan pengikat yang menghubungkan butiran agregat agar membentuk struktur yang padat. Selain itu, semen juga dapat digunakan untuk mengisi rongga-rongga kosong di antara butiran agregat.

Terdapat 4 unsur penting dalam semen. Unsur tersebut adalah sebagai berikut (Tjokromuljo, 2007).

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $_3CaO.SiO_2$

   Bila terkena air, C_3S segera berhidrasi dan menghasilkan panas. C_3S juga sangat berpengaruh dalam pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $_2CaO.SiO_2$

   C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga dapat berpengaruh terhadap pengerasan setelah berumur lebih dari 7 hari.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $_3CaO.AlO_3$

   Kandungan ini berhidrasi secara *exothermic*, dan beraksi dengan cepat dengan memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C_3A bereaksi dengan air sebanyak 40% tetapi dengan jumlah unsur yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air sedikit.

4. Tetrakalsium Aluminoferit (C_4AF) atau $_4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

   Unsur C_4AF tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Pada penelitian ini memakai semen merk Tiga Roda yang merupakan semen *portland* komposit (PCC) dimana semen PCC ini cocok digunakan untuk bangunan pada umumnya. Semen ini sama dengan semen *portland* jenis I yang memiliki kekuatan tekan yang sama. Semen Tiga Roda PCC memiliki panas hidrasi yang

lebih rendah selama proses pengerasan dibandingkan dengan semen *portland* jenis I.

Tabel 3.2 Susunan Unsur Semen

Unsur Kimia dalam Semen	Persen (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO_2)	17-25
Alumunia (AI_2O_3)	3-8
Oxid Besi (Fe_2O_3)	0,5-8
Magnesium (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO_3)	1-2
Soda/potash ($Na_2O + K_2O$)	0,5-1

Sumber: Tjokrodimuljo (2007)

Semen berperan dalam pengikatan butiran agregat untuk membentuk suatu kesatuan. Ketika semen dicampur dengan air maka menjadi pasta dan jika ditambah pasir akan menjadi mortar semen. Mortar akan mengalami proses hidrasi yang menyebabkan mortar beton menjadi keras. Dalam periode 1 hingga 28 hari, beton mengalami peningkatan signifikan dalam tingkat kekerasan, dan setelah 28 hari, peningkatan ini melambat, meskipun masih berlanjut dengan tingkat peningkatan yang lebih rendah. Menurut ketentuan dalam SK SNI S-04-1989-F, semen *portland* dibagi berdasarkan jenis dan penggunaannya sebagai berikut :

1. Jenis I, semen *portland* yang penggunaannya tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti jenis yang lain.
2. Jenis II, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.3.3 Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan juga bertindak sebagai bahan pengikat antara butiran-butiran agregat. Proses pengikatan dimulai beberapa saat setelah pencampuran, yang dikenal sebagai "pengikatan awal" (*initial set*). Waktu pengikatan ini adalah periode dari saat semen bersentuhan dengan air hingga campuran semen mencapai viskositas yang menghalangi proses pengolahan lebih lanjut. Secara ideal, air yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen adalah sekitar ±25% dari berat semen. Penambahan air yang berlebihan perlu dihindari karena dapat mengurangi kekuatan beton atau menyebabkan *bleeding*, yang merupakan munculnya lapisan tipis yang dapat mengurangi kekuatan sambungan beton. Di bawah ini adalah beberapa fungsi air dalam campuran beton.

1. Sebagai pelumas bagi agregat halus dan kasar.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta.
3. Untuk mencairkan bahan/material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air yang diperlukan saat reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

3.3.4 Abu Serbuk Kayu Mahoni

Bahan tambah pada campuran *paving block* yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah yang berasal dari serbuk kayu mahoni. Limbah ini diperoleh dari sisa-sisa industri kayu yang ada di sekitar lingkungan dan kemudian diproses menjadi abu serbuk kayu mahoni. Serbuk gergaji termasuk dalam kategori limbah kayu. Limbah kayu dapat berupa kayu yang tidak terpakai, potongan kayu kecil, atau serbuk gergaji. Serbuk gergaji ini merupakan hasil sampingan dari proses produksi kayu dan biasanya dibuang karena tidak menghasilkan produk dengan nilai ekonomi tinggi menggunakan teknologi tertentu. Serbuk gergaji tersedia dalam jumlah yang banyak karena seringkali muncul sebagai produk sampingan dalam industri pengolahan kayu selain kertas.

Serbuk gergaji kayu mahoni berasal dari kayu mahoni yang dipotong menggunakan gergaji sehingga membentuk serbuk halus berwarna coklat. Menurut hasil penelitian tentang analisis kimia 9 jenis kayu di Indonesia yang dilakukan oleh

Gustan dan Hartoyo (1990) salah satunya yaitu kayu mahoni, terdapat beberapa komponen kimia yang terkandung pada kayu diantaranya adalah kadar abu dan kadar silika. Kandungan kadar abu dan silika pada kayu mahoni adalah sekitar 0,52% dan 0,34%. Dengan kandungan silika yang relatif tinggi ini, kayu mahoni sering digunakan sebagai bahan dalam berbagai industri kayu. Abu hasil pembakaran memiliki senyawa anorganik seperti CaO, SiO_2, Al_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, dan TiO_2.



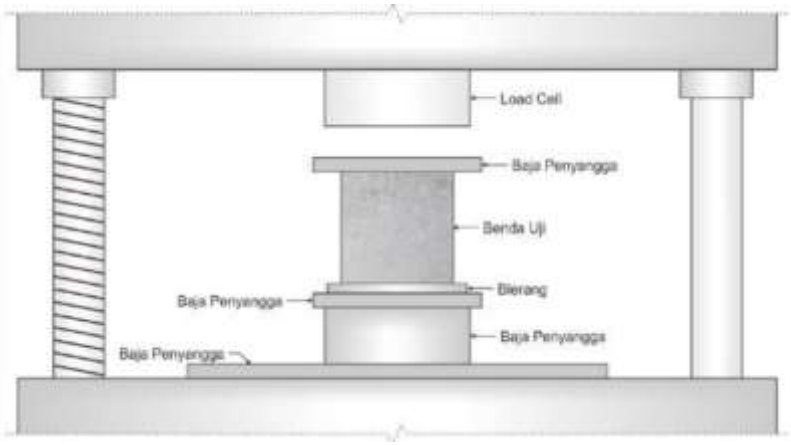
Gambar 3.3 Abu Serbuk Kayu Mahoni

3.4 Pengujian *Paving Block*

Dalam standar SNI 03-0691-1996, *paving block* diwajibkan memiliki sifat-sifat fisika yang berupa kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Oleh karena itu, penelitian ini juga mencakup pengujian sesuai ketentuan yang telah ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996. Rincian pengujian *paving block* akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

3.4.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* merupakan nilai beban yang dapat ditahan per satuan luas sebuah *paving block* sehingga *paving block* tersebut hancur akibat gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pada umumnya *paving block* memiliki karakteristik kuat tekan yang paling baik, oleh karena itu peneliti berharap bahwa penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan pada *paving block*. Sketsa pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*
Sumber: Muhamad (2022)

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 kuat tekan pada *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1) berikut ini.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \qquad (3.1)$$

Keterangan:

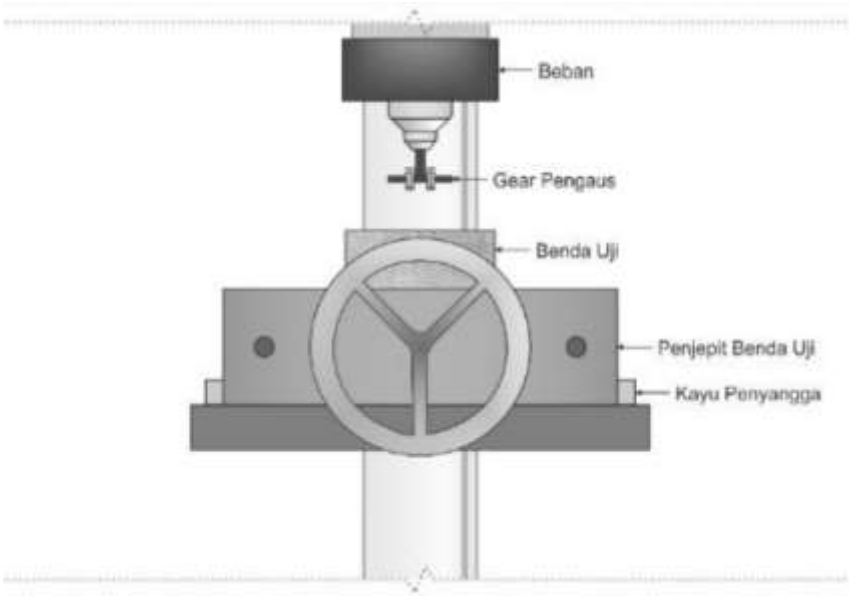
P = Beban tekan (N),

A = Luas bidang tekan (mm^2)

3.4.2 Ketahanan Aus *Paving Block*

Ketahanan aus merupakan terkikisnya atau penurunan sejumlah lapisan permukaan material karena gesekan yang terjadi ketika dua benda bersentuhan. Ketahanan aus pada *paving block* menjadi sangat penting karena sering terjadi gesekan pada perkerasan jalan. Oleh karena itu, ketahanan aus pada *paving block* harus menjadi pertimbangan utama.

Pengujian ketahanan aus dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai ketahanan aus pada *paving block* dengan cara mengauskan permukaan benda uji untuk mencari selisih berat sebelum dan sesudah diauskan. Sketsa pengujian ketahanan aus *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*
Sumber: Muhamad (2022)

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 ketahanan aus *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2) berikut ini.

$$D = 1{,}2\ G + 0{,}0246 \qquad (3.2)$$

Keterangan:

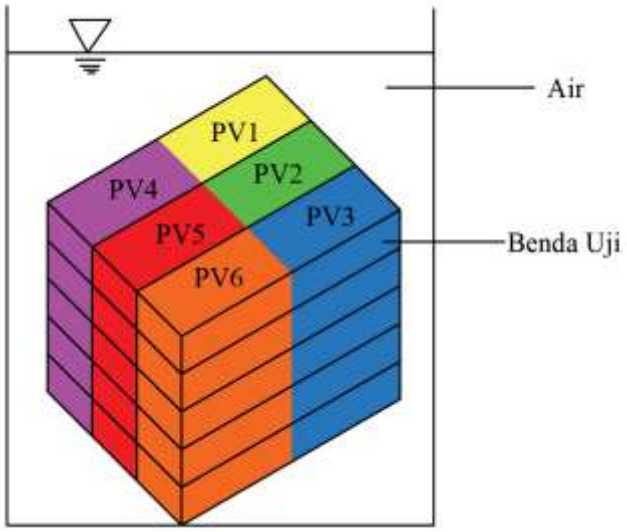
D = Ketahanan aus (mm/menit)

G = Kehilangan berat / lama pengausan (gram/menit).

3.4.3 Penyerapan Air *Paving Block*

Penyerapan air pada *paving block* merupakan seberapa besar persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori dalam struktur *paving block*. Untuk mengukur penyerapan air pada *paving block*, langkah pertama adalah dengan merendam seluruh benda uji *paving block* dalam air selama periode 24 jam. Setelah proses perendaman selama 24 jam berakhir, *paving block* kemudian diangkat dan ditimbang untuk mendapatkan berat basahnya. Selanjutnya, benda uji *paving block* dikeringkan dalam mesin pengering selama 24 jam pada suhu sekitar ± 105°C hingga beratnya stabil, dengan selisih berat antara dua kali penimbangan tidak

melebihi 0,2% dari berat basahnya. Sketsa pengujian penyerapan air *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Sketsa Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 penyerapan air *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.3) berikut ini.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \qquad (3.3)$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah (gram)

B = Berat *paving block* kering (gram)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan langkah-langkah atau kegiatan yang sistematis untuk mencapai tujuan penyelesaian tugas akhir. Metode penelitian berisi mengenai pemilihan bahan, peralatan, sampel, variabel yang akan diuji, tahapan pelaksanaan, pengujian, analisis data, dan penentuan lokasi penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yakni penelitian pembuatan *paving block* dengan menambahkan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen pada campuran *paving block*.

4.2 Lokasi Penelitian

Pembuatan benda uji *paving block* dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, sementara untuk pengujiannya dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, yang berlokasi di Jalan Kaliurang Km 14,5, Sleman, Yogyakarta.

4.3 Variabel Penelitian

Abu serbuk kayu mahoni digunakan sebagai pengganti sebagian volume semen dalam pembuatan *paving block*, dan untuk mengetahui pengaruhnya, dilakukan tiga jenis pengujian, yaitu uji kuat tekan, uji ketahanan aus, dan uji penyerapan air. Pada penelitian ini, terdapat beberapa variabel yang harus terjaga dan terkontrol untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Variabel-variabel tersebut antara lain:

1. Variabel bebas, yaitu berupa substitusi abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian volume semen dengan persentase tertentu.
2. Variabel terikat, yaitu berupa nilai kuat tekan, nilai ketahanan aus, dan nilai penyerapan air pada *paving block*.

3. Variabel terkontrol, yaitu berupa dimensi dari benda uji *paving block*, campuran bahan, dan perawatan benda uji.

4.4 Komposisi Sampel

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memasukkan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan campuran pembuatan *paving block*. Tipe *paving block* yang digunakan adalah tipe *holland*. Komposisi campuran yang digunakan diperoleh dari dilakukannya trial terhadap beberapa macam perbandingan komposisi sehingga diperoleh komposisi campuran terbaik. Komposisi campuran *paving block* yang digunakan yaitu 1 semen : 6 pasir dengan variasi abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% dari berat semen. Ukuran sampel *paving block* yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 cm x 10 cm x 6 cm yang akan dipotong menjadi tiga bagian berbentuk kubus dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Tiap variasi terdapat 20 sampel sehingga jumlah total sampel adalah 120 buah. Komposisi sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Komposisi Sampel pada Campuran *Paving Block*

Kode Sampel	Variasi (%)	Jumlah Sampel		
		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
PV Normal	0	10	5	5
PV10	10	10	5	5
PV12,5	12,5	10	5	5
PV15	15	10	5	5
PV17,5	17,5	10	5	5
PV20	20	10	5	5
Jumlah		60	30	30
Total Sampel		120		

4.5 Pelaksanaan Penelitian

4.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang harus dipersiapkan untuk mendukung proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat
   a. Timbangan

      Timbangan berfungsi untuk menimbang berat dari masing-masing campuran yang digunakan agar sesuai dengan komposisi yang sudah ditetapkan.



Gambar 4.1 Timbangan

   b. Saringan Agregat

      Saringan agregat berfungsi untuk memisahkan agregat halus pada pembuatan *paving block* agar sesuai dengan kriteria yang direncanakan yaitu lolos saringan diameter 4,75 mm.



Gambar 4.2 Saringan Agregat

c. Sekop

Sekop digunakan untuk memindahkan atau mengambil bahan campuran *paving block*.



Gambar 4.3 Sekop

d. Cetok

Cetok digunakan untuk memasukkan dan meratakan campuran ke dalam cetakan *paving block*.



Gambar 4.4 Cetok

e. Ember Material

Ember material berfungsi untuk menyimpan dan mengangkut material pada saat pembuatan benda uji.



Gambar 4.5 Ember Material

f. Mesin Pengaduk (*Mixer*)

Mixer digunakan untuk mengaduk semua bahan material *paving block* agar campuran dapat tercampur merata.



Gambar 4.6 Mesin Pengaduk (*Mixer*)

g. Mesin Press

Mesin press digunakan untuk mencetak sekaligus memadatkan benda uji dengan cara menekan saat proses pencetakan. Mesin ini diaplikasikan dengan sistem hidrolik dan dilengkapi dengan penggetar (*vibrator*).



Gambar 4.7 Mesin Press

h. Papan Kayu atau Alas Triplek

Papan kayu digunakan sebagai alas *paving block* yang sudah dicetak.



Gambar 4.8 Papan Kayu

i. Alat Pemotong *Paving Block*

Alat pemotong *paving block* digunakan untuk memotong benda uji yang berupa *paving block* tipe *holland* dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm menjadi bentuk kubus berdimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm guna untuk menjadi sampel pada pengujian kuat tekan dan kubus berdimensi 5 x 5 x 2 untuk sampel pengujian ketahanan aus.



Gambar 4.9 Alat Pemotong *Paving Block*

j. Alat Uji Kuat Tekan

Alat uji kuat tekan digunakan untuk mengukur atau menilai kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan sebelum mengalami kegagalan atau kerusakan. Alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan yaitu alat yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4.10 Alat Uji Kuat Tekan

k. Alat Uji Ketahanan Aus

Alat uji ketahanan aus digunakan untuk mengukur ketahanan *paving block* terhadap proses pengikisan atau aus yang diakibatkan oleh gesekan. Alat yang digunakan untuk pengujian ketahanan aus yaitu alat yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4.11 Alat Uji Ketahanan Aus

l. Oven

Oven digunakan untuk proses pengeringan benda uji sebagai sampel pengujian daya serap air.



Gambar 4.12 Oven

m. Alat tulis

Digunakan untuk menandai tiap sampel benda uji yang telah dibuat agar tidak tertukar

2. Bahan Material

   a. Semen *Portland*

      Semen *portland* berfungsi sebagai pengikat pada campuran *paving block*. Semen yang digunakan yaitu semen *portland* tipe I dengan merk Semen Tiga Roda.



Gambar 4.13 Semen *Portland*

   b. Agregat Halus

      Agregat halus yang digunakan yaitu pasir yang diperoleh dari daerah Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan diameter 4,75 mm.



Gambar 4.14 Agregat Halus

c. Air

Air yang digunakan berasal dari lokasi penelitian yaitu Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.



Gambar 4.15 Air

d. Abu Serbuk Kayu Mahoni

Serbuk kayu mahoni diperoleh dari salah satu industri penggergajian kayu di Yogyakarta yang diambil langsung oleh peneliti, kemudian limbah tersebut diolah menjadi abu serbuk kayu mahoni.



Gambar 4.16 Abu Serbuk Kayu Mahoni

4.5.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pencampuran, dan tahap pencetakan.

1. Tahap Persiapan
   a. Mengumpulkan serbuk kayu mahoni
   b. Serbuk kayu mahoni dibersihkan dari tanah atau kotoran lain yang menempel.
   c. Serbuk kayu mahoni ditimbang, untuk mendapatkan berat total sebelum dilakukan pembakaran.
   d. Serbuk kayu mahoni dibakar sampai serbuk kayu mahoni berwarna abu-abu.
   e. Setelah pembakaran selesai, abu serbuk kayu didinginkan lalu diayak menggunakan saringan No. 100 untuk mendapatkan butiran halus layaknya semen.
   f. Abu serbuk kayu mahoni ditimbang untuk mendapatkan berat total setelah dilakukan pembakaran.
   g. Lalu tahap terakhir yaitu memasukkan abu serbuk kayu mahoni ke dalam plastik-plastik yang telah disiapkan, proses memasukkannya sesuai dengan persentase substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni yang dibutuhkan.
   h. Mempersiapkan material lainnya seperti semen dan agregat halus.
   i. Mengukur berat tiap material campuran dan disesuaikan dengan komposisi yang telah ditetapkan kemudian dikumpulkan pada wadah dengan sesuai takaran berat volumenya.
2. Tahap Pencampuran

   Tahapan ini merupakan proses mencampur bahan utama dalam campuran beton dengan bahan yang akan digunakan sebagai bahan substitusi. Pada penelitian ini penulis menggunakan abu serbuk kayu mahoni dengan variasi 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% sebagai substitusi dari berat semen, perbandingan semen : pasir yaitu 1:6. Langkah-langkah pencampuran bahan *paving block* yaitu sebagai berikut.

a. Pastikan bahan yang akan digunakan sudah siap yang meliputi agregat halus (pasir), semen, air, abu serbuk kayu mahoni dengan kadar persentase yang sudah direncanakan sesuai dengan variasinya.
b. Bahan yang sudah siap kemudian dapat dicampurkan menjadi satu dengan menuangkan ke mesin pengaduk (mixer) selama ±10 menit.
c. Setelah pengadukan selesai, pastikan bahan sudah tercampur secara merata dan adukan homogen serta tingkat kelacakannya sudah sesuai target.



Gambar 4.17 Pencampuran Bahan

3. Tahap Pencetakan

Tahap pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin press yang sudah dilengkapi dengan sistem hidrolik dan sistem *vibrator* yang dapat memudahkan dalam proses produksi *paving block*. Bahan campuran dimasukkan kedalam cetakan dan dipadatkan menggunakan mesin press, selain itu pada saat pemadatan mesin press akan menggetarkan campuran yang ada dalam cetakan guna untuk membuat agregat di dalam cetakan dapat mengisi secara merata dan tidak ada rongga udara pada *paving block* yang dihasilkan. Tujuan dari penggunaan mesin press yang sudah dilengkapi oleh sistem hidrolis dan *vibrator* untuk memperkecil adanya *human error*. Langkah-langkah pencetakan *paving block* adalah sebagai berikut.

a. Persiapkan alas yang berupa triplek dengan tebal 20 mm dan letakkan pada meja mesin.

b. Pastikan mesin pada posisi cetakan membuka untuk memasukkan campuran ke cetakan.
c. Masukkan campuran ke dalam cetakan dan pastikan campuran memenuhi cetakan.
d. Hidupkan mesin dengan sistem getar selama ± 5 detik.
e. Tambahkan campuran kedalam cetakan yang turun akibat penggetaran.
f. Tekan tuas mesin press hingga bagian sampel turun dan jalan sistem getar.
g. Bagian cetakan diangkat dengan cara menekan tuas pada mesin press



Gambar 4.18 Pencetakan Benda Uji

4.6 Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

Seluruh pengujian pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pengujian tersebut mencakup pengujian pada bahan penyusun serta pengujian pada sampel benda uji yang telah mencapai usia 28 hari. Adapun tahapan pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pada Bahan Penyusun

   Pengujian ini dilakukan terhadap agregat halus yang mencakup analisis saringan, kandungan lumpur, dan berat volume dengan menggunakan pedoman standar mengikuti standar pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

2. Perawatan Benda Uji

   Perawatan *paving block* dengan cara merendam *paving block* setelah satu hari pencetakan. Setelah selesai proses perendaman selesai, benda uji akan diletakkan pada tempat kering yang terlindung dari panas. Tujuan perawatan benda uji adalah untuk mempertahankan kelembaban *paving block* selama umur yang telah ditentukan untuk pengujian yaitu 28 hari untuk memastikan proses hidrasi semen dapat berjalan dengan baik dan mencegah adanya retakan atau pecahan pada *paving block*.



4.19 Perawatan Benda Uji

3. Pengujian Sampel Benda Uji

   Parameter pengujian yang dilakukan mencakup pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air. Pengujian sampel benda uji dilakukan ketika benda uji mencapai usia 28 hari setelah proses pencetakan. Pengujian akan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah penjelasan mengenai parameter pengujian pada *paving block*:

   a. Pengujian Kuat Tekan

      Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan dengan menggunakan mesin uji desak yang dimiliki Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Benda uji *paving block* yang diuji kuat tekannya berjumlah 10 buah untuk setiap variasi campuran. Pengujian ini bertujuan untuk

mengetahui nilai kuat tekan dari tiap campuran. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kuat tekan menurut SNI 03-0691-1996:

1) Benda uji yang digunakan berumur 28 hari dan telah dibersihkan sebelumnya.
2) Benda uji ditimbang dalam kondisi kering dengan tingkat ketelitian 0,1 gram.
3) Dimensi benda uji diukur menggunakan jangka sorong.
4) Benda uji diletakkan pada alat pengujian dengan posisi tengah dan simetris.
5) Pembebanan dilakukan pada alat uji, kemudian hasilnya diamati dan dicatat hingga benda uji tidak mampu menahan beban yang diterima.



Gambar 4.20 Pengujian Kuat Tekan

b. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji ketahanan aus yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Benda uji *paving block* yang diuji ketahanan ausnya berjumlah 5 buah untuk setiap variasi campuran. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tingkat keausan dari tiap campuran. Berikut adalah langkah-langkah pengujian ketahanan aus menurut SNI 03-0691-1996:

1) Pengujian dilakukan menggunakan benda uji yang berumur 28 hari.
2) Sebelum pengujian dilakukan, benda uji didiamkan di tempat yang terkena angin selama satu hari.

3) Setelah diangin-anginkan, benda uji dibersihkan.
4) Dimensi benda uji ditimbang dan diukur menggunakan jangka sorong.
5) Pengujian keausan dilakukan menggunakan alat uji sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-0691-1996.
6) Hasil pengujian keausan diamati dan dicatat.



Gambar 4.21 Pengujian Ketahanan Aus

c. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan pengganti sebagian volume semen terhadap daya serap air yang dimiliki *paving block*. Benda uji *paving block* yang diuji penyerapan airnya berjumlah 5 buah untuk setiap variasi campuran. Berikut adalah langkah-langkah pengujian penyerapan air menurut SNI 03-0691-1996:

1) Perendaman benda uji dilakukan selama 24 jam.
2) Benda uji yang masih basah ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram.
3) Benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105ºC selama 24 jam untuk proses pengeringan hingga berat pada saat penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2%.
4) Setelah 24 jam, benda uji diambil dari oven dan ditimbang dalam keadaan kering.
5) Hasil pengujian penyerapan air dicatat.

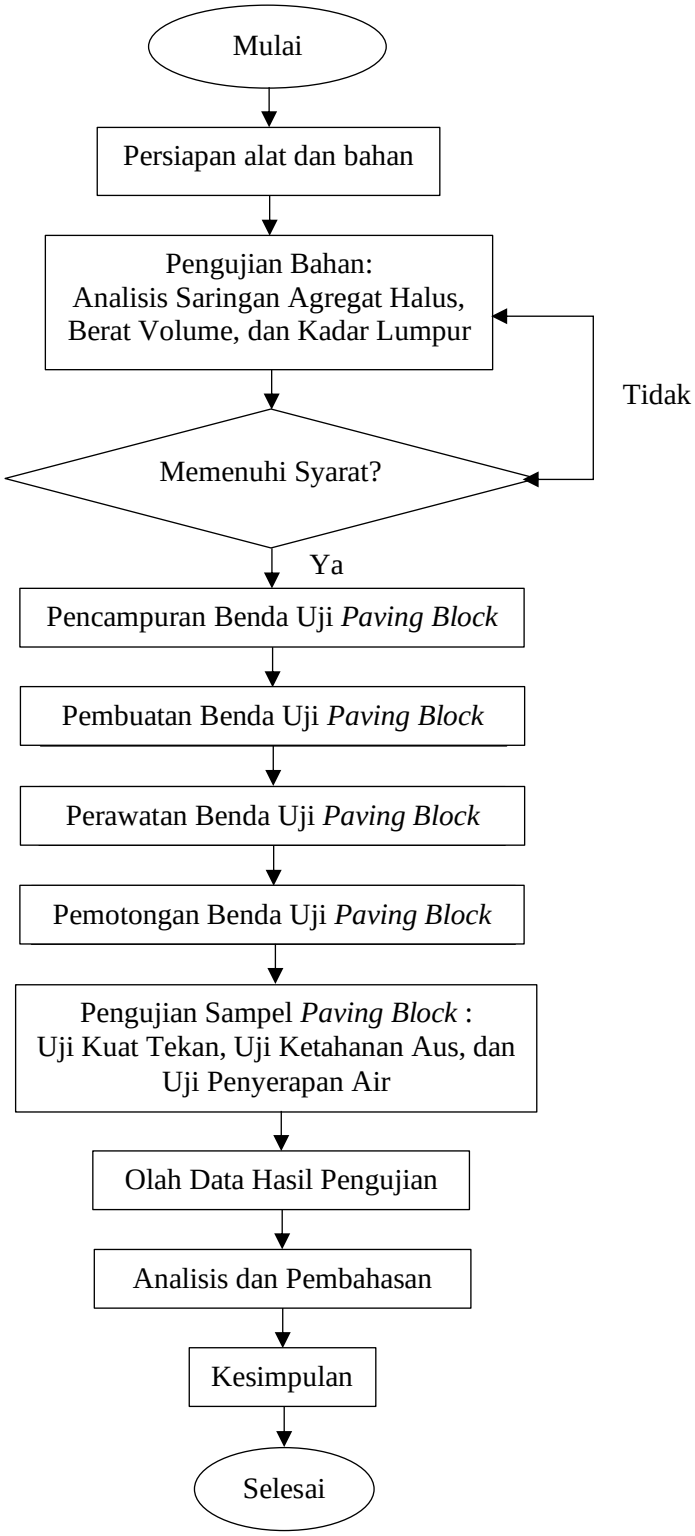


Gambar 4.22 Pengujian Penyerapan Air

4. Tahapan pembahasan dan penarikan kesimpulan

   Setelah semua pengujian selesai, data dianalisis dan dibahas kemudian ditarik kesimpulannya untuk menjawab tujuan.

4.7 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.23 Diagram Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Bab ini membahas tentang hasil penelitian yang telah dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Universitas Islam Indonesia dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknis Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dimulai dengan pengujian bahan susun *paving block*, mengamati proses produksi *paving block*, melakukan pengujian terhadap *paving block* yang berupa uji kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis dan dibahas agar diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Berikut adalah hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan.

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan

5.2.1 Analisis Saringan Agregat Halus

Analisis saringan agregat halus atau modulus halus butir (MHB) adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengklasifikasikan suatu agregat halus berdasarkan besar butirannya. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990. Saringan yang digunakan terdiri dari saringan dengan ukuran 4,80 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Analisis saringan ini menggunakan agregat halus sebanyak 2000 gram. Pengujian analisis saringan agregat halus dilaksanakan dengan menggunakan dua sampel. Agregat yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang kemudian dilakukan analisis perhitungan untuk mendapatkan hasil berupa berat tertinggal kumulatif dan persen lolos kumulatif. Dengan hasil tersebut dapat dilakukan klasifikasi daerah gradasi agregat berdasarkan persen lolos kumulatif. Ada beberapa klasifikasi daerah gradasi agregat halus diantaranya daerah I yaitu pasir kasar, daerah II yaitu pasir agak kasar, daerah III yaitu pasir agak halus, dan daerah IV yaitu pasir halus. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Daerah Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-40	0-15

Keterangan :

Daerah I = Pasir Kasar

Daerah II = Pasir Agak Kasar

Daerah III = Pasir Agak Halus

Daerah IV = Pasir Halus

Perhitungan pengujian analisis saringan agregat halus sampel 1 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Persentase berat tertinggal

   Berat tertahan (%) = $\frac{\text{Berat tertinggal (gram)}}{\text{Berat total (gram)}} \times 100\%$

   a. Lubang ayakan 4,8 mm = $\frac{16}{2000} \times 100\%$

      = 0,80%

   b. Lubang ayakan 2,4 mm = $\frac{157}{2000} \times 100\%$

      = 7,85%

   c. Lubang ayakan 1,2 mm = $\frac{276}{2000} \times 100\%$

      = 13,80%

   d. Lubang ayakan 0,6 mm = $\frac{427}{2000} \times 100\%$

      = 21,35%

   e. Lubang ayakan 0,3 mm = $\frac{387}{2000} \times 100\%$

      = 19,35%

f. Lubang ayakan 0,15 mm $= \frac{327}{2000} \times 100\%$

$= 16{,}35\%$

g. Sisa $= \frac{410}{2000} \times 100\%$

$= 20{,}50\%$

2. Berat tertinggal kumulatif

a. Lubang ayakan 4,8 mm $= 0\% + 0{,}80\%$

$= 0{,}80\%$

b. Lubang ayakan 2,4 mm $= 0{,}80\% + 7{,}85\%$

$= 8{,}65\%$

c. Lubang ayakan 1,2 mm $= 8{,}65\% + 13{,}80\%$

$= 22{,}45\%$

d. Lubang ayakan 0,6 mm $= 22{,}45\% + 21{,}35\%$

$= 43{,}80\%$

e. Lubang ayakan 0,3 mm $= 43{,}80\% + 19{,}35\%$

$= 63{,}15\%$

f. Lubang ayakan 0,15 mm $= 63{,}15\% + 16{,}35\%$

$= 79{,}50\%$

g. Sisa $= 79{,}50\% + 20{,}50\%$

$= 100\%$

3. Persen lolos kumulatif

% lolos kumulatif = 100% - berat tertinggal kumulatif

a. Lubang ayakan 4,8 mm $= 100\% - 0{,}80\%$

$= 99{,}20\%$

b. Lubang ayakan 2,4 mm $= 100\% - 8{,}65\%$

$= 91{,}35\%$

c. Lubang ayakan 1,2 mm $= 100\% - 22{,}45\%$

$= 77{,}55\%$

d. Lubang ayakan 0,6 mm $= 100\% - 43{,}80\%$

$= 56{,}20\%$

e. Lubang ayakan 0,3 mm = 100% - 63,15%
= 36,85%

f. Lubang ayakan 0,15 mm = 100% - 79,50%
= 20,50%

g. Sisa = 100% - 100%
= 0%

4. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma\ \%\text{Berat tertinggal kumulatif}}{100\%}$$

$$= \frac{(0{,}80\%+8{,}65\%+22{,}45\%+43{,}80\%+63{,}15\%+79{,}50\%)}{100\%}$$

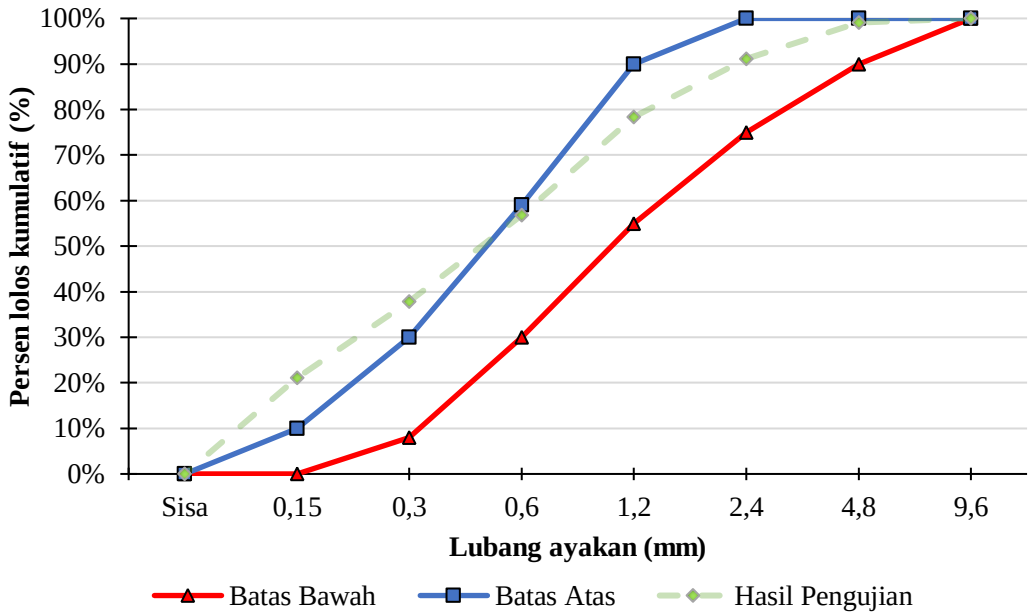
$$= 2{,}183$$

Hasil pengujian Modulus Halus Butir agregat halus sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Modulus Halus Butir Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
9,6	0	0,00	0,00	100,00
4,8	16	0,80	0,80	99,20
2,4	157	7,85	8,65	91,35
1,2	276	13,80	22,45	77,55
0,6	427	21,35	43,80	56,20
0,3	387	19,35	63,15	36,85
0,15	327	16,35	79,50	20,50
Sisa	410	20,50	100,00	0,00
Jumlah	2000	100	218,35	

Grafik gradasi agregat halus pada sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1

Untuk perhitungan pengujian analisis saringan agregat halus sampel 2 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Persentase berat tertinggal

$$\text{Berat tertahan (\%)} = \frac{\text{Berat tertinggal (gram)}}{\text{Berat total (gram)}} \times 100\%$$

a. Lubang ayakan 4,8 mm $= \frac{19}{2000} \times 100\%$

$= 0{,}95\%$

b. Lubang ayakan 2,4 mm $= \frac{162}{2000} \times 100\%$

$= 8{,}10\%$

c. Lubang ayakan 1,2 mm $= \frac{236}{2000} \times 100\%$

$= 11{,}80\%$

d. Lubang ayakan 0,6 mm $= \frac{434}{2000} \times 100\%$

$= 21{,}70\%$

e. Lubang ayakan 0,3 mm $= \frac{371}{2000} \times 100\%$
$= 18{,}55\%$

f. Lubang ayakan 0,15 mm $= \frac{346}{2000} \times 100\%$
$= 17{,}30\%$

g. Sisa $= \frac{432}{2000} \times 100\%$
$= 21{,}60\%$

2. Berat tertinggal kumulatif

a. Lubang ayakan 4,8 mm = 0% + 0,95%
= 0,95%

b. Lubang ayakan 2,4 mm = 0,95% + 8,10%
= 9,05%

c. Lubang ayakan 1,2 mm = 9,05% + 11,80%
= 20,85%

d. Lubang ayakan 0,6 mm = 20,85% + 21,70%
= 42,55%

e. Lubang ayakan 0,3 mm = 42,55% + 18,55%
= 61,10%

f. Lubang ayakan 0,15 mm = 61,10% + 17,30%
= 78,40%

g. Sisa = 78,40% + 21,60%
= 100%

3. Persen lolos kumulatif

% lolos kumulatif = 100% - berat tertinggal kumulatif

a. Lubang ayakan 4,8 mm = 100% - 0,95%
= 99,05%

b. Lubang ayakan 2,4 mm = 100% - 9,05%
= 90,95%

c. Lubang ayakan 1,2 mm = 100% - 20,85%
= 79,15%

d. Lubang ayakan 0,6 mm = 100% - 42,55%
= 57,45%

e. Lubang ayakan 0,3 mm = 100% - 61,10%
= 38,90%

f. Lubang ayakan 0,15 mm = 100% - 78,40%
= 21,60%

g. Sisa = 100% - 100%
= 0%

4. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma\ \%\text{Berat tertinggal kumulatif}}{100\%}$$

$$= \frac{(0{,}95\%+9{,}05\%+20{,}85\%+42{,}55\%+61{,}10\%+78{,}40\%)}{100\%}$$

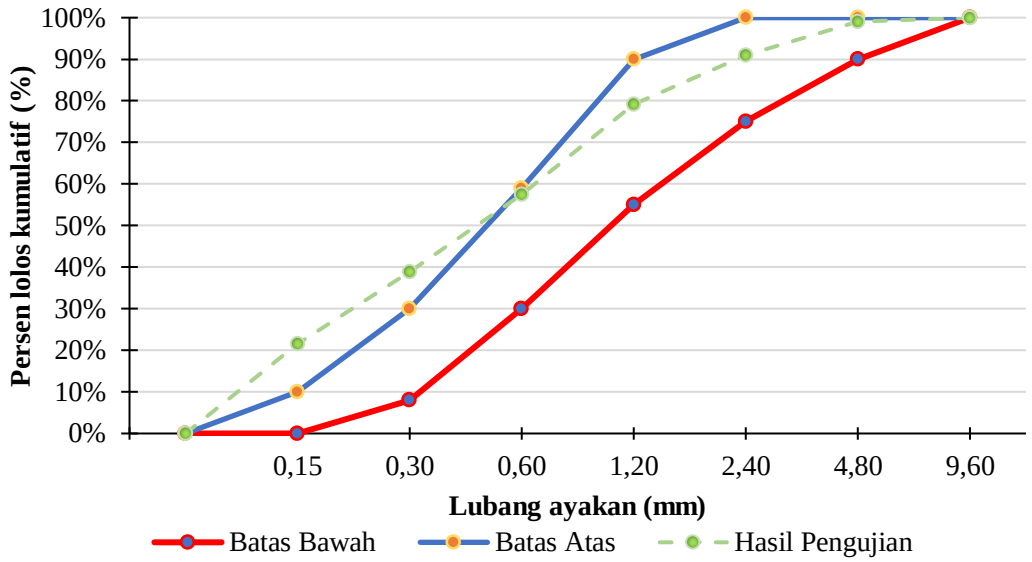
$$= 2{,}129$$

Hasil pengujian Modulus Halus Butir agregat halus sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Modulus Halus Butir Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
9,6	0	0,00	0,00	100,00
4,8	19	0,95	0,95	99,05
2,4	162	8,10	9,05	90,95
1,2	236	11,80	20,85	79,15
0,6	434	21,70	42,55	57,45
0,3	371	18,55	61,10	38,90
0,15	346	17,30	78,40	21,60
Sisa	432	21,60	100,00	0,00
Jumlah	2000	100	212,90	

Grafik gradasi agregat halus pada sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2

Rekapitulasi hasil pengujian Modulus Halus Butir agregat halus sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus Sampel 1 dan Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif (%)		Persen Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Rata-rata
	1	2	1	2	1	2	1	2	
9,6	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
4,8	16	19	0,80	0,95	0,80	0,95	99,20	99,05	99,13
2,4	157	162	7,85	8,10	8,65	9,05	91,35	90,95	91,15
1,2	276	236	13,80	11,80	22,45	20,85	77,55	79,15	78,35
0,6	427	434	21,35	21,70	43,80	42,55	56,20	57,45	56,83
0,3	387	371	19,35	18,55	63,15	61,10	36,85	38,90	37,88
0,15	327	346	16,35	17,30	79,50	78,40	20,50	21,60	21,05
Sisa	410	432	20,50	21,60	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	2000	2000	100	100	218,35	212,90			

Berdasarkan rata-rata persen lolos kumulatif sampel 1 dan sampel 2 yang dipadukan dengan Tabel 5.1, maka agregat halus masuk ke dalam Daerah II yaitu jenis pasir agak kasar.

Dari Tabel 5.4, dapat dilakukan perhitungan nilai modulus halus butir sebagai berikut.

$$\text{MHB} = \frac{(\text{Berat tertinggal kumulatif sampel 1} + \text{Berat tertinggal kumulatif sampel 2})}{200}$$

$$= \frac{218{,}35 + 212{,}90}{200}$$

$$= 2{,}156$$

Dalam pengujian ini, nilai modulus halus butir (MHB) yang diperoleh adalah sebesar 2,156. Nilai ini memenuhi persyaratan SNI 03-1968-1990 untuk modulus halus butir, yaitu 1,5 - 3,8. Oleh karena itu, pasir yang digunakan cukup baik dan sesuai dengan persyaratan SNI.

5.2.2 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini dilaksanakan sesuai pedoman yang tertera dalam SNI 03-4142-1996. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh persentase nilai kandungan lumpur pada agregat halus menggunakan saringan no 200 dengan diameter 4,80 mm. Perhitungan pengujian kandungan lumpur pada agregat halus dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat agregat lolos saringan no.200 sampel 1

   Berat agregat lolos saringan no.200 $= \frac{W1-W2}{W1}\ x\ 100\ \%$

   $= \frac{500-478}{500}\ x\ 100\ \%$

   $= 4{,}4\ \%$

2. Berat agregat lolos saringan no.200 sampel 2

   Berat agregat lolos saringan no.200 $= \frac{W1-W2}{W1}\ x\ 100\ \%$

   $= \frac{500-476}{500}\ x\ 100\ \%$

   $= 4{,}8\ \%$

3. Berat agregat lolos saringan no.200 rata-rata

   Berat agregat lolos saringan no.200 $= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2}$

   $= 4{,}6\ \%$

Berdasarkan perhitungan pengujian analisis saringan agregat halus yang telah dilakukan, didapatkan hasil rata-rata kadar lumpur sebesar 4,6%. Nilai tersebut dianggap memenuhi persyaratan kandungan lumpur agregat halus yang terdapat pada SK SNI S-04-1989-F, yaitu kurang dari 5%.

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat agregat kering oven, gram (W1)	500	500	500
2	Berat agregat kering oven setelah di cuci, gram (W2)	478	476	477
3	Berat agregat lolos saringan No. 200, % [(W1 - W2)/W1] x 100%	4,4	4,8	4,6

5.2.3 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian ini menggunakan metode yang sesuai standar SNI 03-4804-1998 dengan tujuan untuk menentukan berat isi volume dari agregat halus dan mendapatkan nilai berat volume padat serta berat volume gembur. Perhitungan pengujian berat volume padat dan gembur pada agregat halus dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat volume padat agregat halus, sampel 1

Berat tabung (W1)	= 6607 gram
Berat tabung serta agregat kering oven (W2)	= 16544 gram
Berat pasir (W3)	= W2 – W1
	= 16544 – 6607
	= 9937 gram
Diameter tabung (d)	= 15 cm
Tinggi tabung (t)	= 30 cm

Volume tabung (V) $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$

$= 5301{,}438\ cm^3$

Berat volume padat $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{9937}{5301{,}438}$

$= 1{,}874\ gram/cm^3$

Berat volume padat rata-rata $= \frac{Sampel\ 1 + Sampel\ 2}{2}$

$= \frac{1{,}874 + 1{,}956}{2}$

$= 1{,}915\ gram/cm^3$

2. Berat volume gembur agregat halus, sampel 1

Berat tabung (W1) = 6607 gram

Berat tabung serta agregat kering oven (W2) = 15251 gram

Berat pasir (W3) = W2 – W1

= 15251 – 6607

= 8644 gram

Diameter tabung (d) = 15 cm

Tinggi tabung (t) = 30 cm

Volume tabung (V) $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$

$= 5301{,}438\ cm^3$

Berat volume gembur $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{8644}{5301{,}438}$

$= 1{,}630\ gram/cm^3$

Berat volume gembur rata-rata $= \frac{Sampel\ 1 + Sampel\ 2}{2}$

$= \frac{1{,}630 + 1{,}603}{2}$

$= 1{,}617\ gram/cm^3$

Hasil pengujian berat volume padat dan volume gembur pasir dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	6607	6607
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	16544	16978
Berat Agregat (W3), gram	9937	10371
Volume Tabung (V), cm^3	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat, gram/cm^3	1,874	1,956
Rata-rata Berat Volume Padat, gram/cm^3	1,915	

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	6607	6607
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	15251	15106
Berat Agregat (W3), gram	8644	8499
Volume Tabung (V), cm^3	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur, gram/cm^3	1,631	1,603
Rata-rata Berat Volume Gembur, gram/cm^3	1,617	

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Setelah memastikan bahwa semua bahan telah memenuhi standar dan berada dalam kondisi yang baik untuk pembuatan *paving block*, proses selanjutnya adalah tahap pencampuran. Tujuan tahap ini adalah untuk menghitung proporsi campuran yang dibutuhkan dalam pembuatan *paving block*. Bahan-bahan yang dicampurkan melibatkan komponen utama *paving block* seperti pasir, semen, dan air. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan bahan tambah yaitu abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan substitusi semen. Komposisi campuran *paving block* yang digunakan

yaitu 1 semen : 6 pasir dengan variasi abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% dari berat semen. Perhitungan kebutuhan campuran *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

Panjang *paving block* = 20 cm

Lebar *paving block* = 10 cm

Tinggi *paving block* = 6 cm

Volume *paving block* $= P \times L \times T$

$= 20 \times 10 \times 6$

$= 1200\ \text{cm}^3$

Berat volume padat pasir $= 1{,}915\ \text{gram/cm}^3$

Faktor pemadatan mesin = 1,3

Jumlah *paving block* = 24 per variasi

Kebutuhan pasir 1 *paving block* $= \frac{6}{7} \times \text{V } paving\ block \times \text{berat volume padat pasir} \times 1{,}3$

$= \frac{6}{7} \times 1200 \times 1{,}915 \times 1{,}3$

= 2560,629 gram

Kebutuhan pasir 24 *paving block* = kebutuhan pasir 1 *paving block* × 24

= 2560,629 × 24

= 61455,09 gram

Kebutuhan semen 1 *paving block* $= \frac{\text{Kebutuhan pasir 1 } paving\ block}{6}$

$= \frac{2560{,}629}{6}$

= 426,771 gram

Kebutuhan semen 24 *paving block* = kebutuhan semen 1 *paving block* × 24

= 426,771 × 24

= 10242,51 gram

Kebutuhan abu serbuk kayu mahoni setiap variasi

1. Variasi PV Normal (0%) = 0% × kebutuhan semen 24 *paving block*

   = 0% × 10242,51

   = 0 gram

2. Variasi PV10 (10%) = 10% × 10242,51

   = 1024,25 gram

3. Variasi PV12,5 (12,5%) = 12,5% × 10242,51
   = 1280,31 gram
4. Variasi PV15 (15%) = 15% × 10242,51
   = 1536,38 gram
5. Variasi PV17,5 (17,5%) = 17,5% × 10242,51
   = 1792,44 gram
6. Variasi PV20 (20%) = 20% × 10242,51
   = 2048,50 gram

Kebutuhan semen setiap variasi

1. Variasi PV Normal = Kebutuhan semen 24 *paving block*
   = 10242,51 gram
2. Variasi PV10 = Kebutuhan semen 24 *paving block* - kebutuhan abu serbuk kayu mahoni variasi PV10
   = 10242,51 - 1024,25
   = 9218,26 gram
3. Variasi PV12,5 = Kebutuhan semen 24 *paving block* - kebutuhan abu serbuk kayu mahoni variasi PV12,5
   = 10242,51 - 1280,31
   = 8962,20 gram
4. Variasi PV15 = Kebutuhan semen 24 *paving block* - kebutuhan abu serbuk kayu mahoni variasi PV15
   = 10242,51 - 1536,38
   = 8706,14 gram
5. Variasi PV17,5 = Kebutuhan semen 24 *paving block* - kebutuhan abu serbuk kayu mahoni variasi PV17,5
   = 10242,51 - 1792,44
   = 8450,07 gram
6. Variasi PV20 = Kebutuhan semen 24 *paving block* - kebutuhan abu serbuk kayu mahoni variasi PV20
   = 10242,51 - 2048,50
   = 8194,01 gram

Rekapitulasi perhitungan kebutuhan campuran *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Campuran *Paving Block*

Kode Sampel	Variasi (%)	Abu Serbuk Kayu Mahoni (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (liter)	Jumlah Sampel (buah)
PV Normal	0%	0,00	10,242	61,455	3,9	24
PV10	10%	1,024	9,218	61,455	4,1	24
PV12,5	12,50%	1,280	8,962	61,455	4,3	24
PV15	15%	1,536	8,706	61,455	4,4	24
PV17,5	17,50%	1,792	8,450	61,455	4,5	24
PV20	20%	2,048	8,194	61,455	4,7	24
Total		7,681	53,773	368,730	25,9	144

5.4 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilakukan pada saat *paving block* berumur 28 hari setelah proses pencetakan. Parameter pengujian pada penelitian ini mengacu pada pada SNI 03-0691-1996 mengenai *paving block* yang meliputi pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Jumlah sampel yang digunakan pada tiap pengujian yakni 10 sampel pada pengujian kuat tekan untuk setiap variasi, 5 sampel pada pengujian ketahanan aus untuk setiap variasi, dan 5 sampel pada pengujian penyerapan air untuk setiap variasi. Sebelum melaksanakan pengujian, dilakukan pemeriksaan terhadap dimensi *paving block* untuk memastikan bahwa sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 yang menetapkan tebal minimum *paving block* sebesar 60 mm dengan toleransi ±8%.

5.4.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Untuk melakukan pengujian kuat tekan pada *paving block*, benda uji *paving block* harus dipotong menjadi bentuk kubus dengan dimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm. Jumlah benda uji *paving block* yang digunakan pada pengujian kuat tekan yaitu 10 buah benda uji untuk setiap variasi. Contoh analisis perhitungan uji kuat tekan *paving block* sampel variasi PV10 dengan kandungan abu serbuk kayu mahoni 10% sebagai substitusi semen dengan kode sampel T2.1 sebagai berikut.

Panjang (p) = 63,95 mm

Lebar (l) = 59,53 mm

Tinggi (t) = 61,90 mm

Luas (L) $= p \times l$

$= 63{,}95 \times 59{,}53$

$= 3806{,}944\ mm^2$

Beban maksimal (P) = 4500 Kgf

$= 4500 \times 9{,}81$

= 44145 N

Kuat tekan (σ) $= \frac{P}{L}$

$= \frac{44145}{3806{,}944}$

$= 11{,}596\ N/mm^2$

= 11,596 MPa

Toleransi tinggi *paving block* $\pm$8%.

Batas minimum tinggi = 60 – (8%×60)

= 55,2 mm

Batas maksimum tinggi = 60 + (8%×60)

= 64,8 mm

Maka, tinggi *paving block* variasi PV10 dengan kode sampel T2.1 telah memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 karena tingginya berada di antara batas minimum dan maksimum yang ditetapkan, yaitu 55,2 mm < 61,90 mm < 64,8 mm.

Setelah mendapatkan seluruh nilai kuat tekan *paving block* pada variasi PV10, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata kuat tekan pada variasi tersebut. Perhitungan rata-rata kuat tekan variasi PV10 adalah sebagai berikut.

Kuat tekan rata-rata $= \frac{\Sigma\, \sigma}{\text{Jumlah sampel}}$

$= \frac{11{,}596+11{,}696+12{,}412+10{,}708+10{,}165+11{,}778+11{,}012+11{,}838+13{,}362+10{,}355}{10}$

= 11,492 MPa

Hasil pemeriksaan tinggi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.9 sampai dengan Tabel 5.14 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Normal (0% ASKM)

Kode Sampel (PV Normal)	Toleransi Tinggi ± 8% (mm)	Tebal *Paving Block* (mm)	Keterangan
N1	55,2-6,48	60,55	OK
N2	55,2-6,48	58,50	OK
N3	55,2-6,48	59,95	OK
N4	55,2-6,48	58,30	OK
N5	55,2-6,48	57,55	OK
N6	55,2-6,48	62,20	OK
N7	55,2-6,48	59,30	OK
N8	55,2-6,48	59,10	OK
N9	55,2-6,48	61,55	OK
N10	55,2-6,48	63,10	OK

Sumber: SNI 03-0691-1996

Tabel 5.10 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV10 (10% ASKM)

Kode Sampel (PV10)	Toleransi Tebal ± 8% (mm)	Tebal *Paving Block* (mm)	Keterangan
T2.1	55,2-6,48	61,90	OK
T2.2	55,2-6,48	60,25	OK
T2.3	55,2-6,48	61,55	OK
T2.4	55,2-6,48	60,95	OK
T2.5	55,2-6,48	59,10	OK
T2.6	55,2-6,48	60,95	OK
T2.7	55,2-6,48	60,45	OK
T2.8	55,2-6,48	63,20	OK
T2.9	55,2-6,48	63,05	OK
T2.10	55,2-6,48	61,45	OK

Sumber: SNI 03-0691-1996

Tabel 5.11 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% ASKM)

Kode Sampel (PV12,5)	Toleransi Tebal ± 8% (mm)	Tebal *Paving Block* (mm)	Keterangan
T3.1	55,2-6,48	60,90	OK
T3.2	55,2-6,48	61,65	OK
T3.3	55,2-6,48	63,60	OK
T3.4	55,2-6,48	63,25	OK
T3.5	55,2-6,48	61,70	OK
T3.6	55,2-6,48	61,85	OK
T3.7	55,2-6,48	60,10	OK
T3.8	55,2-6,48	62,40	OK
T3.9	55,2-6,48	61,50	OK
T3.10	55,2-6,48	62,50	OK

Sumber: SNI 03-0691-1996

Tabel 5.12 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV15 (15% ASKM)

Kode Sampel (PV15)	Toleransi Tebal ± 8% (mm)	Tebal *Paving Block* (mm)	Keterangan
T4.1	55,2-6,48	63,30	OK
T4.2	55,2-6,48	61,75	OK
T4.3	55,2-6,48	61,35	OK
T4.4	55,2-6,48	62,85	OK
T4.5	55,2-6,48	61,60	OK
T4.6	55,2-6,48	62,30	OK
T4.7	55,2-6,48	62,75	OK
T4.8	55,2-6,48	63,85	OK
T4.9	55,2-6,48	63,85	OK
T4.10	55,2-6,48	61,40	OK

Sumber: SNI 03-0691-1996

Tabel 5.13 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% ASKM)

Kode Sampel (PV17,5)	Toleransi Tebal ± 8% (mm)	Tebal *Paving Block* (mm)	Keterangan
T5.1	55,2-6,48	62,30	OK
T5.2	55,2-6,48	63,80	OK
T5.3	55,2-6,48	63,90	OK
T5.4	55,2-6,48	61,20	OK
T5.5	55,2-6,48	63,80	OK
T5.6	55,2-6,48	61,40	OK
T5.7	55,2-6,48	62,95	OK
T5.8	55,2-6,48	62,40	OK
T5.9	55,2-6,48	63,85	OK
T5.10	55,2-6,48	62,45	OK

Sumber: SNI 03-0691-1996

Tabel 5.14 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi PV20 (20% ASKM)

Kode Sampel (PV20)	Toleransi Tebal ± 8% (mm)	Tebal *Paving Block* (mm)	Keterangan
T6.1	55,2-6,48	63,80	OK
T6.2	55,2-6,48	61,25	OK
T6.3	55,2-6,48	61,75	OK
T6.4	55,2-6,48	63,85	OK
T6.5	55,2-6,48	60,85	OK
T6.6	55,2-6,48	59,70	OK
T6.7	55,2-6,48	60,90	OK
T6.8	55,2-6,48	63,95	OK
T6.9	55,2-6,48	61,60	OK
T6.10	55,2-6,48	61,80	OK

Sumber: SNI 03-0691-1996

Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.15 sampai dengan Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Normal (0% ASKM)

Kode Sampel (PV Normal)	Dimensi			Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
N1	62,400	63,650	60,550	3971,760	4375	10,806
N2	63,450	60,400	58,500	3832,380	4100	10,495
N3	61,850	62,100	59,950	3840,885	3825	9,769
N4	63,500	63,600	58,300	4038,600	3800	**9,230**
N5	63,300	61,450	57,550	3889,785	4025	10,151
N6	63,900	63,700	62,200	4070,430	4955	11,942
N7	62,100	61,300	59,300	3806,730	4000	10,308
N8	63,700	63,100	59,100	4019,470	3900	9,518
N9	63,900	63,600	61,550	4064,040	3825	9,233
N10	63,250	60,200	63,100	3807,650	3850	9,919
Kuat Tekan Rata-rata						**10,137**

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV10 (10% ASKM)

Kode Sampel (PV10)	Dimensi			Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T2.1	63,950	59,530	61,900	3806,944	4500	11,596
T2.2	63,950	62,300	60,250	3984,085	4750	11,696
T2.3	62,150	62,950	61,550	3912,343	4950	12,412
T2.4	62,850	61,950	60,950	3893,558	4250	10,708
T2.5	61,150	61,550	59,100	3763,783	3900	**10,165**
T2.6	61,550	62,250	60,950	3831,488	4600	11,778
T2.7	60,550	58,850	60,450	3563,368	4000	11,012
T2.8	63,950	61,550	63,200	3936,123	4750	11,838
T2.9	61,620	62,550	63,050	3854,331	5250	13,362
T2.10	62,700	61,950	61,450	3884,265	4100	10,355
Kuat Tekan Rata-rata						**11,492**

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% ASKM)

Kode Sampel (PV12,5)	Dimensi			Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T3.1	61,550	61,450	60,900	3782,248	5600	14,525
T3.2	62,350	63,550	61,650	3962,343	4870	12,057
T3.3	61,400	62,300	63,600	3825,220	4780	12,259
T3.4	63,800	61,300	63,250	3910,940	4880	12,241
T3.5	62,650	61,950	61,700	3881,168	4560	11,526
T3.6	63,200	61,950	61,850	3915,240	5610	14,056
T3.7	63,400	63,900	60,100	4051,260	4550	11,018
T3.8	63,550	63,850	62,400	4057,668	5210	12,596
T3.9	62,400	63,400	61,500	3956,160	4150	**10,291**
T3.10	61,500	63,350	62,500	3896,025	4390	11,054
Kuat Tekan Rata-rata						**12,162**

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV15 (15% ASKM)

Kode Sampel (PV15)	Dimensi			Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T4.1	62,500	63,900	63,300	3993,750	5010	12,306
T4.2	63,450	61,950	61,750	3930,728	5150	12,853
T4.3	62,900	63,700	61,350	4006,730	5320	13,025
T4.4	62,200	63,550	62,850	3952,810	5775	14,332
T4.5	63,750	60,750	61,600	3872,813	4550	11,525
T4.6	63,400	61,850	62,300	3921,290	4625	11,570
T4.7	63,900	61,950	62,750	3958,605	4650	**11,523**
T4.8	60,800	60,300	63,850	3666,240	5925	15,854
T4.9	63,400	63,200	63,850	4006,880	5575	13,649
T4.10	62,450	62,500	61,400	3903,125	6125	15,394
Kuat Tekan Rata-rata						**13,203**

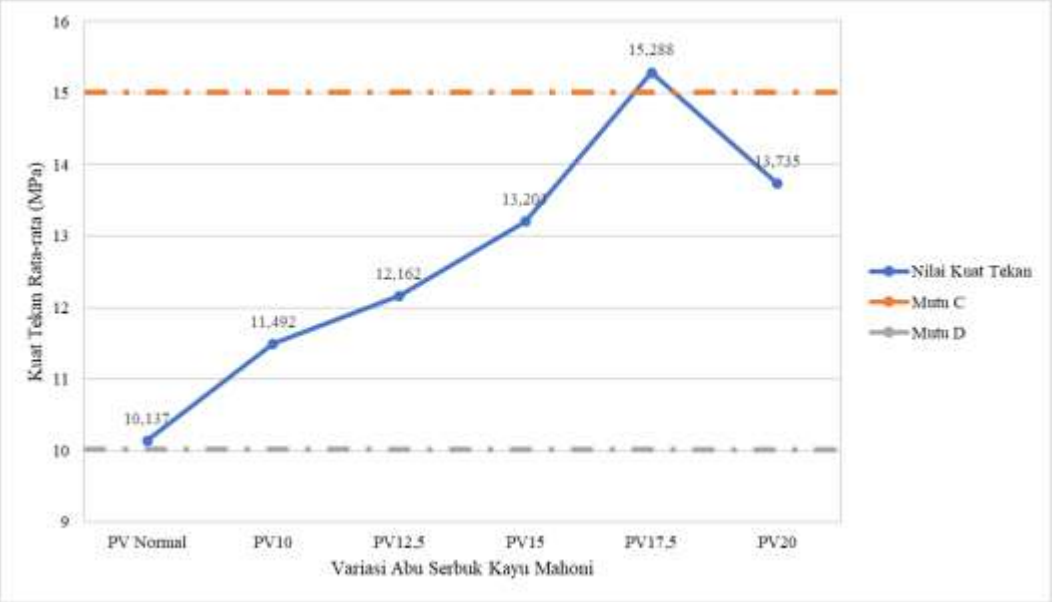
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% ASKM)

Kode Sampel (PV17,5)	Dimensi			Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T5.1	61,600	60,200	62,300	3708,320	6625	17,526
T5.2	61,800	61,600	63,800	3806,880	5225	13,464
T5.3	60,250	57,700	63,900	3476,425	5850	16,508
T5.4	58,950	59,150	61,200	3486,893	5400	15,192
T5.5	60,650	60,950	63,800	3696,618	5775	15,326
T5.6	63,200	62,600	61,400	3956,320	5150	12,770
T5.7	61,300	61,900	62,950	3794,470	6375	16,482
T5.8	62,400	62,950	62,400	3928,080	6900	17,232
T5.9	62,550	62,700	63,850	3921,885	5000	**12,507**
T5.10	61,800	60,500	62,450	3738,900	6050	15,874
Kuat Tekan Rata-rata						**15,288**

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi PV20 (20% ASKM)

Kode Sampel (PV20)	Dimensi			Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T6.1	61,100	62,100	63,800	3794,310	5750	14,866
T6.2	62,700	62,100	61,250	3893,670	5425	13,668
T6.3	61,200	60,400	61,750	3696,480	4925	13,070
T6.4	61,100	60,950	63,850	3724,045	5325	14,027
T6.5	62,900	60,550	60,850	3808,595	5950	15,326
T6.6	62,000	60,100	59,700	3726,200	5625	14,809
T6.7	61,600	62,850	60,900	3871,560	4400	**11,149**
T6.8	58,900	59,750	63,950	3519,275	4750	13,241
T6.9	61,400	61,450	61,600	3773,030	5800	15,080
T6.10	60,950	60,450	61,800	3684,428	4550	12,115
Kuat Tekan Rata-rata						**13,735**

Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan *paving block* di atas kemudian dapat dibuat grafik nilai kuat tekan rata-rata dan nilai kuat tekan minimum yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block*



Gambar 5.4 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Minimum *Paving Block*

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, grafik rata-rata, dan grafik minimum hasil pengujian kuat tekan, maka dapat dilakukan penggolongan klasifikasi mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 sebagai berikut.

Tabel 5.21 Klasifikasi Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

Variasi	ASKM (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)	SNI 03-0691-1996		Fungsi *Paving Block*
				Mutu	Kuat Tekan Minimum (MPa)	
PV Normal	0	10,137	9,230	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain
PV10	10	11,492	10,165	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain
PV12,5	12,5	12,162	10,291	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain
PV15	15	13,203	11,523	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain
PV17,5	17,5	15,288	12,507	C	12,50	Pejalan kaki
PV20	20	13,735	11,149	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* sesuai pada Tabel 5.19 diperoleh nilai rata-rata kuat tekan benda uji pada variasi normal sebesar 10,137 MPa sehingga masuk ke dalam kategori mutu D sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-0691-1996 mengenai standar mutu *paving block*. Hasil pengujian benda uji *paving block* variasi PV10 dengan penambahan abu serbuk kayu mahoni 10% mengalami kenaikan kuat tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 11,492 MPa yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV12,5 masih mengalami kenaikan kuat tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 12,162 MPa yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV15 masih mengalami kenaikan kuat tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 13,203 MPa yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV 17,5 masih mengalami peningkatan kuat tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 15,288 MPa yang memenuhi kategori mutu C. Variasi PV20 mulai mengalami penurunan kuat tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 13,735 MPa yang memenuhi kategori mutu D. Peningkatan terbesar terdapat pada Variasi PV 17,5 dengan kadar abu serbuk kayu mahoni 17,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 15,288 MPa atau meningkat 51% dari *paving block* normal.

Adanya kenaikan nilai kuat tekan dari variasi PV10 hingga PV17,5 dapat dipicu oleh dampak dari silika, selulosa, dan hemiselulosa yang terdapat dalam abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Abu serbuk kayu mahoni mengandung silika, yang merupakan bahan baku utama dalam

pembuatan semen. Selain berfungsi sebagai pengganti sebagian semen karena kandungan silika-nya, abu serbuk kayu mahoni juga bertindak sebagai pengisi antara partikel pembentuk mortar karena kehalusan butiran-butirannya yang dapat lolos saringan nomor 100 atau memiliki diameter 0,150 mm. Dengan demikian, porositas atau ruang kosong yang ada dalam *paving block* dapat diminimalkan sehingga membuat *paving block* lebih padat. Hal ini mengakibatkan peningkatan nilai kuat tekan pada *paving block*. Selain silika, abu serbuk kayu mahoni juga mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kedua komponen ini akan terserap pada permukaan mineral atau partikel, memberikan tambahan kekuatan ikatan antar partikel karena sifat adhesi dan dispersi, serta menghambat difusi atau percampuran air dalam material karena sifat hidrofobiknya (Gargulak dkk, 2001). Kenaikan nilai kuat tekan *paving block* tidak terjadi secara terus menerus seiring dengan variasi yang lebih besar, melainkan hanya mencapai nilai kuat tekan tertinggi pada *paving block* dengan variasi PV17,5.

Penurunan nilai kuat tekan pada variasi PV20 dapat disebabkan oleh penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen yang berlebihan. Semakin banyak abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen dalam pembuatan *paving block*, maka kadar silika yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* juga semakin tinggi. Kadar silika berlebih yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* ini dapat menyebabkan reaksi alkali silika. Reaksi ini terjadi ketika kandungan silika aktif dalam agregat berinteraksi dengan alkali dalam semen, membentuk suatu gel alkali silika yang melapisi butiran-butiran agregat. Gel ini terjebak di antara pasta semen, dan karena adanya pemuaian, dapat menyebabkan munculnya tegangan internal yang mengakibatkan retakan atau bahkan kerusakan pasta semen sehingga *paving block* menjadi rapuh (Chandra, 2013). Akibatnya, nilai kuat tekan *paving block* menurun.

Penggunaan abu serbuk kayu mahoni terlalu banyak juga dapat menyebabkan pembentukan ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Ikatan baru ini terjadi antara partikel abu serbuk kayu mahoni karena kandungan karbon yang tinggi dalam abu tersebut, dimana karbon

sebagai komponen grafit cenderung memiliki ikatan yang lemah antar partikelnya. Bahkan, ikatan ini lebih lemah daripada ikatan antara karbon dan mortar (Abdullah dkk, 2009). Dengan adanya ikatan baru ini, kekuatan mortar menjadi berkurang, dan porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* juga bertambah, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan nilai kuat tekan *paving block*.

5.4.2 Ketahanan Aus *Paving Block*

Untuk melakukan pengujian ketahanan aus pada *paving block*, benda uji *paving block* harus dipotong menjadi bentuk kubus dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 2 cm. Jumlah benda uji *paving block* yang digunakan pada pengujian ketahanan aus yaitu 5 buah benda uji untuk setiap variasi. Contoh analisis perhitungan uji ketahanan aus *paving block* sampel variasi PV10 dengan kandungan abu serbuk kayu mahoni 10% sebagai substitusi semen dengan kode sampel K2.1 sebagai berikut.

Berat awal = 85,94 gram

Berat akhir = 85,12 gram

Lama pengujian = 5 menit

Kehilangan berat (G) $= \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{lama pengujian}}$

$= \frac{85{,}94 - 85{,}12}{5}$

= 0,164 gram/menit

Ketahanan aus (D) = 1,2 × G + 0,0246

= 1,2 × 0,164 + 0,0246

= 0,221 mm/menit

Setelah mendapatkan seluruh nilai ketahanan aus *paving block* pada variasi PV10, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata ketahanan aus pada variasi tersebut. Perhitungan rata-rata ketahanan aus variasi PV10 adalah sebagai berikut.

Ketahanan aus (D) rata-rata $= \frac{0{,}221+0{,}233+0{,}219+0{,}224+0{,}229}{5}$

= 0,225 mm/menit

Hasil pengujian ketahanan aus dapat dilihat pada Tabel 5.22 sampai dengan Tabel 5.27 Berikut.

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Normal (0% ASKM)

Kode Sampel (PV Normal)	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
N1	88,61	87,73	0,88	5	0,176	**0,236**
N2	81,83	80,97	0,86	5	0,172	0,231
N3	91,64	90,77	0,87	5	0,174	0,233
N4	97,93	97,09	0,84	5	0,168	0,226
N5	90,97	90,12	0,85	5	0,170	0,229
Nilai Rata-Rata						**0,231**

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV10 (10% ASKM)

Kode Sampel (PV10)	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K2.1	85,94	85,12	0,82	5	0,164	0,221
K2.2	83,81	82,94	0,87	5	0,174	**0,233**
K2.3	78,82	78,01	0,81	5	0,162	0,219
K2.4	88,15	87,32	0,83	5	0,166	0,224
K2.5	90,86	90,01	0,85	5	0,170	0,229
Nilai Rata-Rata						**0,225**

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% ASKM)

Kode Sampel (PV12,5)	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K3.1	83,81	83,11	0,70	5	0,140	0,193
K3.2	90,28	89,45	0,83	5	0,166	0,224
K3.3	88,03	87,19	0,84	5	0,168	**0,226**
K3.4	82,37	81,56	0,81	5	0,162	0,219
K3.5	96,24	95,42	0,82	5	0,164	0,221
Nilai Rata-Rata						**0,217**

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV15 (15% ASKM)

Kode Sampel (PV15)	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K4.1	93,08	92,39	0,69	5	0,138	0,190
K4.2	93,52	92,75	0,77	5	0,154	0,209
K4.3	100,96	100,29	0,67	5	0,134	0,185
K4.4	88,82	88,04	0,78	5	0,156	**0,212**
K4.5	96,02	95,37	0,65	5	0,130	0,181
Nilai Rata-Rata						**0,195**

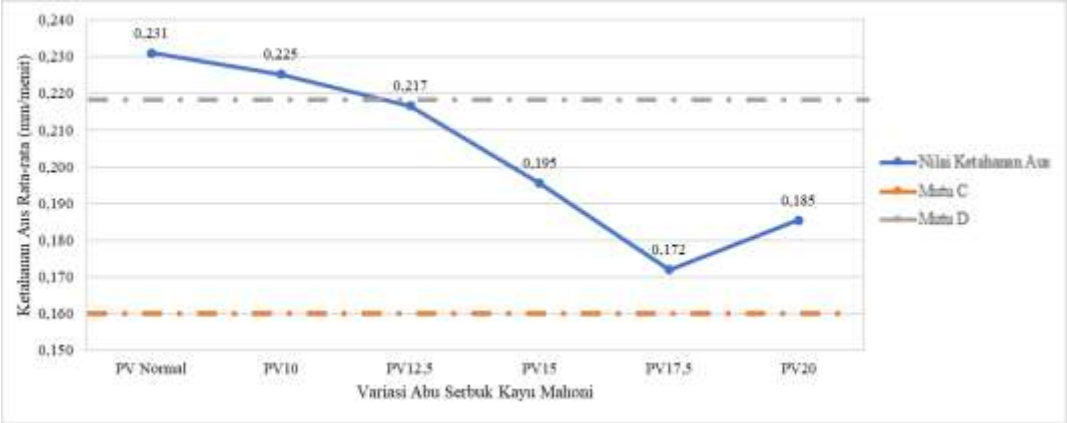
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% ASKM)

Kode Sampel (PV17,5)	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K5.1	106,09	105,44	0,65	5	0,130	**0,181**
K5.2	99,46	98,82	0,64	5	0,128	0,178
K5.3	86,49	85,91	0,58	5	0,116	0,164
K5.4	94,50	93,93	0,57	5	0,114	0,161
K5.5	95,26	94,63	0,63	5	0,126	0,176
Nilai Rata-Rata						**0,172**

Tabel 5.27 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi PV20 (20% ASKM)

Kode Sampel (PV20)	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K6.1	95,84	95,18	0,66	5	0,132	0,183
K6.2	100,56	99,85	0,71	5	0,142	**0,195**
K6.3	99,70	99,06	0,64	5	0,128	0,178
K6.4	85,03	84,34	0,69	5	0,138	0,190
K6.5	88,89	88,24	0,65	5	0,130	0,181
Nilai Rata-Rata						**0,185**

Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil pengujian ketahanan aus *paving block* di atas kemudian dapat dibuat grafik nilai ketahanan aus rata-rata dan nilai ketahanan aus minimum yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Hasil Uji Ketahanan Aus Rata-rata *Paving Block*



Gambar 5.6 Grafik Hasil Uji Ketahanan Aus Minimum *Paving Block*

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, grafik rata-rata, dan grafik minimum hasil pengujian ketahanan aus, maka dapat dilakukan penggolongan klasifikasi mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.28 sebagai berikut.

Tabel 5.28 Klasifikasi Mutu Ketahanan Aus *Paving Block*

Variasi	ASKM (%)	Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Ketahanan Aus Minimum (mm/menit)	SNI 03-0691-1996		Fungsi *Paving Block*
				Mutu	Ketahanan Aus Minimum (mm/menit)	
PV Normal	0	0,231	0,236	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
PV10	10	0,225	0,233	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
PV12,5	12,5	0,217	0,226	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
PV15	15	0,195	0,212	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
PV17,5	17,5	0,172	0,181	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
PV20	20	0,185	0,195	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain

Hasil pengujian ketahanan aus *paving block* sesuai pada Tabel 5.26 diperoleh nilai rata-rata ketahanan aus benda uji pada variasi normal sebesar 0,231 mm/menit sehingga masuk ke dalam kategori mutu D sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-0691-1996 mengenai standar mutu *paving block*. Hasil pengujian benda uji *paving block* variasi PV10 dengan penambahan abu serbuk kayu mahoni 10% mengalami penurunan ketahanan aus dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,225 mm/menit yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV12,5 masih mengalami penurunan ketahanan aus dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,217 mm/menit yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV15 masih mengalami penurunan ketahanan aus dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,195 mm/menit yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV 17,5 masih mengalami penurunan ketahanan aus dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,172 mm/menit yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV20 mulai mengalami peningkatan ketahanan aus dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,185 mm/menit yang memenuhi kategori mutu D. Penurunan terbesar terdapat pada variasi PV17,5 dengan kadar abu serbuk kayu mahoni 17,5% dengan nilai

ketahanan aus sebesar 0,172 mm/menit atau menurun 25,6% dari *paving block* normal. Kenaikan nilai ketahanan aus menandakan penurunan kualitas *paving block*, sedangkan penurunan nilai ketahanan aus menandakan peningkatan kualitas *paving block*.

Penurunan nilai ketahanan aus ini bisa disebabkan oleh penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti semen yang tidak berlebihan. Dengan menggunakan abu serbuk kayu mahoni dalam proporsi yang tepat, porositas atau ruang kosong pada *paving block* dapat terisi dengan baik karena partikel abu serbuk kayu mahoni memiliki ukuran yang sangat halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm), sehingga dapat menjadi pengisi antara partikel-partikel yang membentuk mortar tanpa membentuk ikatan tambahan yang tidak diinginkan. Penurunan nilai ketahanan aus pada *paving block* tidak terjadi secara terus menerus seiring dengan variasi yang lebih besar, melainkan hanya mencapai nilai ketahanan aus optimum pada *paving block* dengan variasi PV17,5.

Setelah mencapai nilai ketahanan aus terendah pada variasi PV17,5, terjadi peningkatan nilai ketahanan aus pada variasi PV20. Peningkatan nilai ketahanan aus pada variasi PV20 dapat disebabkan oleh penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen yang berlebihan. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang terlalu banyak dapat menyebabkan pembentukan ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Ikatan ini merupakan ikatan antar partikel abu serbuk kayu mahoni sendiri pada permukaan *paving block*. Dengan demikian, ikatan tambahan ini memudahkan proses keausan *paving block*, sehingga nilai keausan *paving block* meningkat.

5.4.3 Penyerapan Air *Paving Block*

Benda uji yang digunakan adalah *paving block* standar dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm tanpa pemotongan. Jumlah benda uji *paving block* yang digunakan pada pengujian penyerapan air yaitu 5 buah benda uji untuk setiap variasi. Contoh analisis perhitungan uji penyerapan air *paving block* sampel variasi PV10 dengan kandungan abu serbuk kayu mahoni 10% sebagai substitusi semen dengan kode sampel P2.1 sebagai berikut.

Berat basah = 2272 gram

Berat kering = 2103 gram

Penyerapan air $= \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\%$

$= \frac{2272-2103}{2103} \times 100\%$

= 8,036 %

Setelah mendapatkan seluruh nilai penyerapan air *paving block* pada variasi PV10, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata penyerapan air pada variasi tersebut. Perhitungan rata-rata penyerapan air variasi PV10 adalah sebagai berikut.

Penyerapan air rata-rata $= \frac{\Sigma \text{ Nilai Penyerapan Air}}{\text{Jumlah Sampel}}$

$= \frac{8,036+9,828+8,057+8,643+9,850}{5}$

= 8,883 %

Hasil pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.29 Sampai dengan Tabel 5.34 Berikut.

Tabel 5.29 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Normal (0% ASKM)

Kode Sampel (PV Normal)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
N1	2524	2295	9,978
N2	2476	2251	**9,996**
N3	2491	2302	8,210
N4	2494	2305	8,200
N5	2444	2225	9,843
Nilai Rata-Rata			**9,245**

Tabel 5.30 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV10 (10% ASKM)

Kode Sampel (PV10)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P2.1	2272	2103	8,036
P2.2	2369	2157	9,828
P2.3	2280	2110	8,057
P2.4	2250	2071	8,643
P2.5	2275	2071	**9,850**
Nilai Rata-Rata			**8,883**

Tabel 5.31 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% ASKM)

Kode Sampel (PV12,5)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P3.1	2283	2099	**8,766**
P3.2	2274	2102	8,183
P3.3	2303	2124	8,427
P3.4	2309	2138	7,998
P3.5	2334	2165	7,806
Nilai Rata-Rata			**8,236**

Tabel 5.32 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV15 (15% ASKM)

Kode Sampel (PV15)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P4.1	2399	2217	**8,209**
P4.2	2402	2227	7,858
P4.3	2401	2230	7,668
P4.4	2384	2225	7,146
P4.5	2371	2196	7,969
Nilai Rata-Rata			**7,770**

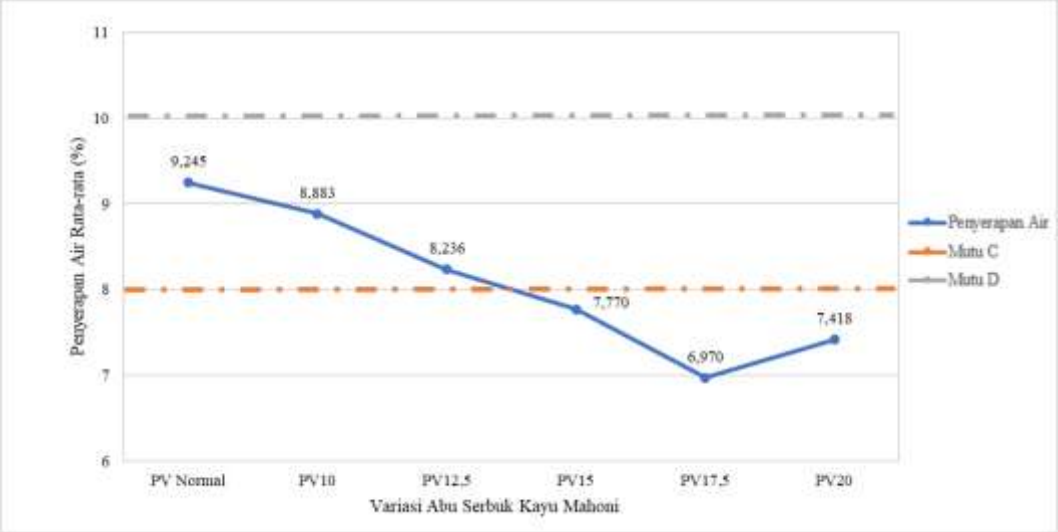
Tabel 5.33 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% ASKM)

Kode Sampel (PV17,5)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P5.1	2460	2298	7,050
P5.2	2341	2192	6,797
P5.3	2397	2246	6,723
P5.4	2553	2380	**7,269**
P5.5	2381	2225	7,011
Nilai Rata-Rata			**6,970**

Tabel 5.34 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi PV20 (20% ASKM)

Kode Sampel (PV20)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P6.1	2482	2303	**7,772**
P6.2	2435	2273	7,127
P6.3	2465	2292	7,548
P6.4	2402	2240	7,232
P6.5	2450	2281	7,409
Nilai Rata-Rata			**7,418**

Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil pengujian penyerapan air *paving block* di atas kemudian dapat dibuat grafik nilai penyerapan air rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Grafik Hasil Uji Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block*

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan grafik rata-rata hasil pengujian penyerapan air, maka dapat dilakukan penggolongan klasifikasi mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.35 sebagai berikut.

Tabel 5.35 Klasifikasi Mutu Penyerapan Air *Paving Block*

Variasi	ASKM (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	SNI 03-0691-1996		Fungsi *Paving Block*
			Mutu	Penyerapan Air Rata-rata maks. (%)	
PV Normal	0	9,245	D	10	Taman dan Penggunaan Lain
PV10	10	8,883	D	10	Taman dan Penggunaan Lain
PV12,5	12,5	8,236	D	10	Taman dan Penggunaan Lain
PV15	15	7,770	C	8	Pejalan kaki
PV17,5	17,5	6,970	C	8	Pejalan kaki
PV20	20	7,418	C	8	Pejalan kaki

Hasil pengujian penyerapan air *paving block* sesuai pada Tabel 5.26 diperoleh nilai rata-rata penyerapan air benda uji pada variasi normal sebesar 9,245% sehingga masuk ke dalam kategori mutu D sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-0691-1996 mengenai standar mutu *paving block*. Hasil pengujian benda uji *paving*

block variasi PV10 dengan penambahan abu serbuk kayu mahoni 10% mengalami penurunan penyerapan air dengan nilai rata-rata penyerapan air sebesar 8,883% yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV12,5 masih mengalami penurunan penyerapan air dengan nilai rata-rata penyerapan air sebesar 8,236% yang memenuhi kategori mutu D. Variasi PV15 masih mengalami penurunan penyerapan air dengan nilai rata-rata penyerapan air sebesar 7,770% yang memenuhi kategori mutu C. Variasi PV 17,5 masih mengalami penurunan penyerapan air dengan nilai rata-rata penyerapan air sebesar 6,970% yang memenuhi kategori mutu C. Variasi PV20 mulai mengalami peningkatan penyerapan air dengan nilai rata-rata penyerapan air sebesar 7,418% yang memenuhi kategori mutu C. Penurunan terbesar terdapat pada variasi PV17,5 dengan kadar abu serbuk kayu mahoni 17,5% dengan nilai penyerapan air sebesar 6,970% atau menurun 24,6% dari *paving block* normal. Peningkatan nilai penyerapan air menandakan penurunan kualitas *paving block*, sedangkan penurunan nilai penyerapan air menandakan peningkatan kualitas *paving block*.

Pada *paving block* normal, nilai penyerapan air rata-rata mencapai 9,245%, yang merupakan angka tertinggi dibandingkan dengan penyerapan air rata-rata *paving block* yang menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen. Hal tersebut dapat terjadi karena tanpa adanya abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen, mengakibatkan porositas atau ruang kosong pada *paving block* tetap besar. Dalam kondisi tersebut, ikatan antara material hanya terjadi antara semen dan pasir. Karena tidak ada penggantian sebagian semen dengan abu serbuk kayu mahoni, mengakibatkan ruang kosong di dalam *paving block* tetap tidak terisi, sehingga *paving block* memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi.

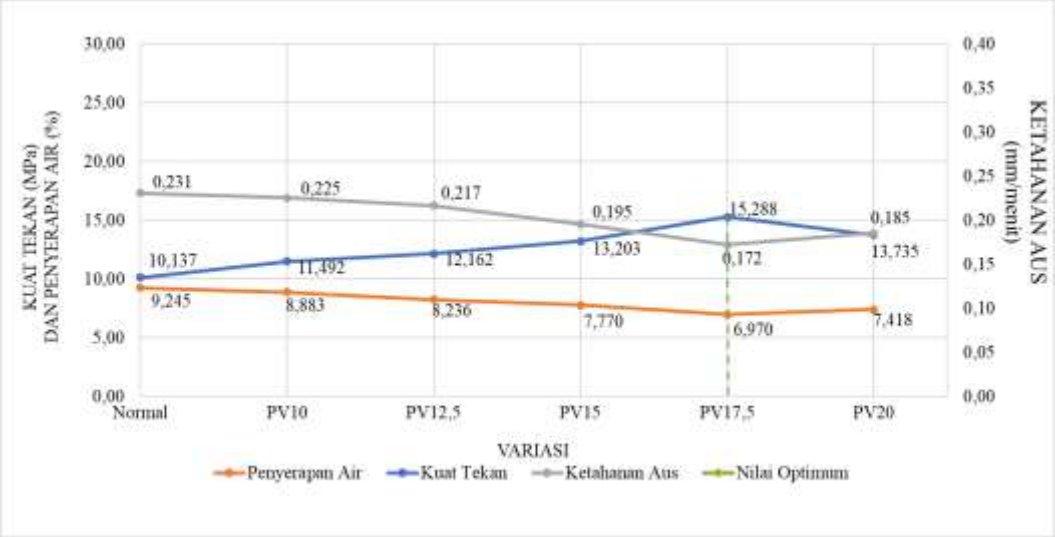
Penurunan nilai penyerapan air pada variasi PV10 hingga PV17,5 disebabkan oleh adanya pengaruh silika, selulosa, dan hemiselulosa pada abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Abu serbuk kayu mahoni mengandung silika, yang merupakan komponen utama dalam pembuatan semen, dan berperan sebagai pengisi antara partikel-partikel mortar karena ukurannya yang sangat kecil (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm).

Akibatnya, porositas atau ruang kosong dalam *paving block* berkurang, sehingga membuat *paving block* lebih kedap terhadap air. Akibatnya, nilai penyerapan air *paving block* menurun. Selain silika, abu serbuk kayu mahoni juga mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kedua komponen ini akan terserap pada permukaan mineral atau partikel, memberikan tambahan kekuatan ikatan antar partikel karena sifat adhesi dan dispersi, serta menghambat difusi atau percampuran air dalam material karena sifat hidrofobiknya (Gargulak dkk., 2001). Penurunan nilai kuat tekan *paving block* tidak terjadi secara terus menerus seiring dengan variasi yang lebih besar, melainkan hanya mencapai nilai penyerapan air terendah pada *paving block* dengan variasi PV17,5.

Setelah mencapai nilai penyerapan air terendah pada variasi PV17,5, terjadi peningkatan nilai penyerapan air pada variasi PV20. Peningkatan nilai penyerapan air pada variasi PV20 dapat disebabkan oleh penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai pengganti sebagian semen yang berlebihan. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang terlalu banyak dapat menyebabkan pembentukan ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Ikatan baru ini terjadi antara partikel abu serbuk kayu mahoni karena kandungan karbon yang tinggi dalam abu tersebut, dimana karbon sebagai komponen grafit cenderung memiliki ikatan yang lemah antar partikelnya. Bahkan, ikatan ini lebih lemah daripada ikatan antara karbon dan mortar (Abdullah dkk, 2009). Dengan demikian, ikatan tambahan ini memudahkan proses penyerapan air *paving block*, sehingga nilai penyerapan air *paving block* meningkat.

5.5 Pengaruh Abu Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Substitusi Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block*

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka didapatkan mutu *paving block* sesuai dengan pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air pada setiap variasinya. Hasil lengkap dari pengujian ini dirangkum dalam grafik rekapitulasi hasil pengujian *paving block* yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 sebagai berikut.



Gambar 5.8 Grafik Rekapitulasi Hasil Pengujian *Paving Block*

Dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen pada *paving block* memengaruhi mutu *paving block*. Pengujian mutu ini melibatkan pengujian kuat tekan, keausan, dan penyerapan air.

Secara umum, semakin besar nilai kuat tekan pada *paving block*, maka nilai penyerapan airnya semakin kecil. Hubungan ini dapat dilihat melalui grafik rekapitulasi hasil pengujian *paving block* diatas yang menggambarkan korelasi antara kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air pada *paving block*.

Tanpa menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen, *paving block* akan memiliki porositas atau ruang kosong yang besar. Selain itu, ikatan yang terbentuk hanya antara pasir dan semen. Abu serbuk kayu mahoni mengandung silika, yang juga digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan semen. Selain berfungsi sebagai pengganti sebagian semen karena kandungan silika, abu serbuk kayu mahoni juga bertindak sebagai pengisi antara partikel pembentuk mortar karena ukurannya yang halus. Hal ini mengakibatkan berkurangnya porositas atau ruang kosong dalam *paving block* yang membuatnya lebih padat, sehingga menyebabkan kekuatan paving block meningkat.

Selain silika, abu serbuk kayu mahoni juga mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kedua komponen ini akan terserap pada permukaan mineral atau

partikel, memberikan tambahan kekuatan ikatan antar partikel karena sifat adhesi dan dispersi, serta menghambat difusi atau percampuran air dalam material karena sifat hidrofobiknya (Gargulak dkk., 2001). Akibatnya, nilai kuat tekan *paving block* meningkat dan penyerapan air menurun sampai mencapai nilai optimum pada *paving block* dengan variasi 17,5%.

Setelah mencapai nilai kuat tekan optimum pada *paving block* dengan variasi PV17,5, terjadi penurunan nilai kuat tekan pada *paving block* dengan variasi Semakin banyak abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen dalam pembuatan *paving block*, maka kadar silika yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* juga semakin tinggi. Kadar silika berlebih yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* ini dapat menyebabkan reaksi alkali silika. Reaksi ini terjadi ketika kandungan silika aktif dalam agregat berinteraksi dengan alkali dalam semen, membentuk suatu gel alkali silika yang melapisi butiran-butiran agregat. Gel ini terjebak di antara pasta semen, dan karena adanya pemuaian, dapat menyebabkan munculnya tegangan internal yang mengakibatkan retakan atau bahkan kerusakan pasta semen sehingga *paving block* menjadi rapuh (Chandra, 2013).

Penggunaan abu serbuk kayu mahoni terlalu banyak juga dapat menyebabkan pembentukan ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Ikatan baru ini terjadi antara partikel abu serbuk kayu mahoni karena kandungan karbon yang tinggi dalam abu tersebut, dimana karbon sebagai komponen grafit cenderung memiliki ikatan yang lemah antar partikelnya. Bahkan, ikatan ini lebih lemah daripada ikatan antara karbon dan mortar (Abdullah dkk, 2009). Dengan adanya ikatan baru ini, kekuatan mortar menjadi berkurang, dan porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* juga bertambah, sehingga menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dan peningkatan nilai penyerapan air *paving block*.

Nilai ketahanan aus *paving block* dipengaruhi oleh seberapa halus butiran agregat penyusunnya. Semakin halus butiran agregat penyusun *paving block*, maka nilai keausannya juga semakin besar. Hal ini dapat dilihat melalui grafik rekapitulasi hasil pengujian *paving block* di atas.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai dampak ukuran butiran agregat terhadap nilai kuat tekan dan penyerapan air, hal ini juga berlaku pada nilai ketahanan aus *paving block*. Dengan penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang tidak berlebihan, porositas atau ruang kosong pada *paving block* dapat diisi dengan baik karena abu tersebut memiliki butiran yang sangat halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm) sehingga dapat menjadi pengisi antara partikel-partikel pembentuk mortar tanpa membentuk ikatan tambahan selain ikatan antara pasir, semen, dan abu serbuk kayu mahoni. Akibatnya, terjadi peningkatan nilai kuat tekan, penurunan nilai penyerapan air, dan penurunan nilai ketahanan aus hingga mencapai variasi optimum (*paving block* dengan variasi 17,5%).

Seperti halnya dengan nilai kuat tekan dan penyerapan air, penggunaan abu serbuk kayu mahoni secara berlebihan juga berdampak terhadap nilai ketahanan aus. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang berlebihan mengakibatkan pembentukan ikatan tambahan selain ikatan antara pasir, semen, dan abu serbuk kayu mahoni, yakni ikatan antar partikel abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Akibatnya, ikatan tambahan yang terdapat pada permukaan *paving block* dapat memudahkan proses pengausan, sehingga nilai ketahanan aus *paving block* meningkat.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block* didapatkan nilai optimum pada variasi yang sama yaitu paving pada variasi PV17,5 dengan kadar abu serbuk kayu mahoni 17,5%. Rekapitulasi klasifikasi mutu *paving block* dengan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5.36 Rekapitulasi Mutu *Paving Block*

Variasi	Abu Serbuk Kayu Mahoni (%)	Klasifikasi Mutu *Paving Block*		
		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
PV Normal	0	D	D	D
PV10	10	D	D	D
PV12,5	12,5	D	D	D
PV15	15	D	D	C
PV17,5	17,5	C	D	C
PV20	20	D	D	C

Dapat dilihat pada Tabel 5.27 rekapitulasi mutu *paving block* menunjukkan bahwa kadar variasi penambahan abu serbuk kayu mahoni mempengaruhi klasifikasi mutu yang dihasilkan oleh *paving block*. Mutu tertinggi yang dihasilkan berdasarkan pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air terdapat pada variasi PV17,5 dengan kandungan abu serbuk kayu mahoni 17,5% sebagai substitusi sebagian semen, yaitu pengujian kuat tekan mencapai mutu C, pengujian ketahanan aus mencapai mutu D, dan pengujian penyerapan air mencapai mutu C, sehingga *paving block* dapat dinyatakan memenuhi mutu D yang merupakan mutu terendah dari variasi PV17,5 yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Hal ini disebabkan oleh penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang tepat dan tidak berlebihan sebagai substitusi sebagian semen pada *paving block*. Dengan demikian, tidak terjadi reaksi alkali silika dan tidak terbentuk ikatan tambahan yang dapat menurunkan mutu *paving block*.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian terkait penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen dalam *paving block*, sesuai dengan ketentuan SNI 03-0691-1996, diperoleh kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut.

1. Pengaruh substitusi sebagian semen dengan abu serbuk kayu mahoni terhadap kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air *paving block* sebagai berikut:
   a. Kuat tekan

      Penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen pada campuran *paving block* dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* dengan kadar sebesar 10%, 12,5%, 15%, dan 17,5%, tetapi mengalami penurunan nilai kuat tekan pada kadar 20%. Berdasarkan pengujian *paving block* normal, didapatkan hasil nilai kuat tekan sebesar 10,137 MPa. Peningkatan terbesar terdapat pada kadar 17,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 15,288 MPa atau meningkat 51% dari *paving block* normal.

   b. Ketahanan aus

      Penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen pada campuran *paving block* dapat menurunkan nilai ketahanan aus *paving block* dengan kadar sebesar 10%, 12,5%, 15%, dan 17,5%, tetapi mengalami peningkatan nilai ketahanan aus pada kadar 20%. Berdasarkan pengujian *paving block* normal, didapatkan hasil nilai ketahanan aus sebesar 0,231 mm/menit. Penurunan terbesar terdapat pada kadar 17,5% dengan nilai ketahanan aus sebesar 0,172 mm/menit atau menurun 25,6% dari *paving block* normal.

c. Penyerapan Air

Penggunaan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen pada campuran *paving block* dapat menurunkan nilai ketahanan aus *paving block* dengan kadar sebesar 10%, 12,5%, 15%, dan 17,5%, tetapi mengalami peningkatan nilai penyerapan air pada kadar 20%. Berdasarkan pengujian *paving block* normal, didapatkan hasil nilai penyerapan air sebesar 9,245%. Penurunan terbesar terdapat pada kadar 17,5% dengan nilai penyerapan air sebesar 6,970% atau menurun 24,6% dari *paving block* normal.

2. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai optimal kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yakni pada variasi PV17,5. Pada variasi ini, nilai kuat tekan mencapai 15,288 MPa, ketahanan aus sebesar 0,172 mm/menit, dan penyerapan air sebesar 6,970 % sehingga masuk ke dalam kategori mutu D untuk taman dan penggunaan lainnya.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya. Berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Penelitian selanjutnya dapat dicoba beberapa nilai faktor air semen agar didapat mutu yang direncanakan tanpa mengurangi nilai *workability*.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan perbandingan semen dan pasir, untuk mencapai mutu *paving block* yang lebih baik.
3. Pemanfaatan bahan tambah dapat lebih bervariasi dengan menggunakan bahan tambah lain maupun memanfaatkan limbah jika memungkinkan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M., Sonya, A. D., Nuryadin, B. W., Marully, A. R., Khairuddin dan Khairurrijal. 2009. Sintesis Keramik Berbasis Komposit Clay-Karbon dan Karakterisasi Kekuatan Mekaniknya. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, Vol. 2 No. 2. Bandung.

Adi Chandra, R. 2013. Kajian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Penambahan Abu Bonggol Jagung Sebagai Zat Additive. *Tugas Akhir*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.

Ahmad, Z. 2020. Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Pasir Dalam Pembuatan Paving Block. *Doctoral Dissertation*. Universitas Muhammadiyah Mataram. Nusa Tenggara Barat.

Aji, A. R. 2022. Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Dan Penyerapan Air Pada Paving Block. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Amrussalam, A., & Ariyanti, F. 2022. Pendampingan Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Dalam Memperoleh Value Added Yang Bernilai Ekonomis. *Jurnal Abdimas ADPI Sains Dan Teknologi*, 3(1), 47-53.

Ansori, M. 2018. Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan, Porositas Dan Beban Impact Paving Block The Effect Of Wood Ashes Addition Toward Pressure Power, Porosity And Load Strength Impact Of Paving Block. *Doctoral Dissertation*. Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat.

Asmarani, F. A. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Limbah Serbuk Kayu Jati Terhadap Kuat Tekan Beton. *Doctoral Dissertation.* Universitas Pancasakti Tegal.

Erlina, E., & Suryanto, S. 2021. Analisis Kualitas Paving Hasil Home Industry Di Berbagai Daerah (Studi Kasus: Sleman, Bantul Dan Kota Yogyakarta). *CivETech*. 3(2), 1-10. Universitas Cokroaminoto Yogyakarta. Yogyakarta.

Gargulak, J.D., Bushar, L.L. dan Sengupta, A.K. 2001. *Ammoxidized*

Lignosulfonate Cement Dispersant. US-Patent: US 6,238,475 B1.

Harsono, H. 2002. Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 3 No. 2. Jawa Timur.

Indonesia, B. S. N. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.

Indonesia, B. S. N. 1996. *Bata beton (Paving block)*. Badan Standardisasi Nasional. Bandung.

Irfan, R. 2023. Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis) Sebagai Bahan Campuran Dalam Pembuatan Paving Block Porous. *Tugas Akhir*. Universitas Lampung. Lampung.

Lehninger, L. Albert, L. N. David. dan M. C. Michael. 2000. Lehninger Principles of Biochemistry. *Worth Publisher*. New York.

Muhamad, A. N. 2022. Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu Paving Block (The Partial Subtitution Effect Of Cement Using Combusted Mahoni Wood Powder Ash On The Paving Block Quality). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Mujahidin, M. N. 2013. Pengaruh Pemasangan Baut Di Sisi Muka Terhadap Daya Dukung Sambungan Gigi Pada Konstruksi Kuda-Kuda Kayu. *Doctoral dissertation*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

Musrifani, M. (2023). Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Sebagai Bahan Campuran Paving Block Ditinjau Dari Kuat Tekan. *Doctoral Dissertation*. Universitas Islam Kalimantan Mab. Kalimantan.

Nadia, N., & Fauzi, A. 2011. Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Jurnal Konstruksia*, 3(1). Jakarta.

Naelufar, A. 2014. Zat Ekstraktif Kayu Mahoni (Swietenia Macrophylla King) dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kalor. *Tugas Akhir*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Nasional, B. S. 2004. *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. BSN. Jakarta.

Neville, A. M. 2011. *Properties of Concrete. British Library*. London.

Pari, G., & Hartoyo, H. 1990. Analisis Kimia 9 Jenis Kayu Indonesia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 7(4), 130-133. Bogor.

Puspita, A. C. 2023. Pengaruh Penambahan Abu Kayu Mahoni Terhadap Karakteristik Paving Block. *Doctoral dissertation*. Universitas Siliwangi. Siliwangi.

Qiram, I., Widhiyanuriyawan, D. dan Wijayanti, W. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla) Pada Rotary Kiln. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 6 No. 1. Malang.

Rifqi, M. G., Amin, M. S. U., & Lesmana, Y. I. (2018). Karakteristik Paving Berongga Menggunakan Material Batu Kali Bulat Berbasis Ramah Lingkungan. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, *20*(1).

Ruswanto, T. A., & Budi Setiawan, S. T. 2017. Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Jati terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada *Paving Block. Doctoral dissertation*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

SK SNI-S-04-1989-F. *Metode Pengujian Kadar Lumpur Agregat*. Pustran Balitbang PU. Jakarta.

SNI. 1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-1968-1990.

SNI. 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-4142-1996.

SNI. 1998. *Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara dalam Agregat.* Standar Nasional Indonesia. SNI 03-4804-1998.

Soeparno. 1993. *Pengaruh Tekanan Waktu Kempa dan Jenis Serbuk Pada Pembuatan Arang Gergajian Terhadap Rendemen dan Nilai Panas*. Laporan Penelitian. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Standar Nasional Indonesia. 1989. SNI 03-0349-1989 *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standar Nasional. Bandung.

Standar Nasional Indonesia. 2002. SNI 03-6820-2002 *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen*. Badan Standar Nasional. Bandung.

Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-2049-2004 *Semen Portland*. Badan Standar Nasional. Bandung.

Tjokrodimuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan



Gambar L-1.1 Sekop



Gambar L-1.2 Saringan Agregat Halus



Gambar L-1.3 Timbangan



Gambar L-1.4 Ember



Gambar L-1.5 *Mixer*



Gambar L-1.6 Mesin *Press Paving Block*



Gambar L-1.7 Mesin Pemotong



Gambar L-1.8 Alat Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-1.9 Alat Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-1.10 Oven

Lampiran 2 Gambar Bahan



Gambar L-2.1 Agregat Halus (Pasir Merapi)



Gambar L-2.2 Semen *Portland*



Gambar L-2.3 Abu Serbuk Kayu Mahoni



Gambar L-2.4 Air

Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Perawatan Benda Uji *Paving Block*



Gambar L-3.1 Proses Pencampuran Bahan Penyusun *Paving Block*



Gambar L-3.2 Proses Pencetakan *Paving Block*



Gambar L-3.3 Hasil Pencetakan *Paving Block*



Gambar L-3.4 Proses Perendaman *Paving Block*



Gambar L-3.5 Proses Pengeringan *Paving Block*

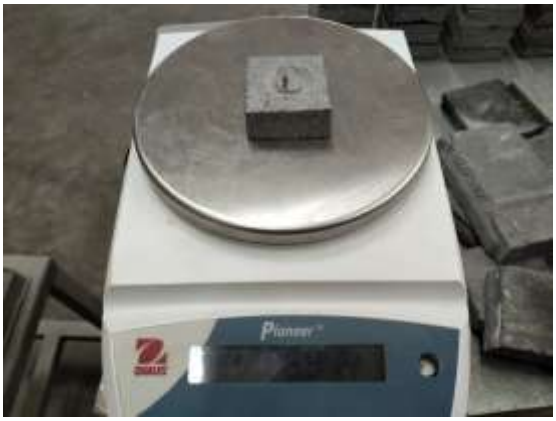
Lampiran 4 Gambar Proses Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



Gambar L-4.1 Gambar Proses Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



Gambar L-4.2 Proses Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*



Gambar L-4.3 Proses Penimbangan Uji Ketahanan Aus *Paving Block*



Gambar L-4.4 Proses Perendaman Uji Penyerapan Air *Paving Block*



Gambar L-4.5 Proses Penimbangan Setelah Proses Perendaman Uji Penyerapan Air *Paving Block*



Gambar L-4.6 Proses Pengovenan Uji Penyerapan Air *Paving Block*



Gambar L-4.7 Proses Penimbangan Berat Sesudah Proses Pengovenan Uji Penyerapan Air *Paving Block*

Lampiran 5 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 30/ Ka.Lab/60/LBKT/II/2024

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama	: MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.ENG.
NIK	: 185111302
Jabatan Struktural	: Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Tenik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: ALRYA MEIDYANTOKO
N I M	: 19511065
Program Studi	: S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Astriana Hardawati, S. T., M. Eng.
Instansi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SERBUK KAYU MAHONI SEBAGAI CAMPURAN PAVING BLOCK"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya *).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 23 Januari 2024

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

Malik Mushthofa, S. T., M. En

Disahkan oleh :
Manajer Laboratorium Jur. Tek. Sipil

Ir. Berlian Kushari, S. T., M.Eng. IPM., ASEAN. Eng

*) Nota/bukti transfer terlampir

Lampiran 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14.4 Telp. (0274) 898471 ekst 3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Alrya Meidyantoko

NIM : 19511065

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi Normal (0% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Dimensi			Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
N1	62,400	63,650	60,550	3971,760	4375	10,806
N2	63,450	60,400	58,500	3832,380	4100	10,495
N3	61,850	62,100	59,950	3840,885	3825	9,769
N4	63,500	63,600	58,300	4038,600	3800	9,230
N5	63,300	61,450	57,550	3889,785	4025	10,151
N6	63,900	63,700	62,200	4070,430	4955	11,942
N7	62,100	61,300	59,300	3806,730	4000	10,308
N8	63,700	63,100	59,100	4019,470	3900	9,518
N9	63,900	63,600	61,550	4064,040	3825	9,233
N10	63,250	60,200	63,100	3807,650	3850	9,919
Kuat Tekan Rata-rata						10,137

2. *Paving block* variasi PV10 (10% Abu Serbuk Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Dimensi			Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T2.1	63,950	59,530	61,900	3806,944	4500	11,596
T2.2	63,950	62,300	60,250	3984,085	4750	11,696
T2.3	62,150	62,950	61,550	3912,343	4950	12,412
T2.4	62,850	61,950	60,950	3893,558	4250	10,708
T2.5	61,150	61,550	59,100	3763,783	3900	10,165
T2.6	61,550	62,250	60,950	3831,488	4600	11,778
T2.7	60,550	58,850	60,450	3563,368	4000	11,012
T2.8	63,950	61,550	63,200	3936,123	4750	11,838
T2.9	61,620	62,550	63,050	3854,331	5250	13,362
T2.10	62,700	61,950	61,450	3884,265	4100	10,355
Kuat Tekan Rata-rata						11,492

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

3. *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Dimensi			Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T3.1	61,550	61,450	60,900	3782,248	5600,000	14,525
T3.2	62,350	63,550	61,650	3962,343	4870,000	12,057
T3.3	61,400	62,300	63,600	3825,220	4780,000	12,259
T3.4	63,800	61,300	63,250	3910,940	4880,000	12,241
T3.5	62,650	61,950	61,700	3881,168	4560,000	11,526
T3.6	63,200	61,950	61,850	3915,240	5610,000	14,056
T3.7	63,400	63,900	60,100	4051,260	4550,000	11,018
T3.8	63,550	63,850	62,400	4057,668	5210,000	12,596
T3.9	62,400	63,400	61,500	3956,160	4150,000	10,291
T3.10	61,500	63,350	62,500	3896,025	4390,000	11,054
Kuat Tekan Rata-rata						12,162

4. *Paving Block* Variasi PV15 (15% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Dimensi			Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T4.1	62,500	63,900	63,300	3993,750	5010,000	12,306
T4.2	63,450	61,950	61,750	3930,728	5150,000	12,853
T4.3	62,900	63,700	61,350	4006,730	5320,000	13,025
T4.4	62,200	63,550	62,850	3952,810	5775,000	14,332
T4.5	63,750	60,750	61,600	3872,813	4550,000	11,525
T4.6	63,400	61,850	62,300	3921,290	4625,000	11,570
T4.7	63,900	61,950	62,750	3958,605	4650,000	11,523
T4.8	60,800	60,300	63,850	3666,240	5925,000	15,854
T4.9	63,400	63,200	63,850	4006,880	5575,000	13,649
T4.10	62,450	62,500	61,400	3903,125	6125,000	15,394
Kuat Tekan Rata-rata						13,203

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 ekst.3250 Yogyakarta

5. *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Dimensi			Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T5.1	61,600	60,200	62,300	3708,320	6625,000	17,526
T5.2	61,800	61,600	63,800	3806,880	5225,000	13,464
T5.3	60,250	57,700	63,900	3476,425	5850,000	16,508
T5.4	58,950	59,150	61,200	3486,893	5400,000	15,192
T5.5	60,650	60,950	63,800	3696,618	5775,000	15,326
T5.6	63,200	62,600	61,400	3956,320	5150,000	12,770
T5.7	61,300	61,900	62,950	3794,470	6375,000	16,482
T5.8	62,400	62,950	62,400	3928,080	6900,000	17,232
T5.9	62,550	62,700	63,850	3921,885	5000,000	12,507
T5.10	61,800	60,500	62,450	3738,900	6050,000	15,874
Kuat Tekan Rata-rata						15,288

6. *Paving Block* Variasi PV20 (20% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Dimensi			Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T6.1	61,100	62,100	63,800	3794,310	5750,000	14,866
T6.2	62,700	62,100	61,250	3893,670	5425,000	13,668
T6.3	61,200	60,400	61,750	3696,480	4925,000	13,070
T6.4	61,100	60,950	63,850	3724,045	5325,000	14,027
T6.5	62,900	60,550	60,850	3808,595	5950,000	15,326
T6.6	62,000	60,100	59,700	3726,200	5625,000	14,809
T6.7	61,600	62,850	60,900	3871,560	4400,000	11,149
T6.8	58,900	59,750	63,950	3519,275	4750,000	13,241
T6.9	61,400	61,450	61,600	3773,030	5800,000	15,080
T6.10	60,950	60,450	61,800	3684,428	4550,000	12,115
Kuat Tekan Rata-rata						13,735

Didata,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Diperiksa,
Kepala Laboratorium BKT

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng

Disahkan,
Manajer Laboratorium JTS

Ir. Berlinn Kushari, ST. M. Eng. IPM. ASEAN. Eng

Lampiran 7 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km 14.4 Telp. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Alrya Meidyantoko

NIM : 19511065

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi Normal (0% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
N1	88,61	87,73	0,88	5	0,176	0,236
N2	81,83	80,97	0,86	5	0,172	0,231
N3	91,64	90,77	0,87	5	0,174	0,233
N4	97,93	97,09	0,84	5	0,168	0,226
N5	90,97	90,12	0,85	5	0,170	0,229
Nilai Rata-Rata						0,231

2. *Paving Block* Variasi PV10 (10% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K2.1	85,94	85,12	0,82	5	0,164	0,221
K2.2	83,81	82,94	0,87	5	0,174	0,233
K2.3	78,82	78,01	0,81	5	0,162	0,219
K2.4	88,15	87,32	0,83	5	0,166	0,224
K2.5	90,86	90,01	0,85	5	0,170	0,229
Nilai Rata-Rata						0,225

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 ext. 3250 Yogyakarta

3. *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K2.1	85,94	85,12	0,82	5	0,164	0,221
K2.2	83,81	82,94	0,87	5	0,174	0,233
K2.3	78,82	78,01	0,81	5	0,162	0,219
K2.4	88,15	87,32	0,83	5	0,166	0,224
K2.5	90,86	90,01	0,85	5	0,170	0,229
Nilai Rata-Rata						0,225

4. *Paving Block* Variasi PV15 (15% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K4.1	93,08	92,39	0,69	5	0,138	0,190
K4.2	93,52	92,75	0,77	5	0,154	0,209
K4.3	100,96	100,29	0,67	5	0,134	0,185
K4.4	88,82	88,04	0,78	5	0,156	0,212
K4.5	96,02	95,37	0,65	5	0,130	0,181
Nilai Rata-Rata						0,195

5. *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K5.1	106,09	105,44	0,65	5	0,130	0,181
K5.2	99,46	98,82	0,64	5	0,128	0,178
K5.3	86,49	85,91	0,58	5	0,116	0,164
K5.4	94,50	93,93	0,57	5	0,114	0,161
K5.5	95,26	94,63	0,63	5	0,126	0,176
Nilai Rata-Rata						0,172

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 ekst.3250 Yogyakarta

6. *Paving Block* Variasi PV20 (20% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)				
K6.1	95,84	95,18	0,66	5	0,132	0,183
K6.2	100,56	99,85	0,71	5	0,142	0,195
K6.3	99,70	99,06	0,64	5	0,128	0,178
K6.4	85,03	84,34	0,69	5	0,138	0,190
K6.5	88,89	88,24	0,65	5	0,130	0,181
Nilai Rata-Rata						0,185

Didata,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Diperiksa,
Kepala Laboratorium BKT

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng

Disahkan,
Manajer Laboratorium JTS

Ir. Berlian Kushari, ST. M. Eng. IPM. ASEAN. Eng

Lampiran 8 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 ext.3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Alrya Meidyantoko

NIM : 19511065

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi Normal (0% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
N1	2524	2295	9,978
N2	2476	2251	9,996
N3	2491	2302	8,210
N4	2494	2305	8,200
N5	2444	2225	9,843
Nilai Rata-Rata			9,245

2. *Paving Block* Variasi PV10 (10% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P2.1	2272	2103	8,036
P2.2	2369	2157	9,828
P2.3	2280	2110	8,057
P2.4	2250	2071	8,643
P2.5	2275	2071	9,850
Nilai Rata-Rata			8,883

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14.4 Telp. (0274) 898471 ekst.3250 Yogyakarta

3. *Paving Block* Variasi PV12,5 (12,5% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P3.1	2283	2099	8,766
P3.2	2274	2102	8,183
P3.3	2303	2124	8,427
P3.4	2309	2138	7,998
P3.5	2334	2165	7,806
Nilai Rata-Rata			8,236

4. *Paving Block* Variasi PV15 (15% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P4.1	2399	2217	8,209
P4.2	2402	2227	7,858
P4.3	2401	2230	7,668
P4.4	2384	2225	7,146
P4.5	2371	2196	7,969
Nilai Rata-Rata			7,770

5. *Paving Block* Variasi PV17,5 (17,5% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P5.1	2460	2298	7,050
P5.2	2341	2192	6,797
P5.3	2397	2246	6,723
P5.4	2553	2380	7,269
P5.5	2381	2225	7,011
Nilai Rata-Rata			6,970

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks 3250 Yogyakarta

6. *Paving Block* Variasi PV20 (20% Abu Serbuk Kayu Mahoni)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
P6.1	2482	2303	7,772
P6.2	2435	2273	7,127
P6.3	2465	2292	7,548
P6.4	2402	2240	7,232
P6.5	2450	2281	7,409
Nilai Rata-Rata			7,418

Didata,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Diperiksa,
Kepala Laboratorium BKT

Malik Musthofa, S.T., M.Eng

Disahkan,
Manajer Laboratorium JTS

Ir. Berlian Kushari, ST. M. Eng. IPM. ASEAN. Eng

Lampiran 9 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi

Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI
Nomor: 2319203012/Perpus./10/Dir.Perpus/II/2024

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama	: Alrya Meidyantoko
Nomor Mahasiswa	: 19511065
Pembimbing	: Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
Fakultas / Prodi	: Teknik Sipil dan Perencanaan/ TEKNIK SIPIL
Judul Karya Ilmiah	: PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SERBUK KAYU MAHONI SEBAGAI CAMPURAN PAVING BLOCK (EFFECT OF PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT WITH MAHOGANY SAWDUST ASH AS PAVING BLOCK MIXTURE)

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **12 (Dua Belas) %.**

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 3/13/2024
Direktur

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
DIREKTORAT PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

Muhammad Jamil, SIP.