

TUGAS AKHIR

**KOMPARASI MUTU *PAVING BLOCK*
PENAMBAHAN ABU BATU ANTARA METODE
MEKANIS DAN KONVENSIONAL
(*COMPARISON OF THE QUALITY OF PAVING BLOCK
WITH ADDITIONAL STONE DUST BETWEEN THE
MECHANICAL AND CONVENTIONAL METHOD*)**

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



**Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
17511092**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

KOMPARASI MUTU *PAVING BLOCK* PENAMBAHAN ABU BATU ANTARA METODE MEKANIS DAN KONVENSIONAL (*COMPARISON OF THE QUALITY OF PAVING BLOCK WITH ADDITIONAL STONE DUST BETWEEN THE MECHANICAL AND CONVENTIONAL METHOD*)

Disusun Oleh

Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
17511092

Telah diterima sebagai salah satu syarat persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

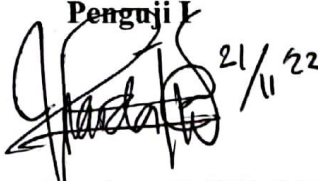
Diuji pada tanggal 02 November 2022

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing


18/11/22
Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
NIK: 155111306

Penguji I


21/11/22
Astria Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji II


Jafar, S.T., M.T.
NIK: 185111305

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil


Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 07 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ridwan Nurcahya H.
(17511092)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Komparasi Mutu *Paving Block* Penambahan Abu Batu Antara Metode Mekanis Dan Konvensional”. Tugas akhir ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, tugas akhir ini dapat terselesaikan. Berkaitan dengan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, nasehat, dan dukungan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir.
3. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, karyawan teknik sipil yang telah memberikan ilmu dan memfasilitasi kegiatan pembelajaran penyusun selama kuliah.
4. Orang tua yang selalu mendoakan dan menjadi motivasi terbesar bagi penulis dalam menuntut ilmu. Terima kasih yang tiada akhir atas semua doa, kasih sayang, kesabaran, dan ketegaran telah membesarkan dan mendidik penulis sehingga menjadi seperti sekarang.
5. Saudara-saudara Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia angkatan 2017 yang telah menjalani masa kuliah, berjuang bersama, saling membantu satu sama lain.

6. Sahabat-sahabat yang terus menjalin silaturahmi serta memberi semangat untuk penulis.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mohon saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak agar tugas akhir ini bisa semakin dekat pada kesempurnaan.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi segenap pembaca dan sebagai bekal untuk pengembangan pengetahuan penulis di masa mendatang.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 07 September 2022

Penulis,



Muhammad Ridwan Nurcahya H.
(17511092)

الجمعة الإسلامية الأندلسية

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Pemanfaatan Abu Batu dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> Dengan Metode Tekanan	5
2.1.2 Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dalam Pembuatan <i>Paving Block</i>	5
2.1.3 Perbandingan Mutu <i>Paving Block</i> Metode Mekanis dan Konvensional Dengan Bahan Campuran Endapan Sampah	6
2.1.4 Pemanfaatan Butiran Keramik dalam Pembuatan <i>Paving Block</i>	6
2.2 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 <i>Paving Block</i>	10
3.1.1 Pengertian <i>Paving Block</i>	10
3.1.2 Syarat dan Mutu <i>Paving Block</i>	10

3.1.3	Klasifikasi <i>Paving Block</i>	11
3.1.4	Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	12
3.1.5	Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	12
3.2	Semen Portland	14
3.3	Agregat Halus	14
3.4	Air	15
3.5	Bahan Tambah	16
3.5.1	Abu Batu	16
3.6	Pangujian <i>Paving Block</i>	17
3.6.1	Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	17
3.6.2	Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	18
3.6.3	Keausan <i>Paving Block</i>	19
BAB IV	METODE PENELITIAN	21
4.1	Bahan Penelitian	21
4.2	Peralatan Penelitian	21
4.3	Benda Uji	22
4.4	Pelaksanaan Penelitian	23
4.4.1	Persiapan Bahan	24
4.4.2	Pembuatan Benda Uji	26
4.4.3	Perawatan dan Pemotongan Benda Uji	28
4.4.4	Pengujian Benda Uji	28
4.5	Tahap Analisis dan Pembahasan	29
4.6	Penarikan Kesimpulan	29
4.7	Bagan Alir Penelitian	30
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
5.1	Tinjauan Umum	32
5.2	Pengujian Propertis Bahan	32
5.2.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	32
5.2.2	Hasil Pengujian Abu Batu	39
5.3	Perhitungan Komposisi Campuran	43
5.4	Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	44
5.4.1	Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	44
5.4.2	Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	48
5.4.3	Komparasi Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	51

5.5	Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	53
5.5.1	Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	53
5.5.2	Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	56
5.5.3	Pembahasan Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	58
5.6	Keausan <i>Paving Block</i>	62
5.6.1	Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	62
5.6.2	Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	65
5.6.3	Komparasi Keausan <i>Paving Block</i>	70
5.7	Rekapitulasi Mutu <i>Paving Block</i>	68
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	72
6.1	Kesimpulan	72
6.2	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA	74
	LAMPIRAN	76



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	8
Tabel 3.1 Persyaratan Mutu <i>Paving Block</i>	10
Tabel 3.2 Mutu K <i>Paving Block</i> berdasarkan Persyaratan Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> pada SNI 03-0691-1996	11
Tabel 3.3 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus	15
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji Pengujian	23
Tabel 4.2 Ukuran Benda Uji Pengujian	23
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus	33
Tabel 5.2 Daerah Gradasi Agregat Halus	35
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	36
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	36
Tabel 5.5 Hasil Lolos Saringan No.200 dalam Agregat Halus	38
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Abu Batu	40
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Batu	41
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu	42
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200 dalam Abu Batu	42
Tabel 5.10 Komposisi Campuran <i>Paving Block</i> Metode Mekanis dan Konvensional	44
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	45
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	46
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i> Metode Mekanis Tiap Variasi Abu Batu	47
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	48
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	49
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i> Metode Konvensional Tiap Variasi Abu Batu	50
Tabel 5.17 Hasil Rekapitulasi Kuat Tekan dan Presentase Kenaikan Tiap Variasi	52
Tabel 5.18 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	54
Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	55

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rerata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i> Metode Mekanis Tiap Variasi Abu Batu	55
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	57
Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	58
Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rerata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i> Metode Konvensional Tiap Variasi Abu Batu	58
Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Penyerapan Air Rerata dan Presentase Kenaikan Tiap Variasi Abu Batu	60
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	62
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Metode Mekanis	63
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Keausan Rerata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i> Metode Mekanis Tiap Variasi Abu Batu	64
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	65
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Metode Konvensional	66
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Keausan Rerata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i> Metode Konvensional Tiap Variasi Abu Batu	67
Tabel 5.31 Hasil Rekapitulasi Keausan Rerata Tiap Variasi	68
Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter Mutu <i>Paving Block</i>	70
Tabel 5.33 Mutu K Rekapitulasi <i>Paving Block</i> berdasarkan Nilai Kuat Tekan	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Mesin <i>Hydraulic Pressure</i>	13
Gambar 3.2 Pencetakan Metode Konvensional	13
Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	17
Gambar 3.4 Sketsa Roda Jarum	19
Gambar 3.4 Mesin Roda Jarum Keausan	20
Gambar 4.1 Prinsip Kerja Metode Mekanis	27
Gambar 4.2 Prinsip Kerja Metode Konvensional	27
Gambar 4.3 Bagan Alir Prosedur Penelitian	31
Gambar 5.1 Nilai Batas Gradasi Agregat Halus Daerah II	35
Gambar 5.2 Nilai Batas Gradasi Abu Batu Daerah II	41
Gambar 5.3 Kuat Tekan Rerata Metode Mekanis	47
Gambar 5.4 Kuat Tekan Rerata Metode Konvensional	50
Gambar 5.5 Komparasi Kuat Tekan Rerata	51
Gambar 5.6 Penyerapan Air Rerata Metode Mekanis	56
Gambar 5.7 Penyerapan Air Rerata Metode Konvensional	59
Gambar 5.8 Komparasi Penyerapan Air Rerata	60
Gambar 5.9 Keausan Rerata Metode Mekanis	64
Gambar 5.10 Keausan Rerata Metode Konvensional	67
Gambar 5.11 Komparasi Keausan Rerata	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian	76
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian	87



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

P	= Beban Maksimum (N atau kN)
L	= Luas Penampang Benda Uji (mm^2)
DSA	= Daya Serap Air (%)
Wb	= Berat Saturasi Jenuh / Basah (gram)
Wk	= Berat Kering (gram)
D	= Keausan (mm/menit)
G	= Kehilangan Berat / Lama Pengausan (gram/menit)
n	= Jumlah Benda Uji
p	= Panjang
l	= Lebar
t	= Tebal
v	= Volume
MHB	= Modulus Halus Butir
Fas	= Faktor Air Semen

ABSTRAK

Salah satu cara pemanfaatan limbah abu batu yang berasal dari pabrik pengelolaan pemecah batu adalah sebagai bahan tambah pembuatan *paving block*. Umumnya *paving block* pembuatannya menggunakan 2 metode, yaitu menggunakan metode mekanis dan metode konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan mutu *paving block* metode mekanis dengan metode konvensional serta pengaruh penambahan persentase abu batu terhadap mutu *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Komposisi campuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1pc:6ps dengan fas 0,40. Variasi penambahan abu batu dalam campuran *paving block* sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir. Metode pembuatan *paving block* secara metode mekanis dan konvensional. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan keausan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan dan penyerapan air *paving block* penambahan abu batu metode mekanis lebih baik dari pada metode konvensional. Nilai kuat tekan tertinggi dengan metode mekanis didapatkan pada variasi abu batu 40%, yaitu sebesar 17,813 MPa tergolong mutu C dan penyerapan air terkecil pada variasi abu batu 40%, yaitu sebesar 5,650% tergolong mutu B. Sedangkan pada metode konvensional didapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi abu batu 40% yaitu sebesar 14,289 MPa tergolong mutu D dan penyerapan air terkecil pada variasi abu batu 40% yaitu sebesar 8,400% tergolong mutu D. Penambahan abu batu pada campuran *paving block* untuk uji keausan tidak dapat memenuhi mutu SNI 03-0691-1996.

Kata kunci: *paving block*, abu batu, kuat tekan, daya serap air, keausan.

ABSTRACT

One way to utilize stone dust waste from the stone crusher management plant is to use it as an additive for the manufacture of paving blocks. Generally, paving blocks are made using two methods: mechanical methods and conventional methods. This research aims to find the comparison of the quality of paving blocks using mechanical methods and conventional methods, and also the effect of adding the percentage of stone dust on the quality of paving blocks in accordance with the SNI 03-0691-1996.

The composition of the mixture used in this research is 1pc:6ps with a w/c ratio 0,40. The variation in the addition of stone dust in the paving block mixture is 0%, 10%, 20%, 30%, and 40% by weight of sand. The methods used are mechanical and conventional. Tests are conducted in the form of compressive strength testing, water absorption, and wear resistance.

The results of this research reveals that the compressive strength and water absorption of paving blocks with stone dust mixture that mechanical method better than conventional methods. The highest compressive strength value by mechanical method was obtained at 40% stone dust variation, which was 17,813 MPa classified as C quality and the minimum water absorption at 40% stone dust variation, which was 5,650% classified as B quality. While the conventional method obtained the highest compressive strength at 40% stone dust variation, which was 14,289 MPa classified as D quality and the minimum water absorption at 40% stone dust variation, which was 8,400% classified as D quality. Addition of stone dust to the paving block mixture for wear resistance test cannot meet the quality of SNI 03-0691-1996.

Keywords: *paving block, stone dust, compressive strength, water absorption, wear resistance.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam bidang konstruksi, *paving block* merupakan salah satu alternatif pilihan lapis perkerasan permukaan tanah yang memiliki beberapa kelebihan, diantaranya yaitu mudah saat pemasangan, mudah saat pemeliharaan, dan ekonomis dari segi harga belinya. Dalam pembuatan *paving block* tidak menutup kemungkinan digunakannya bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu sesuai SNI 03-0691-1996. Salah satu bahan tambah yang bisa dimanfaatkan dalam pembuatan *paving block* adalah abu batu. Abu batu merupakan limbah yang berasal dari pabrik pengelolaan pemecah batu. Tekstur tajam yang dimiliki abu batu akan membuat ikatan dalam campuran beton menjadi kuat, berdasarkan hal tersebut abu batu diharapkan dapat meningkatkan mutu *paving block*.

Umumnya produksi *paving block* menggunakan 2 metode, yaitu menggunakan metode mekanis dan metode konvensional. Metode mekanis yaitu proses pencetakan *paving block* menggunakan bantuan alat *hydraulic pressure* sedangkan metode konvensional yaitu dalam proses pembuatannya bahan-bahan pembentuk *paving block* dipukul secara manual dalam cetakan dengan bantuan tenaga manusia. Sehingga dengan kedua metode tersebut akan menghasilkan mutu *paving block* yang berbeda meskipun menggunakan komposisi penyusun yang sama.

Penelitian mengenai penggunaan abu batu sebagai bahan tambah pembuatan *paving block* pernah dilakukan sebelumnya oleh Nugroho (2020) dari penelitian tersebut menunjukkan penambahan abu batu 30% terhadap berat pasir memiliki nilai kuat tekan 11,14 MPa, hasil tersebut lebih baik dibandingkan dengan *paving block* tanpa penambahan abu batu yaitu sebesar 10,04 MPa. Sedangkan penelitian mengenai komparasi mutu *paving block* dengan metode konvensional

dan metode mekanis pernah dilakukan sebelumnya oleh Pamungkas (2007) dari penelitian tersebut *paving block* metode mekanis dengan substitusi 15% endapan sampah menggantikan pasir menggunakan perbandingan 1pc:3ps menghasilkan kuat tekan yang lebih baik yaitu 197,080 kg/cm² dibandingkan metode konvensional sebesar 132,737 kg/cm² dengan komposisi penyusun yang sama.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti akan melakukan komparasi *paving block* penambahan abu batu dengan interval 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir antara metode mekanis dan metode konvensional ditinjau dari nilai kuat tekan, penyerapan air, dan keausan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini yang menjadi rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana perbandingan nilai kuat tekan dari *paving block* campuran abu batu antara metode mekanis dengan metode konvensional?
2. Bagaimana perbandingan nilai penyerapan air dari *paving block* campuran abu batu antara metode mekanis dengan metode konvensional?
3. Bagaimana perbandingan nilai ketahanan aus dari *paving block* campuran abu batu antara metode mekanis dengan metode konvensional?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui perbandingan nilai kuat tekan *paving block* campuran abu batu antara metode mekanis dan metode konvensional.
2. Mengetahui perbandingan nilai penyerapan air *paving block* campuran abu batu antara metode mekanis dan metode konvensional.
3. Mengetahui perbandingan nilai ketahanan aus *paving block* campuran abu batu antara metode mekanis dan metode konvensional.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan diantaranya sebagai berikut ini.

1. Manfaat bagi penulis:
 - a. Menambah pengetahuan tentang tata cara pengujian *paving block*.
 - b. Menambah pemahaman tentang pengaruh penggunaan abu batu pada *paving block*.
2. Manfaat penelitian bagi pembaca:
 - a. Menambah pengetahuan kepada pembaca tentang ilmu ketekniksipilan, khususnya *paving block*.
 - b. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan atau dikembangkan lebih lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Untuk dapat mencapai tujuan di atas maka dilakukan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut ini.

1. Abu batu yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu yang diperoleh dari limbah pabrik pemecah batu di kawasan Gunung Merapi, Sleman.
2. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari Gunung Merapi.
3. Persentase penambahan limbah abu batu yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat pasir.
4. Perbandingan komposisi semen dan pasir adalah 1pc:6ps dengan faktor air semen (fas) 0,40.
5. Metode pembuatan *paving block* yaitu secara mekanis dan konvensional.
6. Adapun metode pengujian yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi:
 - a. Uji Kuat Tekan
 - b. Uji Penyerapan Air
 - c. Uji Keausan
7. Pengujian dilakukan saat *paving block* sudah memasuki umur 28 hari.

8. Pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia (UII) dan pengujian bahan serta pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi UII.
9. Jenis cetakan *paving block* berupa balok dengan panjang sisi 20 cm, lebar 10 cm dan tebal 6 cm.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan bahan limbah sebagai bahan campur *paving block* atau sejenisnya sebagai referensi data penunjang dalam penelitian ini.

2.1.1 Pemanfaatan Abu Batu dalam Pembuatan *Paving Block* Dengan Metode Tekanan

Nugroho (2020) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan abu batu dalam pembuatan *paving block* dengan metode tekanan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan dan laju penyerapan air, dengan menggunakan campuran abu batu sebanyak 30% dari berat pasir. Pengujian ini menggunakan komposisi campuran semen dan pasir sebesar 1pc:5ps dengan penambahan persentase abu batu sebanyak 0%, 30% terhadap berat pasir dengan variasi tekanan 500 Kg 5 kali tumbukan, tekanan 500 Kg 10 kali tumbukan, tekanan 600 Kg 5 kali tumbukan dan tekanan 600 Kg 10 kali tumbukan. Pada hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan abu batu 30 % dari berat pasir pada *paving block* dengan pembebanan 600 Kg dengan 10 tumbukan menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 11,14 MPa dimana hasil tersebut lebih optimal dibandingkan dengan pembebanan 600 Kg dengan 10 tumbukan tanpa adanya penambahan abu batu yang menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 10,04 MPa.

2.1.2 Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dalam Pembuatan *Paving Block*

Wahyudi dkk. (2017) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh abu batu sebagai bahan pengganti agregat halus dan semen dalam pembuatan *paving block*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kuat tekan *paving block* dengan variasi 5%, 10%, 20%, 30%, dan 40% abu batu

sebagai bahan pengganti serta perbandingan kuat tekan yang dihasilkan dari kombinasi perbandingan volume pasir dan semen 1pc:4ps dan 1pc:6ps. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada variasi abu batu 30%. Pada adukan 1pc:4ps diperoleh nilai kuat tekan 30,66 MPa mengalami peningkatan 4,11 MPa atau 15,47% dari *paving block* tanpa abu batu (0%). Sedangkan Pada adukan 1pc:6ps diperoleh nilai kuat tekan 21,56 MPa mengalami peningkatan 4,98 MPa atau 30,07% dari *paving block* tanpa abu batu (0%).

2.1.3 Perbandingan Mutu *Paving Block* Metode Mekanis dan Konvensional Dengan Bahan Campuran Endapan Sampah

Pamungkas dkk. (2007) telah melakukan penelitian mengenai perbandingan *paving block* metode mekanis dan konvensional dengan bahan endapan sampah sebagai substitusi agregat halus. Penelitian ini menggunakan variasi penambahan endapan sampah sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai kuat tekan *paving block* pada umur 28 hari dengan metode mekanis lebih baik yaitu 197,080 kg/cm² dibandingkan metode konvensional sebesar 132,737 kg/cm² dengan komposisi penambahan 15% endapan sampah.

2.1.4 Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa dalam Pembuatan *Paving Block*

Setiawan (2018) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah arang tempurung kelapa sawit dalam pembuatan *paving block*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik bahan *paving block* dan mengetahui kuat tekan, serapan air akibat penambahan limbah tempurung kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan perbandingan volume semen dan pasir sebesar 1pc:6ps, dengan variasi penambahan limbah arang tempurung kelapa sawit yang sudah dihaluskan sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dengan dari berat semen. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata *paving block* pada umur 28 hari dengan penambahan limbah arang tempurung kelapa sawit mengalami penurunan setiap penambahan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, 25% yaitu 16,476 MPa, 11,988 MPa, 13,337 MPa, 10,729 MPa, 9,186 MPa.

2.2 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan uraian penelitian-penelitian sebelumnya yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Pada penelitian yang akan dilakukan, *paving block* menggunakan bahan tambah abu batu dengan variasi penambahan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir sedangkan pada penelitian Nugroho, (2020) menggunakan abu batu dengan penambahan 30 % dari berat pasir untuk mengetahui kuat tekan *paving block* pada variasi pembebanan dan pukulan.
2. Pada penelitian yang akan dilakukan, abu batu digunakan sebagai bahan tambah sedangkan pada penelitian Wahyudi, dkk. (2017) abu batu digunakan sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan *paving block*.
3. Pada penelitian yang akan dilakukan, komparasi mutu *paving block* dengan metode mekanis dan konvensional menggunakan bahan tambah abu batu sedangkan pada penelitian Pamungkas dkk. (2007) komparasi menggunakan bahan campur endapan pasir.
4. Pada penelitian yang akan dilakukan, abu batu ditambahkan pada campuran *paving block* sedangkan pada penelitian Setiawan (2018) menggunakan limbah tempurung kelapa sawit.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Nugroho (2020)	Wahyudi dkk. (2017)	Pamungkas dkk. (2007)	Setiawan (2018)	Penulis (2022)
Judul	Pemanfaatan Abu Batu dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> Dengan Metode Tekanan.	Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Seman dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> .	Komparasi Mutu <i>Paving Block</i> Antara Metode Mekanis Dan Konvensional Dengan Campuran Endapan Sampah	Potensi Ekonomi Limbah Arang Tempurung Kelapa Sawit Untuk Bahan Tambah <i>Paving Block</i>	Komparasi Mutu <i>Paving Block</i> Penambahan Abu Batu Antara Metode Mekanis Dan Konvensional
Tujuan	Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan kuat tekan dan laju penyerapan air, dengan menggunakan campuran abu batu sebanyak 30% dari berat pasir.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kuat tekan <i>paving block</i> dengan variasi abu batu sebagai bahan kombinasi perbandingan volume pasir dan semen 1pc:4ps dan 1pc:6ps	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komparasi kuat tekan <i>paving block</i> antara metode mekanis dan metode konvensional dengan menggunakan endapan sampah.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik bahan <i>paving block</i> dan mengetahui kuat tekan, serapan air akibat penambahan limbah tempurung kelapa sawit.	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan <i>paving block</i> penambahan abu batu antara metode mekanis dengan metode konvensional.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

Peneliti	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
	Nugroho (2020)	Wahyudi dkk. (2017)	Pamungkas dkk. (2007)	Setiawan (2018)	Penulis (2022)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian dari penelitian ini menunjukkan nilai kuat tekan penambahan abu batu 30% pembebanan 600 kg dengan 10 kali tumbukan, nilai rata-rata 11,14 Mpa. Hasil tersebut lebih optimal dibandingkan 600 kg dengan 10 kali tumbukan tanpa penambahan abu batu yang menghasilkan 10,04 Mpa.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada variasi abu batu 30%. Pada adukan 1pc:4ps nilai kuat tekan 30,66 MPa mengalami peningkatan dari <i>paving block</i> normal (0%). Sedangkan Pada adukan 1pc:6ps nilai kuat tekan 21,56 MPa mengalami peningkatan dari <i>paving block</i> normal (0%).	Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai kuat tekan <i>paving block</i> pada umur 28 hari dengan metode mekanis lebih baik yaitu 197,080 kg/cm ² dibandingkan metode konvensional sebesar 132,737 kg/cm ² dengan komposisi penambahan 15% endapan sampah.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata <i>paving block</i> pada umur 28 hari dengan penambahan limbah arang tempurung kelapa sawit mengalami penurunan setiap penambahan variasi.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi dengan metode mekanis didapatkan pada variasi abu batu 40% yaitu sebesar 17,813 Mpa tergolong mutu C. Sedangkan pada metode konvensional didapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi abu batu 40% yaitu sebesar 14,289 MPa tergolong mutu D.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

3.1.1 *Pengertian Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari semen portland atau campuran bahan hidrolis sejenisnya, air dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak akan mengurangi mutu bata beton itu sendiri.

3.1.2 *Syarat dan Mutu Paving Block*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan mutu *paving block* yang memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut ini.

1. Sifat Tampak

Bata beton harus memiliki permukaan yang rata, tidak retak dan cacat, serta sudut dan rusuknya tidak mudah hancur oleh kekuatan jari.

2. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal minimal 60 mm dengan besaran nilai toleransi $\pm 8\%$.

3. Sifat Fisika

Bata beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisika seperti pada Tabel

3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan Mutu *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan (Mpa)		Keausan (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maksimal (%)
	Rerata	Min	Rerata	Min	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	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

4. Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Bata beton apabila diuji tidak boleh cacat, dan penurunan berat maksimum yang diizinkan adalah 1%.

Mengacu kepada SNI 03-0691-1996, tidak terdapat aturan yang mengatur bagaimana caranya untuk menentukan satu mutu *paving block* berdasarkan parameter kuat tekan, penyerapan air dan keausan yang didapatkan dari hasil pengujian. Menurut Nur (2022) terdapat satu hal yang umum dijumpai mengenai mutu *paving block* yaitu berdasarkan parameter kuat tekannya atau yang disebut mutu K *paving block*. Untuk menentukan mutu K *paving block* digunakan ketentuan nilai kuat tekan *paving block* pada SNI 03-0691-1996 dengan satuan MPa yang dikonversi menjadi satuan kg/cm^2 , seperti pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Mutu K *Paving Block* berdasarkan Persyaratan Nilai Kuat Tekan *Paving Block* pada SNI 03-0691-1996

Kuat Tekan <i>Paving Block</i> SNI 03-0691-1996					Mutu K <i>Paving Block</i>	
Mutu	Rata-rata		Min		Rata-rata	Min
	MPa	Kg/cm^2	MPa	Kg/cm^2		
A	40	400	35	350	K400	K350
B	20	200	17	170	K200	K170
C	15	150	12,5	125	K150	K125
D	10	100	8,5	85	K100	K85

3.1.3 Klasifikasi *Paving Block*

Paving block dibagi menjadi beberapa klasifikasi mutu berdasarkan SNI-03-0691-1996, yaitu:

1. *Paving block* mutu A digunakan untuk jalan.
2. *Paving block* mutu B digunakan untuk area parkir
3. *Paving block* mutu C digunakan untuk pejalan kaki.
4. *Paving block* mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

3.1.4 Bahan Susun *Paving Block*

Kualitas dan mutu *paving block* tergantung pada bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Bahan utama dari *paving block* adalah semen, pasir, air dalam rasio tertentu. Namun ada juga *paving block* yang menggunakan bahan tambah seperti kapur, abu batu, tras, abu sekam dan lain-lain. Perbandingan campuran semen : pasir untuk *paving block* yang umum digunakan berkisar antara 1:4 sampai 1:8 dengan perbandingan air semen antara 0,30 sampai 0,40.

3.1.5 Metode Pembuatan *Paving Block*

Cara pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu:

1. Metode Mekanis

Metode mekanis merupakan metode yang menggunakan mesin *hydraulic pressure* dengan sistem hidrolik. Mansur (2013) dalam Rizal (2017) menyebutkan sistem hidrolik adalah sistem penerusan energi dengan menggunakan fluida cair. Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal. Mesin *hydraulic pressure* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Mesin *Hydraulic Pressure*

2. Metode Konvensional

Pembuatan *paving block* metode ini dilakukan menggunakan tongkat penumbuk dengan sistem pemadatan manual yang berasal dari tenaga manusia. Semakin kuat tenaga yang diberikan dalam pembuatan *paving block* maka akan semakin kuat dan padat pula *paving block* yang dihasilkan. Pencetakan *paving block* metode konvensional dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Pencetakan Metode Konvensional

3.2 Semen Portland

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen Portland disebut juga semen hidrolis karena kemampuan mengikat atau bereaksi dengan air dan mengeras dalam air yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium. Fungsi utama semen adalah untuk mengikat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat sehingga membentuk suatu massa yang padat.

Berdasarkan SNI 2049-2015 sesuai dengan jenis pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 jenis:

1. Jenis I, semen portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Jenis II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.3 Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir merupakan agregat yang butiran-butirannya lebih kecil dari 4,80 mm. Dalam *paving block*, agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi atau *filler* dirancang untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi penggunaan perekat berupa semen. Pasir yang digunakan untuk membuat *paving block* harus berkualitas baik yaitu pasir yang terbebas dari adanya lumpur, zat organik, tanah liat, garam sulfat dan garam florida.

Distribusi ukuran butiran pasir dapat dibagi menjadi empat daerah atau zona, yaitu daerah I (kasar), daerah II (agak kasar), daerah III (agak halus) dan daerah IV (halus), sebagaimana tampak pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Batas–Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan Jenis Agregat Halus			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
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 – 10	0 - 15

3.4 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan *paving block*. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam proses pekerjaan. Ketika air dan semen dicampur, akan terjadi reaksi kimia sehingga terbentuk pasta semen. Oleh karena itu dalam menghitung kebutuhan air, bukan rasio air terhadap total campuran, tetapi rasio air dengan semen atau yang biasa disebut faktor air semen (fas).

Menurut Tjokrodimulyo (1992) untuk bereaksi dengan semen, membutuhkan air berkisar 0,30 kali dari berat semen, tetapi pada kenyataannya jika dipakai nilai faktor air semen kurang dari 0,35 adukan mortar atau beton menjadi sulit dikerjakan, sehingga umumnya berat air lebih besar dari 0,35 berat semen. Namun perlu diperhatikan bahwa penambahan air tidak disarankan terlalu banyak, karena kekuatan beton akan lebih rendah. Sedangkan menurut Soutsos (2010) rasio air dengan semen pada campuran *paving block* yang digunakan tidak lebih dari 0,40.

Menurut SNI 03-2847-2002, air yang digunakan untuk beton ada beberapa persyaratan sebagai berikut ini.

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang tertanam di dalamnya logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam

agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

3.5 Bahan Tambah

Menurut Mulyono (2003) bahan tambah adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. Jenis bahan tambah dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah bersifat kimiawi dan bahan tambah bersifat mineral. Bahan tambah jenis mineral merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah mineral lebih digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya.

3.5.1 Abu Batu

Pada proses pemecahan batu selain menghasilkan agregat kasar, mesin pemecah batu (*stone crusher*) juga meninggalkan limbah berupa partikel-partikel kecil atau yang biasa disebut dengan abu batu. Menurut Celik dan Marar (1996), agregat halus yang dihasilkan oleh *stone crusher* mengandung sekitar 17% sampai 25% abu batu, sehingga dengan volume produksinya abu batu dapat dimanfaatkan lebih lanjut penggunaannya khususnya sebagai bahan konstruksi.

Abu batu memiliki warna abu-abu dan memiliki tekstur yang kasar dan tajam. Menurut Tjokrodimulyo (1992) permukaan agregat dengan tekstur kasar dapat meningkatkan rekatan antara agregat dengan semen sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton.

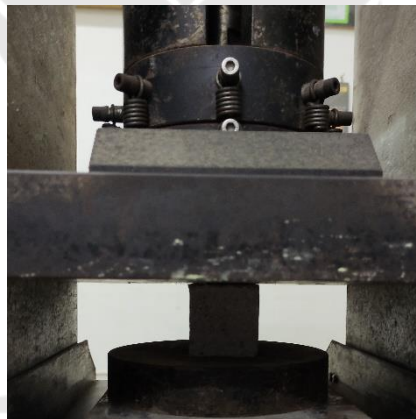
3.6 Pengujian *Paving Block*

Dalam proses pembuatan *paving block* perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui mutu dari *paving block*. Berdasarkan SNI-03-0691-1996 *paving block* yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan, pengujian penyerapan air, dan keausan. Berikut penjelasan masing-masing pengujian:

3.6.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* merupakan besaran beban yang dapat ditahan per satuan luas sebuah *paving block*. Arah pembebanan yang diberikan disesuaikan dengan tekanan beban di dalam pemakaian *paving block*.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 benda uji dilakukan pemotongan terlebih dahulu berbentuk kubus dengan ukuran sesuai rusuk-rusuknya. Pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Untuk memperoleh nilai kuat tekan *paving block* menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

dengan:

P = Beban maksimum (N atau kN)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan umur di sini dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Oleh karena itu, sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

2. Faktor air semen

Faktor air semen (fas) ialah perbandingan berat antara air dan semen portland di dalam campuran adukan beton.

3. Kepadatan

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

4. Sifat agregat

Sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu kekasaran permukaan, bentuk agregat dan kuat tekan agregat.

3.6.2 Penyerapan Air *Paving Block*

Penyerapan air adalah persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Hasil ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* saat kering dan saat *paving block* dalam kondisi basah (setelah perendaman di dalam air). Penilaian kualitas resapan air *paving block* didasarkan pada nilai resapan air yang terjadi pada *paving block*. Semakin rendah nilai penyerapan air maka semakin baik kualitas *paving block*. Begitu juga sebaliknya, semakin tinggi nilai penyerapan maka semakin buruk kualitas *paving block* tersebut.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 pengujian penyerapan air menggunakan benda uji berukuran utuh. Untuk memperoleh nilai daya serap *paving block* menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

$$DSA = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100 \% \quad (3.2)$$

dengan:

DSA = daya serap air (%)

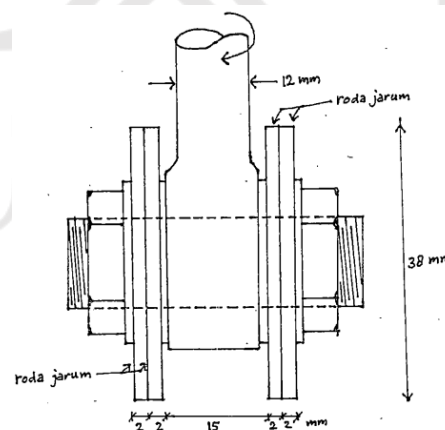
W_b = berat *paving block* saturasi jenuh / basah (gr)

W_k = berat *paving block* kering (gr)

3.6.3 Keausan *Paving Block*

Keausan adalah kemampuan *paving block* untuk dapat menerima gaya gesek yang menyebabkan permukaan benda tersebut semakin menipis. Semakin kecil nilai keausan maka semakin baik kualitas *paving block* tersebut. Begitu pula sebaliknya, semakin besar nilai keausan maka kualitas *paving block* semakin buruk.

Alat yang digunakan untuk pengujian menggunakan mesin roda jarum. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggerus permukaan *paving block* dengan mesin uji terus-menerus selama beberapa menit. Sketsa dan mesin uji keausan dapat dilihat pada gambar 3.4 dan 3.5 dan berikut ini.



Gambar 3.4 Sketsa Roda Jarum

(Sumber: Kardiyono, 1989)



Gambar 3.5 Mesin Roda Jarum Keausan

Untuk memperoleh nilai keausan *paving block* menggunakan mesin roda jarum, persamaan sebagai berikut ini.

$$D = 1,26G + 0,0246 \quad (3.3)$$

dengan:

D = Keausan (mm/menit)

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

Shackel (1994) merangkum faktor-faktor yang mempengaruhi keausan *paving block* sebagai berikut ini.

1. Ketahanan aus meningkat dengan bertambahnya semen dalam campuran.
2. Faktor air semen yang semakin tinggi menyebabkan penurunan ketahanan aus.
3. Campuran yang menggunakan agregat hancur cenderung menunjukkan keausan yang lebih tinggi daripada yang diproduksi menggunakan kerikil sungai.
4. Beberapa pigmen secara signifikan meningkatkan ketahanan aus.
5. Kelembaban menghasilkan ketahanan aus yang lebih tinggi.
6. Meskipun dimungkinkan mendapatkan hubungan antara keausan dan kuat tekan. Secara khusus, kuat tekan tidak memberikan indikator keausan yang andal.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Abu batu yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu yang diperoleh dari limbah pabrik pemecah batu di kawasan Sleman.
2. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari kawasan lereng Gunung Merapi, Sleman.
3. Semen Portland merek Tiga Roda, dalam pemakaiannya tidak diadakan pemeriksaan laboratorium, tetapi hanya mengikuti spesifikasi pabrik.
4. Air yang digunakan berasal dari sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia.

4.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam persiapan, pembuatan dan pengujian benda uji *paving block* adalah sebagai berikut ini.

1. Timbangan
Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, berfungsi untuk menimbang bahan penyusun adukan *paving block* dan benda uji.
2. Jangka sorong
Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi benda uji.
3. Cetok
Cetok digunakan untuk mengambil, memindahkan dan mencampur bahan penyusun *paving block*.

4. Cetakan *paving block*

Cetakan *paving block* digunakan agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan yaitu 20 cm x 10 cm x 6 cm.

5. Alat Pemotong *paving block*

Alat pemotong digunakan untuk memotong *paving block* dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm menjadi kubus berukuran 6 x 6 x 6 cm.

6. Alat uji kuat tekan

Alat uji kuat tekan menggunakan alat uji dengan pembacaan jarum dengan kapasitas tekan 2000 kN. Alat ini bekerja dengan menggunakan sistem hidrolis.

7. Oven

Oven digunakan untuk pengujian properties agregat dan pengujian penyerapan air *paving block*.

8. Alat uji aus

Alat ini digunakan untuk mengetahui nilai keausan pada *paving block*.

9. Peralatan pendukung

Peralatan pendukung lain yang digunakan seperti ember, sikat, penggaris, selang dan bak perendaman.

4.3 Banda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa *paving block* ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Kemudian benda uji dipotong menjadi kubus sesuai ukuran rusuk yaitu 6 cm x 6 cm x 6 cm untuk pengujian kuat tekan dan keausan. Campuran pada benda uji tersebut akan menggunakan jumlah perbandingan semen pasir sebesar 1pc:6ps dengan faktor air semen yang sebesar 0,40. Bahan abu batu digunakan sebagai penambah campuran. Digunakan 5 variasi penambahan limbah abu batu sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir. Pelaksanaan pemeliharaan dilakukan dengan perendaman pada setiap benda uji hingga mencapai umur *paving block* 28 hari.

Pada penelitian ini, masing-masing pengujian berupa pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan keausan dilakukan dengan 3 buah benda uji pada setiap variasi

sehingga benda uji yang dibutuhkan berjumlah 90 buah benda uji. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji Pengujian

Metode	Variasi	Komposisi		Persentase Abu Batu	Jumlah Benda Uji		
		Semen	Pasir		Kuat Tekan	Keausan	Daya Serap Air
Mekanis	MN	1	6	0%	3	3	3
	M1	1	6	10%	3	3	3
	M2	1	6	20%	3	3	3
	M3	1	6	30%	3	3	3
	M4	1	6	40%	3	3	3
Konvensional	KN	1	6	0%	3	3	3
	K1	1	6	10%	3	3	3
	K2	1	6	20%	3	3	3
	K3	1	6	30%	3	3	3
	K4	1	6	40%	3	3	3

Tabel 4.2 Ukuran Benda Uji Pengujian

Benda Uji	Jenis Pengujian		
	Kuat Tekan	Keausan	Daya Serap Air
Bentuk	Kubus	Kubus	<i>Paving Block</i> utuh
Dimensi (cm)	6 x 6 x 6 cm	6 x 6 x 6 cm	20 x 10 x 6 cm

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Persiapan dan pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi sedangkan pengujian *paving block* dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Terdapat langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini, berikut tahapan-tahapannya.

4.4.1 Persiapan Bahan

Pada tahap ini yang harus dilakukan adalah menyiapkan bahan-bahan penyusun *paving block.*, yang pertama adalah menyiapkan pasir atau agregat halus yang lolos saringan berdiameter 4,8 mm. Pemeriksaan bahan diperlukan untuk mengetahui apakah material yang digunakan memenuhi persyaratan sesuai standar penggunaan. Jika ada bahan yang tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan penggantian material. Persiapan-persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Pasir

a. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pembagian variasi butiran (gradasi) dengan saringan dan modulus halus butir (MHB). Langkah-langkah pengujian modulus halus butir agregat sebagai berikut:

- 1) Pasir dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- 2) Pasir dikeluarkan, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Saringan disusun sesuai urutannya dari paling atas diletakkan saringan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm. Kemudian agregat halus langsung diayak atau disaring dengan bantuan mesin selama 10 menit.
- 4) Pasir dikeluarkan pada masing-masing ukuran saringan dan masukan dalam masing-masing talam, kemudian ditimbang dan dicatat berat pasir yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan. Dalam pembersihan saringan digunakan sikat dan kuas.
- 5) Gradasi agregat halus diperoleh dengan cara menghitung kumulatif persentase butiran yang lolos pada masing-masing saringan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan persentase kumulatif butir yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

b. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Pasir

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume padat dan gembur dari pasir yang digunakan untuk mencari kebutuhan pasir sesuai perbandingan yang telah ditentukan. Langkah-langkah dalam pengujian berat volume padat dan gembur pasir sebagai berikut ini.

- 1) Benda uji berupa pasir disiapkan dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD)
- 2) Dimensi dan berat tabung silinder diukur serta hitung volume silinder.
- 3) Tabung silinder diletakkan di tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tiap bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh lalu ratakan. Sedangkan untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh (tanpa pemadatan) lalu diratakan.
- 4) Berat silinder berisi pasir ditimbang dan dicatat beratnya.

c. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase kadar lumpur dalam pasir. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah agregat yang lolos saringan no. 200. Bila kadar lumpur melebihi 5% maka pasir harus dicuci. Langkah-langkah dalam pengujian kandungan lumpur sebagai berikut ini.

- 1) Pasir dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, kemudian timbang beratnya.
- 2) Pasir diletakkan dalam saringan no. 200 kemudian dialiri air di atasnya sampai semua lumpur hilang dan air saringan menjadi jernih.
- 3) Benda uji yang tertinggal dalam saringan dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam.
- 4) Benda uji dikeluarkan dari oven dan ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram.

2. Semen

Pemeriksaan terhadap semen yaitu dengan cara memastikan semen dalam keadaan tertutup rapat dan setelah dibuka buritannya halus tidak ada gumpalan.

3. Air

Pemeriksaan terhadap air dilakukan dengan cara memastikan air yang digunakan jernih, tidak berbau dan tidak mengandung benda-benda asing yang dapat dilihat secara kasat mata.

4. Abu Batu

Pemeriksaan abu batu dilakukan pengujian yang sama dengan agregat halus berupa pasir.

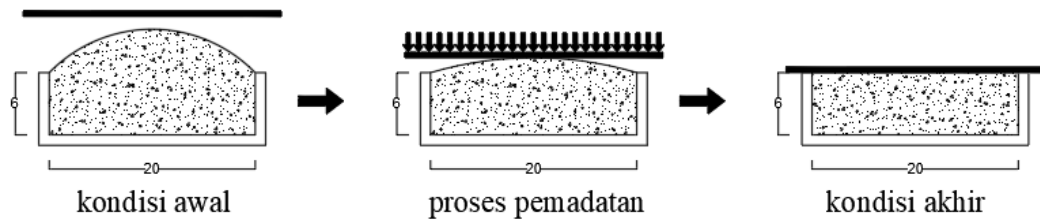
4.4.2 Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji semua bahan dihitung terlebih dahulu kemudian ditimbang sesuai kebutuhan dari masing-masing komposisi campuran yaitu semen portland, pasir, air dan abu batu. Dalam penelitian ini digunakan perbandingan volume semen dan pasir 1pc:6ps nilai fas 0,40 dan dengan variasi penambahan abu batu sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir. Setelah proses penimbangan campuran selesai dilakukan kemudian semen, pasir, dan abu batu dicampur dalam keadaan kering hingga homogen dalam bak adukan (*Mixer*) sedangkan air dicampur demi sedikit agar tidak terjadi gumpalan.

Pencetakan benda uji dilakukan menggunakan 2 metode yaitu metode mekanis dan metode konvensional. Pada metode mekanis menggunakan mesin pres dengan sistem hidrolik dan dilengkapi vibrator untuk membantu agregat mengisi celah antara satu sama lain atau mengisi celah selama proses pemadatan. Berikut ini adalah langkah-langkah pencetakan atau proses penggunaan mesin pres untuk membuat *paving block*:

1. Alas kayu multiplek ditempatkan di atas meja cetakan.
2. Mesin diatur pada posisi cetakan yang terbuka yaitu bagian stempel di atas bagian form sehingga campuran bisa dimasukkan ke dalam cetakan.
3. Campuran yang telah diaduk sebelumnya dimasukkan ke dalam cetakan.
4. Sistem getar pada mesin dinyalakan selama 10 detik.

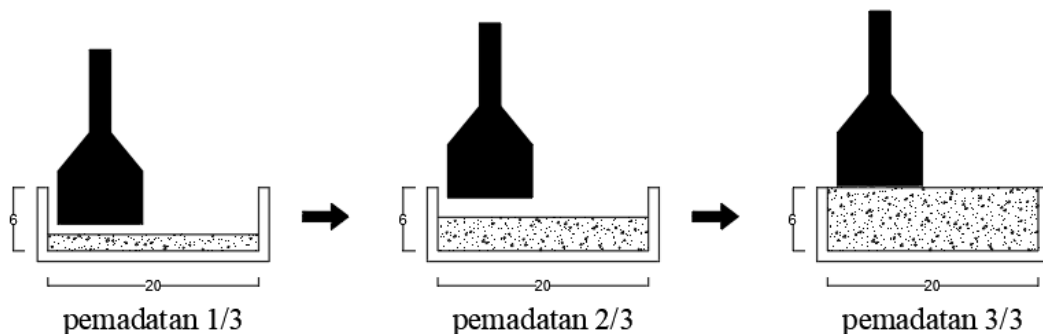
5. Isi kembali cetakan yang jatuh karena getaran.
6. Tuas ditekan untuk menurunkan bagian stempel, dan proses pemadatan dilakukan bersamaan dengan alat getar.
7. Pemadatan dilakukan selama 5 detik



Gambar 4.1 Prinsip Kerja Metode Mekanis

Sedangkan pada metode konvensional pencetakan dilakukan dengan tenaga manusia secara manual. Proses pemadatan secara konvensional pada penelitian ini dilakukan per 1/3 lapis volume *paving block* agar diharapkan mendapatkan mutu yang lebih baik. Berikut ini adalah langkah-langkah pencetakan atau proses pemadatan secara manual untuk membuat *paving block*:

1. Cetakan disiapkan sesuai ukuran *paving block* yang diinginkan.
2. Campuran yang telah diaduk sebelumnya dimasukkan ke dalam cetakan per 1/3 volume, pemukulan pemadatan dilakukan sebanyak 25 kali pukulan setiap 1/3 lapis volume, dilakukan hingga volume terisi penuh.
3. *Paving block* mentah dikeluarkan dari cetakan.



Gambar 4.2 Prinsip Kerja Metode Konvensional

4.4.3 Perawatan dan Pemotongan Benda Uji

Perawatan benda uji 1 hari setelah dilakukan pencetakan *paving block*, dikarenakan pada umur 1 hari benda uji sudah cukup keras. Perawatan dilakukan dengan cara perendaman hingga mencapai umur 28 hari. Untuk kebutuhan pengujian kuat tekan dan keausan *paving block* yang awalnya berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dilakukan pemotongan menggunakan alat sehingga ukuran *paving block* menjadi berbentuk kubus 6 cm x 6 cm x 6 cm.

4.4.4 Pengujian Benda Uji

Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas dari *paving block* yang telah berumur 28 hari. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan *paving block*. Langkah-langkah pengujian kuat tekan *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut ini.

- a. Benda uji kubus ukuran 6 x 6 x 6 cm. dibersihkan dari kotoran yang menempel.
- b. Benda uji ditimbang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- c. Dimensi benda uji diukur dengan menggunakan kaliper atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
- d. Benda uji diletakkan tepat di tengah alat uji dan simetris.
- e. Mesin dinyalakan dengan pemberian beban yang terus meningkat.
- f. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.

2. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kemampuan *paving block* untuk dapat menyerap air melalui pori-pori. Langkah-langkah pengujian penyerapan air *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut ini.

- a. Rendam benda uji dalam air hingga jenuh selama 24 jam, kemudian timbang beratnya dengan keadaan basah.
- b. Keringkan dengan oven selama 24 jam pada suhu 115°C, kemudian timbang dalam keadaan kering oven.

3. Pengujian Keausan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan permukaan *paving block* terhadap gesekan dengan benda lain. Langkah-langkah pengujian keausan *paving block* adalah sebagai berikut.

- a. Permukaan benda uji dibersihkan dari berbagai kotoran yang menempel.
- b. Timbang benda uji menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- c. Benda uji diletakkan tepat di tengah alat uji, pastikan posisi permukaan benda uji lurus terhadap porosnya.
- d. Mesin dinyalakan dalam selama 5 menit.
- e. Benda uji dibersihkan dengan sikat pada bagian permukaan yang dilakukan keausan dan dilakukan penimbangan kembali.

4.5 Tahap Analisis dan Pembahasan

Tahap analisis dilakukan setelah proses pengujian selesai dan diperoleh hasil dari pengujian. Pada tahap ini peneliti mengolah data-data yang telah diperoleh hingga mengetahui bagaimana perbandingan mutu *paving block* dari penambahan abu batu pada *paving block* dari segi kuat tekan, penyerapan air, dan keausan antara metode mekanis dengan metode konvensional.

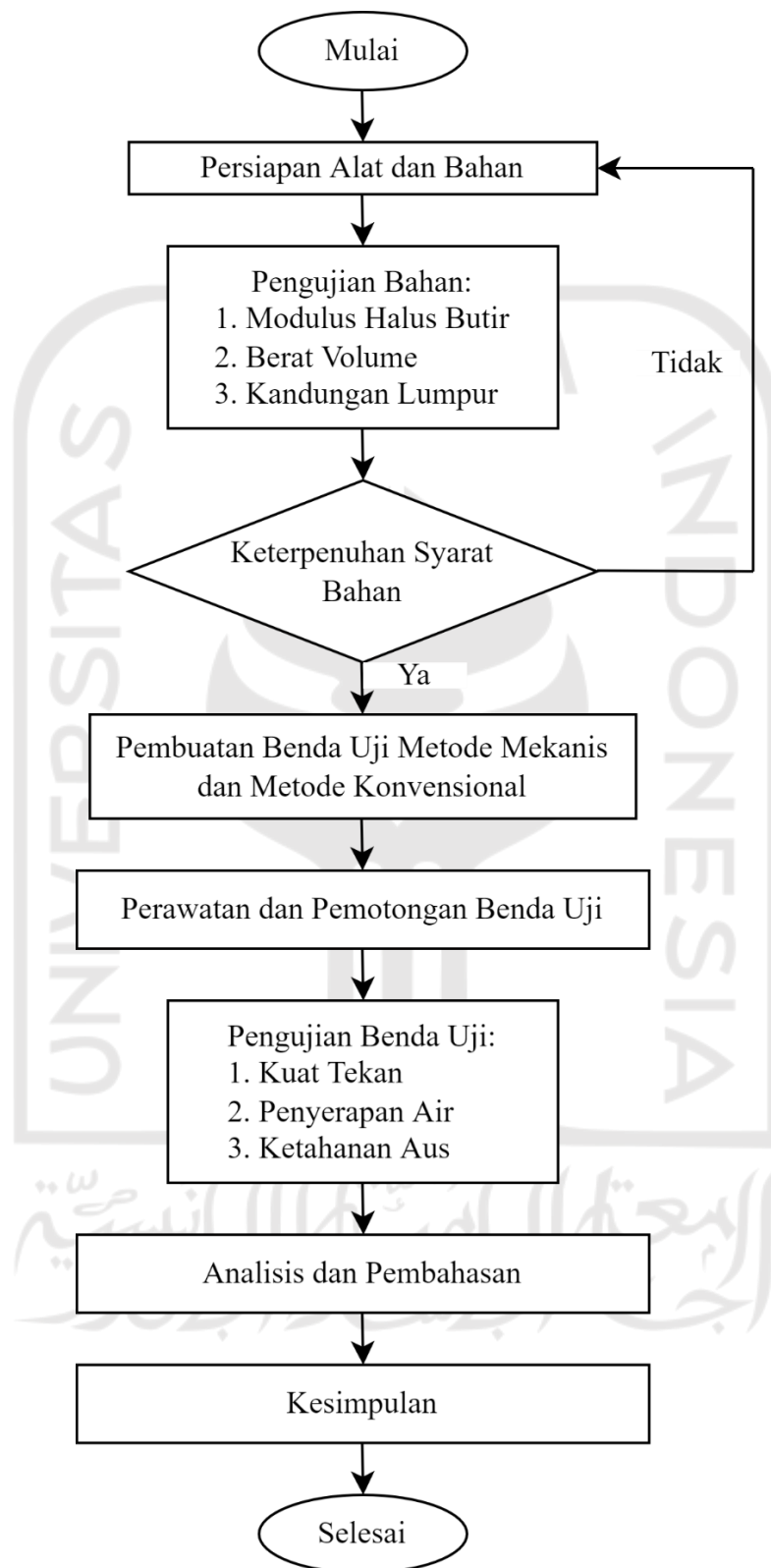
4.6 Penarikan Kesimpulan

Tahap ini peneliti menarik kesimpulan berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan. Kesimpulan yang diambil terkait komparasi mutu antara masing-masing metode pembuatan dari segi kuat tekan, penyerapan air, dan keausan setelah dilakukan penambahan abu batu pada campuran *paving block*.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan uraian di atas dapat dibuat bagan alir (*flow chart*). Berikut ini merupakan *flow chart* dalam pelaksanaan penelitian pembuatan *paving block* yang dimulai dari persiapan, pengujian, analisis, sampai dengan kesimpulan dari penelitian. Bagan alir prosedur pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.





Gambar 4.3 Bagan Alir Prosedur Pengujian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tujuan Umum

Pada bab ini akan menjabarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan di laboratorium mulai dari pengujian properties bahan hingga pengujian sampel benda uji yang ditinjau dari segi kuat tekan, penyerapan air dan keausan dengan variasi komposisi campuran *paving block*.

5.2 Pengujian Properties Bahan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik bahan yang akan digunakan pada campuran pembuatan *paving block*. Pembuatan *paving block* pada penelitian ini menggunakan bahan berupa semen, pasir yang lolos saringan 4,80 mm dan air, serta bahan tambah berupa abu batu.

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari Merapi. Pada pengujian ini meliputi pengujian analisis saringan/Modulus Halus Butir (MHB), berat volume padat agregat halus, berat volume gembur agregat halus, dan kadar lumpur pada agregat halus. Hasil pemeriksaan properties bahan sebagai berikut ini.

1. Hasil pengujian analisis saringan atau modulus halus butir

Pengujian analisa saringan/ MHB ini mengacu pada SNI 03-1968-1990. Hasil pengujian analisis saringan/MHB agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB)
Agregat Halus**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0	0	100
4,8	1	0,05	0,05	99,95
2,4	89	4,45	4,50	95,50
1,2	257	12,86	17,36	82,64
0,6	559	27,96	45,32	54,68
0,3	509	25,46	70,79	29,21
0,15	320	16,01	86,79	13,21
Sisa	264	13,21		
Jumlah	1999	100	224,81	

a. Analisis Perhitungan

1) Berat tertinggal, gram (diperoleh dari pengujian)

$$2) \text{ Berat tertinggal (\%)} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = \frac{1}{1999} \times 100\% = 0,05\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = \frac{89}{1999} \times 100\% = 4,45\%$$

$$\text{Lubang ayakan 1,20 mm} = \frac{257}{1999} \times 100\% = 12,86\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,60 mm} = \frac{559}{1999} \times 100\% = 27,96\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,30 mm} = \frac{509}{1999} \times 100\% = 25,46\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = \frac{320}{1999} \times 100\% = 16,01\%$$

3) Berat tertinggal kumulatif (%)

$$\text{Lubang ayakan 10 mm} = 0\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = 0 + 0,05 = 0,05\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = 0,05 + 4,45 = 4,50\%$$

Lubang ayakan 1,20 mm	= 4,50 + 12,86 = 17,36%
Lubang ayakan 0,60 mm	= 17,36 + 27,96 = 45,32%
Lubang ayakan 0,30 mm	= 45,32 + 25,46 = 70,79%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 70,79 + 16,01 = 86,79%

4) Persen lolos kumulatif (%)

Lubang ayakan 10 mm	= 0%
Lubang ayakan 4,80 mm	= 100 – 0,05 = 99,95%
Lubang ayakan 2,40 mm	= 100 – 4,50 = 95,50%
Lubang ayakan 1,20 mm	= 100 – 17,36 = 82,64%
Lubang ayakan 0,60 mm	= 100 – 45,32 = 54,68%
Lubang ayakan 0,30 mm	= 100 – 70,79 = 29,21%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 100 – 86,79 = 13,21%

5) MHB

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

$$= \frac{224,81}{100}$$

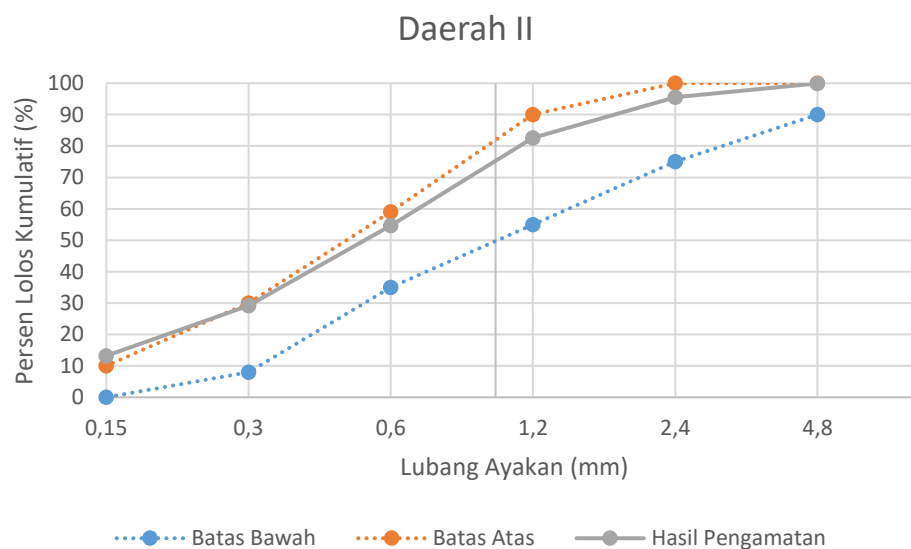
$$= 2,2481$$

b. Pembahasan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai MHB agregat halus sebesar 2,25 nilai tersebut sesuai dengan syarat MHB yaitu antara 1,5 sampai 3,8. Pengujian analisa saringan juga dilakukan untuk mengetahui daerah gradasi agregat halus. Daerah agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan perhitungan persen lolos kumulatif didapat grafik gradasi pada Gambar 5.1 berikut ini.

Tabel 5.2 Daerah Gradasi Agregat Halus

Gradasi Pasir				
Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Agregat Lolos Ayakan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10.00	100	100	100	100
4.80	90-100	90-100	90-100	95-100
2.40	60-95	75-100	85-100	95-100
1.20	30-70	55-90	75-100	90-100
0.60	15-34	35-59	60-79	80-100
0.30	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

**Gambar 5.1 Nilai Batas Gradasi Agregat Halus Daerah II**

Berdasarkan grafik gradasi yang dihasilkan dari pengujian analisis saringan agregat halus memenuhi persyaratan dalam kategori daerah II yaitu jenis pasir agak kasar.

2. Hasil Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume pasir pada kondisi gembur dan padat yang mengacu pada SNI 03-4804-1998. Hasil pengujian

berat volume gembur dan padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan 5.4 berikut ini.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1.	Berat tabung, gram (w1)	10627	10519	10573
2.	Berat tabung + pasir, gram (w2)	16954	16901	16927,5
3.	Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	6327	6382	6354,5
4.	Volume tabung, cm ³ (V)	5449,607	5343,772	5396,690
5.	Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,161	1,194	1,178

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1.	Berat tabung, gram (w1)	10627	10519	10573
2.	Berat tabung + pasir, gram (w2)	18488	18602	18545
3.	Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	7861	8083	7972
4.	Volume tabung, cm ³ (V)	5449,607	5343,772	5396,690
5.	Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,442	1,513	1,478

a. Analisis Perhitungan

1) Berat volume gembur pasir sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir, } w_3 &= w_2 - w_1 \\ &= 16954 - 10627 \\ &= 6327 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,083^2 \times 30,5 \\ &= 5449,607 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume gembur} &= \frac{w_3}{V} \\ &= \frac{6327}{5449,607} \\ &= 1,161 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

2) Berat volume gembur pasir sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir, } w_3 &= w_2 - w_1 \\ &= 16901 - 10519 \\ &= 6382 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,053^2 \times 30,027 \\ &= 5343,772 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume gembur} &= \frac{w_3}{v} \\ &= \frac{6382}{5343,772} \\ &= 1,178 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

3) Berat volume gembur rerata

$$\begin{aligned} \text{Berat volume gembur}_{\text{rerata}} &= \frac{\Sigma w_3}{n} \\ &= \frac{1,161 + 1,194}{2} \\ &= 1,478 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

4) Berat volume padat pasir sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir, } w_3 &= w_2 - w_1 \\ &= 18488 - 10627 \\ &= 7861 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,083^2 \times 30,5 \\ &= 5449,607 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume padat} &= \frac{w_3}{v} \\ &= \frac{7861}{5449,607} \\ &= 1,442 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

5) Berat volume padat pasir sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir, } w_3 &= w_2 - w_1 \\ &= 18602 - 10519 \\ &= 8083 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,053^2 \times 30,027 \\
 &= 5343,772 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume padat} &= \frac{w_3}{v} \\
 &= \frac{8083}{5343,772} \\
 &= 1,513 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

6) Berat volume padat rerata

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume padat}_{\text{rerata}} &= \frac{\sum w_3}{n} \\
 &= \frac{1,442 + 1,513}{2} \\
 &= 1,478 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan di atas, nilai rata-rata dari 2 sampel diperoleh berat volume gembur agregat halus sebesar 1,178 gram/cm³ dan berat volume padat agregat halus sebesar 1,478 gram/cm³. Berat volume padat memiliki nilai yang lebih besar dari gembur karena dilakukan penumbukan setiap 1/3 tabung.

3. Hasil Lolos Saringan No. 200 dalam Agregat Halus

Pengujian lolos saringan No. 200 dilakukan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur yang terkandung dalam pasir. Pengujian kandungan lumpur dalam pasir mengacu pada SNI 03-4142-1996. Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tidak boleh melebihi 5%. Hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir dapat dilihat dalam Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200 Agregat Halus

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1.	Berat Agregat Kering Oven, gram (w1)	500	500	500
2.	Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci, gram (w2)	482	480	481
3.	Berat yang Lolos Ayakan No. 200, % [(w1 - w2)/w1] x 100%	3,6%	4%	3,8%

a. Analisis Perhitungan

1) Berat lolos ayakan No. 200 sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat lolos ayakan No. 200} &= \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 482}{500} \times 100\% \\ &= 3,6\% \end{aligned}$$

2) Berat lolos ayakan No. 200 sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Berat lolos ayakan No. 200} &= \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 480}{500} \times 100\% \\ &= 4\% \end{aligned}$$

b. Berat lolos ayakan No. 200

$$\begin{aligned} \text{Berat lolos ayakan No. 200}_{\text{rerata}} &= \frac{3,6 - 4}{2} \\ &= 3,8\% \end{aligned}$$

c. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan di atas, diperoleh nilai kandungan kadar lumpur agregat halus rata-rata dari 2 sampel sebesar 3,8%. Hasil tersebut sudah memenuhi standar SK SNI S-04-1989-F dimana kadar lumpur tidak melebihi 5 %.

5.2.2 Hasil Pengujian Abu Batu

Pada penelitian ini digunakan abu batu yang berasal dari Merapi. Pada abu batu ini dilakukan pengujian yang sama dengan agregat halus yaitu pengujian analisis saringan/ MHB, berat volume gembur, berat volume padat, dan kadar lumpur. Hasil pemeriksaan properties bahan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian analisis saringan atau modulus halus butir

Pengujian analisa saringan/ MHB ini mengacu pada SNI 03-1968-1990. Hasil pengujian analisis saringan/MHB abu batu dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

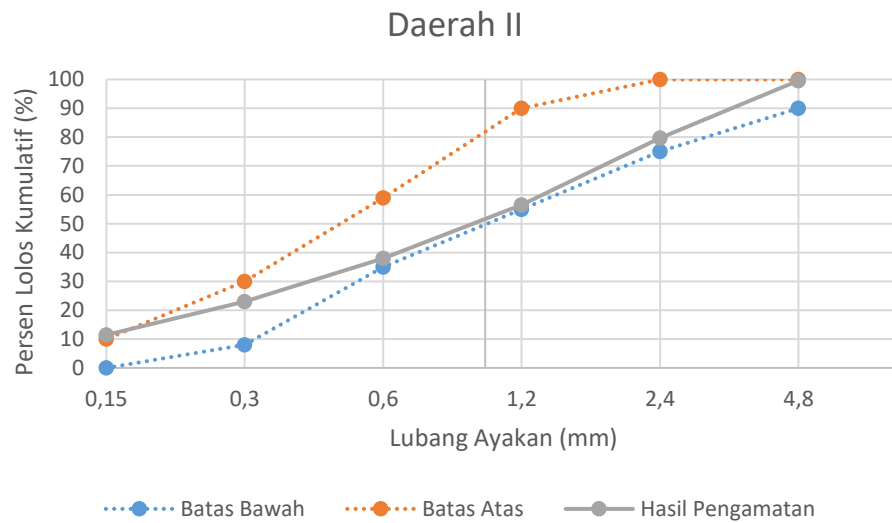
**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB)
Abu Batu**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10		0	0	100
4,80	8	0,40	0,40	99,60
2,36	398	19,90	20,30	79,70
1,18	464	23,20	43,50	56,50
0,6	371	18,55	62,05	37,95
0,3	300	15,00	77,05	22,95
0,15	230	11,50	88,55	11,45
Sisa	229	11,45		
Jumlah	2000	100,00	291,85	

Berdasarkan tabel 5.6 maka diperoleh nilai modulus halus butir yang diperoleh sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{291,85}{100} \\
 &= 2,919
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus sebesar 2,92 nilai tersebut sesuai dengan syarat MHB yaitu antara 1,5 sampai 3,8. Pengujian analisa saringan juga dilakukan untuk mengetahui daerah gradasi agregat halus. Dari hasil perhitungan persen lolos kumulatif didapat grafik gradasi pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Nilai Batas Gradasi Abu Batu Daerah II

Berdasarkan grafik gradasi yang dihasilkan dari pengujian analisis saringan agregat halus memenuhi persyaratan dalam kategori daerah II yaitu jenis pasir agak kasar.

2. Hasil Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Abu Batu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume pasir pada kondisi gembur dan padat yang mengacu pada SNI 03-4804-1998. Hasil pengujian berat volume gembur dan padat abu batu dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8 berikut ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Batu

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1.	Berat tabung, gram (w1)	10629	10637	10633
2.	Berat tabung + pasir, gram (w2)	18474	18794	18634
3.	Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	7845	8157	8001
4.	Volume tabung, cm ³ (V)	5383,238	5398,631	5390,934
5.	Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,457	1,511	1,484

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1.	Berat tabung, gram (w1)	10629	10637	10633
2.	Berat tabung + pasir, gram (w2)	19668	19689	19679
3.	Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	9039	9052	9046
4.	Volume tabung, cm ³ (V)	5383,238	5398,631	5390,934
5.	Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,679	1,677	1,678

Berdasarkan hasil analisa perhitungan di atas, nilai rata-rata dari 2 sampel diperoleh berat volume gembur abu batu sebesar 1,484 gram/cm³ dan berat volume padat abu batu sebesar 1,678 gram/cm³. Berat volume padat memiliki nilai yang lebih besar dari gembur karena dilakukan penumbukan setiap 1/3 tabung.

3. Hasil Lolos Saringan No. 200 dalam Abu Batu

Pengujian lolos saringan No. 200 dilakukan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur yang terkandung dalam pasir. Pengujian kandungan lumpur dalam pasir mengacu pada SNI 03-4142-1996. Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tidak boleh melebihi 5%. Hasil pengujian lolos saringan No. 200 dalam abu batu dapat dilihat dalam Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200 dalam Abu Batu

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1.	Berat Agregat Kering Oven, gram (w1)	500	500	500
2.	Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci, gram (w2)	484	483	483,5
3.	Berat yang Lolos Ayakan No. 200, % [(w1 - w2)/w1] x 100%	3,2%	3,4%	3,3%

Berdasarkan hasil analisa perhitungan di atas, diperoleh nilai kandungan kadar lumpur agregat halus rata-rata dari 2 sampel sebesar 3,3%. Hasil tersebut sudah

memenuhi standar SK SNI S-04-1989-F dimana kadar lumpur tidak melebihi 5 %.

5.3 Perhitungan Komposisi Campuran

Penelitian ini menggunakan *paving block* dengan ukuran yaitu 20 cm x 10 cm x 6 cm. *Paving Block* dibuat dengan komposisi perbandingan semen: pasir sebesar 1: 6 dengan penambahan abu batu sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir. Perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap benda uji adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{paving block} &= 20 \times 10 \times 6 \text{ cm} \\
 &= 1200 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume padat pasir} &= 1,478 \text{ gram/cm}^3 \\
 \text{Faktor pemadatan} &= 1,3 \\
 \text{Faktor air semen} &= 0,40 \\
 \text{Kebutuhan pasir untuk 1 } \textit{paving block} &= \frac{6}{7} \times \text{B.V pasir} \times \text{V } \textit{paving block} \times 1,3 \\
 &= \frac{6}{7} \times 1,478 \times 1200 \times 1,3 \\
 &= 1975,690 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan pasir untuk 18 } \textit{paving block} &= 18 \times 1975,690 \text{ gram} \\
 &= 35562,412 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan semen untuk 1 } \textit{paving block} &= \frac{1}{6} \times \text{kebutuhan pasir 1 } \textit{paving block} \\
 &= \frac{1}{6} \times 1975,690 \text{ gram} \\
 &= 329,282 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan semen untuk 18 } \textit{paving block} &= 18 \times 329,282 \text{ gram} \\
 &= 5927,069 \text{ gram} \\
 \text{Kebutuhan air untuk 18 } \textit{paving block} &= 0,4 \times \text{kebutuhan semen} \\
 &= 0,4 \times 5927,069 \text{ gram} \\
 &= 2370,827 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan penambahan abu batu variasi 10% dari berat pasir

Kebutuhan abu batu 10% = 10 % x 35562,412 gram

= 3556,241 gram

Kebutuhan komposisi semen, pasir dan abu batu dalam pembuatan *paving block* pada penelitian ini dapat ditampilkan pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Komposisi Campuran *Paving Block* Metode Mekanis dan Konvensional

Variasi (%)	Semen (gram)	Pasir (gram)	Air (gram)	Abu Batu (gram)	Jumlah benda uji (buah)
0	5927,069	35562,412	2370,827	0	18
10	5927,069	35562,412	2370,827	3556,241	18
20	5927,069	35562,412	2370,827	7112,482	18
30	5927,069	35562,412	2370,827	10668,724	18
40	5927,069	35562,412	2370,827	14224,965	18

5.4 Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi UII setelah *paving block* mencapai umur 28 hari dipotong menjadi berbentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm dalam keadaan kering dengan benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi dari 10 variasi yang terdiri dari 5 variasi metode konvensional dan 5 variasi metode mekanis yang nantinya akan ada 30 sampel yang diuji kuat tekan.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Metode Mekanis

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* menggunakan metode mekanis dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Metode Mekanis

Abu Batu	Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (kN)
0%	MN1	58,1	60	60,1	36
	MN2	61,4	58,3	63	37
	MN3	61,2	59,5	63,5	40
10%	M11	54,5	58,1	62,7	35
	M12	62,4	58,3	62,4	40
	M13	60,5	57,3	61,3	39
20%	M21	63,6	56,4	61,4	45
	M22	61,7	61,8	61	48
	M23	62,2	60,5	60,2	44
30%	M31	64	59,5	63,1	57
	M32	62,6	59,5	61,8	50
	M33	61,6	58,7	62,3	52
40%	M41	60	59,3	60,5	63
	M42	59,5	62,8	62,1	66
	M43	61,1	62,5	61	69

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* disyaratkan harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$, yaitu dengan tebal antara 55,2-64,8mm. Dari hasil pengukuran dimensi pada *paving block* metode mekanis, ketebalan *paving block* memiliki ukuran yang berbeda-beda namun keseluruhan variasi memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Sebagai contoh perhitungan kuat tekan, diambil hasil pengujian kuat tekan *paving block* tipe MN1 dengan variasi penambahan abu batu sebesar 0% sebagai berikut ini.

$$\text{Panjang (p)} = 58,1 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 60 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (L)} &= p \times l \\ &= 58,1 \times 60 \\ &= 3486 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (P)} &= 36 \text{ kN} \\
 &= 36000 \text{ N} \\
 \text{Kuat Tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{36000}{3486} \\
 &= 10,327 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan kuat tekan setiap variasi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Metode Mekanis

Abu Batu	Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0%	MN1	10,327	10,549
	MN2	10,336	
	MN3	10,985	
10%	M11	11,053	11,100
	M12	10,995	
	M13	11,250	
20%	M21	12,545	12,275
	M22	12,588	
	M23	11,692	
30%	M31	14,968	14,258
	M32	13,424	
	M33	14,381	
40%	M41	17,707	17,813
	M42	17,663	
	M43	18,069	

Berdasarkan hasil perhitungan kuat tekan seluruh variasi, kemudian dilakukan klasifikasi sesuai dengan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu *Paving Block* Metode Mekanis Tiap Variasi Abu Batu

Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tekan Min. (Mpa)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	10,549	10,336	D	Taman
10	11,100	10,995	D	Taman
20	12,275	11,692	D	Taman
30	14,258	13,424	D	Taman
40	17,813	17,663	C	Pejalan kaki

Grafik hasil kuat tekan rata-rata *paving block* metode mekanis pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan berikut ini.



Gambar 5.3 Kuat Tekan Rerata Metode Mekanis

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan *paving block* metode mekanis didapat nilai rata-rata kuat tekan *paving block* normal sebesar 10,549 MPa tergolong klasifikasi mutu D sebagai area taman berdasarkan SNI 03-0691-1996. Kuat tekan *paving block* menunjukkan peningkatan seiring penambahan variasi abu batu, dengan nilai rata-rata kuat tekan tertinggi pada variasi abu batu 40% sebesar 17,813

MPa tergolong klasifikasi mutu C sebagai area pejalan kaki berdasarkan SNI 03-0691-1996.

5.4.2 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Metode Konvensional

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* menggunakan metode konvensional dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Metode Konvensional

Abu Batu	Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (kN)
0%	KN1	61,1	58,4	62,5	32
	KN2	61,3	60,5	63	36
	KN3	61,5	60,5	63,6	35
10%	K11	63,9	59	62,8	55
	K12	60	62,7	62	39
	K13	62,2	59,5	62,4	38
20%	K21	61,8	59	64,6	38
	K22	63,3	64	58,3	48
	K23	62,8	60	62	38
30%	K31	61,5	59,7	63	52
	K32	60,9	59,1	62,6	42
	K33	64,4	59,3	64,5	48
40%	K41	62,2	58,2	63,2	53
	K42	62,2	57,5	62,9	45
	K43	62,2	55,5	62,8	54

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* disyaratkan harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$, yaitu dengan tebal antara 55,2-64,8mm. Dari hasil pengukuran dimensi pada *paving block* metode mekanis, ketebalan *paving block* memiliki ukuran yang berbeda-beda namun keseluruhan variasi memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Sebagai contoh perhitungan kuat tekan, diambil hasil pengujian kuat tekan *paving block* tipe KN1 dengan variasi penambahan abu batu sebesar 0% sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (p)} &= 61,1 \text{ mm} \\
 \text{Lebar (l)} &= 58,4 \text{ mm} \\
 \text{Luas (L)} &= p \times l \\
 &= 61,1 \times 58,4 \\
 &= 3568 \text{ mm}^2 \\
 \text{Beban (P)} &= 32 \text{ kN} \\
 &= 32000 \text{ N} \\
 \text{Kuat Tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{32000}{3568} \\
 &= 8,968 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan tekan setiap variasi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Metode Konvensional

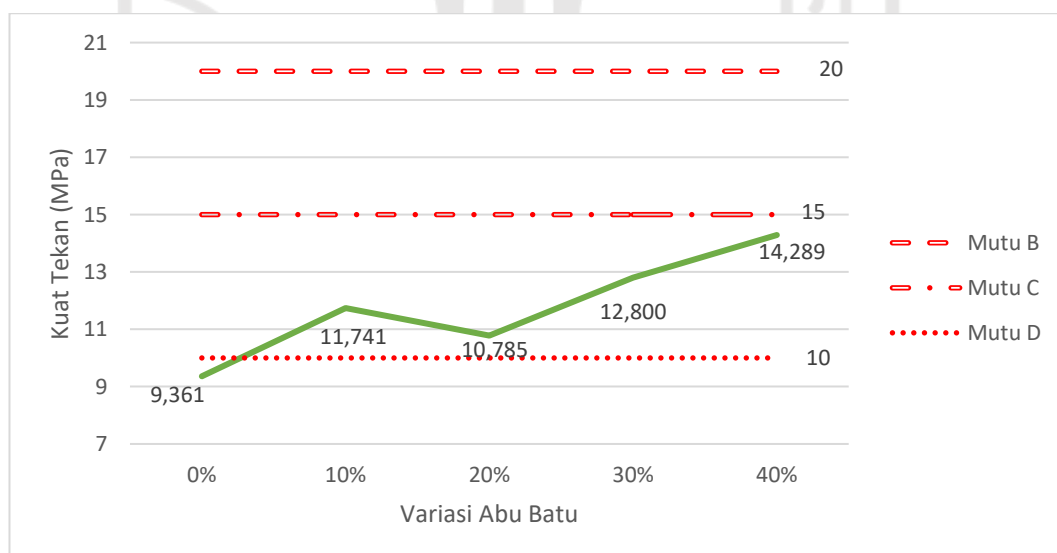
Abu Batu	Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0%	KN1	8,968	9,361
	KN2	9,707	
	KN3	9,407	
10%	K11	14,588	11,741
	K12	10,367	
	K13	10,268	
20%	K21	10,422	10,785
	K22	11,848	
	K23	10,085	
30%	K31	14,163	12,800
	K32	11,669	
	K33	12,569	
40%	K41	14,641	14,289
	K42	12,582	
	K43	15,643	

Berdasarkan hasil perhitungan kuat tekan seluruh variasi, kemudian dilakukan klasifikasi sesuai dengan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Klasifikasi Mutu *Paving Block* Metode Konvensional Tiap Variasi Abu Batu

Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tekan Min. (Mpa)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	9,361	8,968	-	-
10	11,741	10,268	D	Taman
20	10,785	10,085	D	Taman
30	12,800	11,669	D	Taman
40	14,289	12,582	D	Taman

Grafik hasil kuat tekan rata-rata *paving block* metode konvensional pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



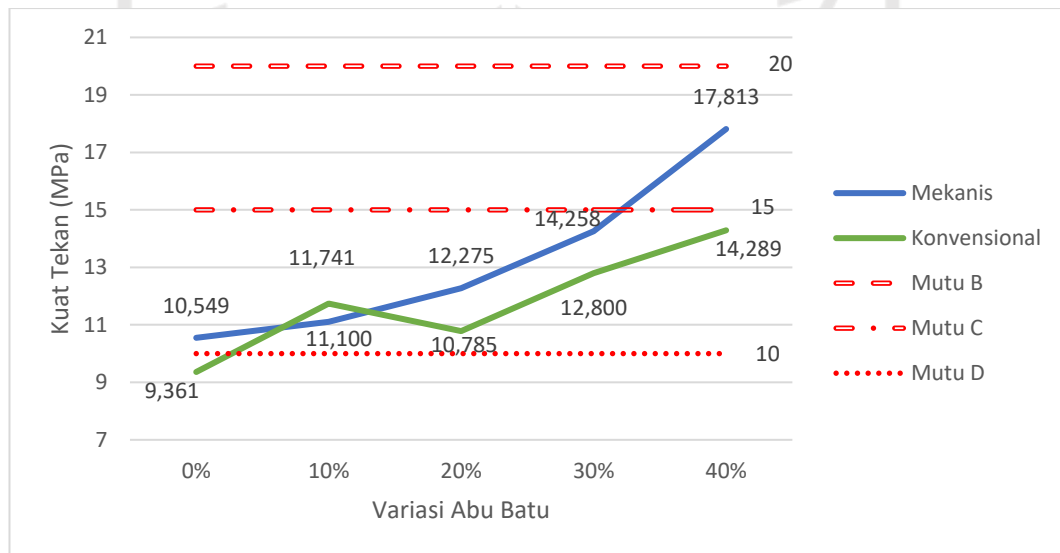
Gambar 5.4 Kuat Tekan Rerata Metode Konvensional

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan *paving block* metode konvensional menunjukkan bahwa kuat tekan *paving block* dengan penambahan abu batu lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* normal. Nilai rata-rata kuat tekan *paving*

block normal sebesar 9,361 MPa dengan nilai rata-rata kuat tekan *paving block* tertinggi pada variasi abu batu 40% sebesar 14,289 MPa tergolong klasifikasi mutu D sebagai area teman berdasarkan SNI 03-0691-1996.

5.4.3 Komparasi Kuat Tekan *Paving Block*

Hasil pengujian kuat tekan dibuat grafik agar dapat membedakan tinggi nilai kuat tekan rata-rata *paving block* dengan metode mekanis dan *paving block* dengan metode konvensional setiap variasi campuran seperti Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Komparasi Kuat Tekan Rerata

Dari hasil perhitungan kuat tekan *paving block* dan penggambaran grafik di atas didapatkan nilai kuat tekan dan persentase kenaikan untuk masing-masing variasi penambahan abu batu terhadap kuat tekan *paving block* normal yang dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil Rekapitulasi Kuat Tekan dan Persentase Kenaikan Tiap Variasi

Metode	Variasi (%)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)	Kuat Tekan Min. (Mpa)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
Mekanis	0	10,549	0	10,336	D	Taman
	10	11,100	5,216	10,995	D	Taman
	20	12,275	16,361	11,692	D	Taman
	30	14,258	35,153	13,424	D	Taman
	40	17,813	68,852	17,663	C	Pejalan kaki
Konvensional	0	9,361	0	8,968	-	-
	10	11,741	25,430	10,268	D	Taman
	20	10,785	15,217	10,085	D	Taman
	30	12,800	36,748	11,669	D	Taman
	40	14,289	52,645	12,582	D	Taman

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan didapatkan nilai kuat tekan rata-rata *paving block* normal metode mekanis sebesar 10,549 MPa tergolong klasifikasi mutu D sebagai taman berdasarkan SNI 03-0691-1996. Nilai kuat tekan rata-rata metode mekanis mengalami peningkatan seiring penambahan abu batu, pada variasi abu batu 10% sebesar 11,100 MPa, 20% sebesar 12,275 MPa, dan 30 % sebesar 14,258 MPa, ke 3 variasi tersebut dapat digolongkan klasifikasi mutu D sebagai area taman. Pada variasi abu batu 40 % metode mekanis nilai kuat tekan rata-rata sebesar 17,813 MPa tergolong klasifikasi mutu C sebagai area pejalan kaki.

Sedangkan kuat tekan metode konvensional didapatkan nilai kuat tekan rata-rata *paving block* normal sebesar 9,361 MPa, tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996 dengan batas nilai rata-rata kuat tekan yang ditetapkan sebesar 10 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata *paving block* dengan penambahan abu batu lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* normal, pada variasi abu batu 10% sebesar 11,741 MPa, abu batu 20% sebesar 10,785 MPa, abu batu 30% sebesar 12,800 MPa, dan abu batu 40% sebesar 14,289 Mpa, ke 4 variasi tersebut tergolong klasifikasi mutu D sebagai taman. *Paving block* metode

konvensional menunjukkan pada penambahan abu batu sebesar 10% nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan persentase abu batu 20%, hal tersebut terjadi karena terdapat nilai kuat tekan benda uji yang tidak seragam, disebabkan proses pemadatan *paving block* metode konvensional dilakukan secara manual dan sangat tergantung dari tenaga manusia yang mengerjakan.

Penambahan abu batu pada *paving block* metode mekanis maupun metode konvensional menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan dari *paving block* normal. Kenaikan kuat tekan dikarenakan tekstur permukaan yang kasar dan tajam pada abu batu mampu memperkuat daya rekat antar campuran sehingga *paving block* memiliki kepadatan yang baik. Nilai kuat tekan rata-rata tertinggi untuk masing-masing metode pada variasi abu batu 40%, yaitu untuk metode mekanis sebesar 17,813 Mpa mengalami peningkatan nilai 68,852% dari *paving block* normal tergolong klasifikasi mutu C sebagai area pejalan kaki. Sedangkan untuk metode konvensional nilai kuat tekan rata-rata sebesar 14,289 MPa mengalami peningkatan nilai 52,645% dari *paving block* normal tergolong klasifikasi mutu D sebagai area taman. Sehingga dari hasil komparasi kuat tekan *paving block* penambahan abu batu menunjukkan bahwa metode mekanis menghasilkan nilai kuat tekan dan klasifikasi mutu yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.

5.5 Penyerapan Air *Paving Block*

Pengujian penyerapan air dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi UII setelah *paving block* berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm mencapai umur 28 hari dengan benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi dari 10 variasi yang terdiri dari 5 variasi metode konvensional dan 5 variasi metode mekanis yang nantinya akan ada 30 sampel yang diuji daya serap air.

5.5.1 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Metode Mekanis

Hasil pengujian penyerapan air *paving block* menggunakan metode mekanis dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Metode Mekanis

Abu Batu	Kode	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)
0%	MN1	2328	2130
	MN2	2336	2160
	MN3	2370	2185
10%	M11	2543	2357
	M12	2586	2385
	M13	2435	2240
20%	M21	2419	2241
	M22	2510	2330
	M23	2516	2334
30%	M31	2470	2318
	M32	2602	2443
	M33	2508	2361
40%	M41	2465	2330
	M42	2625	2476
	M43	2496	2374

Sebagai contoh perhitungan penyerapan air, diambil hasil penyerapan air *paving block* tipe MN1 dengan variasi 0% abu batu sebagai berikut ini.

Berat basah = 2328 gram

Berat kering = 2130 gram

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air} &= \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \\ &= \frac{2328 - 2130}{2130} \times 100\% \\ &= 9,296\% \end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan penyerapan air setiap variasi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* Metode Mekanis

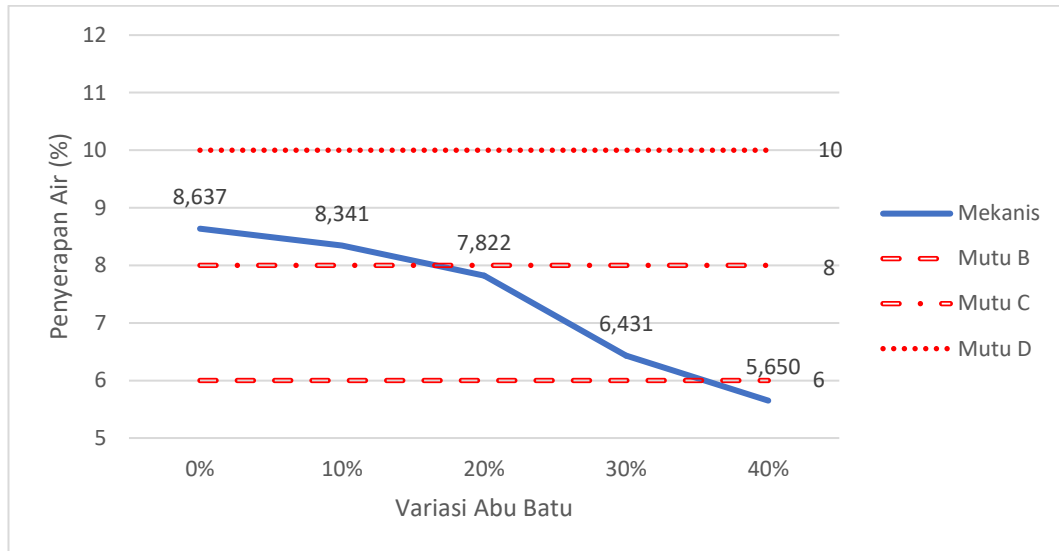
Abu Batu	Kode	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-Rata (%)
0%	MN1	9,296	8,637
	MN2	8,148	
	MN3	8,467	
10%	M11	7,891	8,341
	M12	8,428	
	M13	8,705	
20%	M21	7,943	7,822
	M22	7,725	
	M23	7,798	
30%	M31	6,557	6,431
	M32	6,508	
	M33	6,226	
40%	M41	5,794	5,650
	M42	6,018	
	M43	5,139	

Berdasarkan hasil perhitungan penyerapan air rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan klasifikasi sesuai dengan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rerata dan Klasifikasi Mutu *Paving Block* Metode Mekanis Tiap Variasi Abu Batu

Variasi (%)	Penyerapan Air Rerata (%)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	8,637	D	Taman
10	8,341	D	Taman
20	7,822	C	Pejalan Kaki
30	6,431	C	Pejalan Kaki
40	5,650	B	Parkir

Grafik hasil penyerapan air rata-rata *paving block* metode mekanis pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Penyerapan Air Rerata Metode Mekanis

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air *paving block* metode mekanis menunjukkan bahwa terjadi penurunan penyerapan air setiap variasi penambahan abu batu. Penyerapan air *paving block* terendah pada variasi abu batu 40% sebesar 5,650% tergolong klasifikasi mutu B sebagai area parkir berdasarkan SNI 03-0691-1996.

5.5.2 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Metode Konvensional

Hasil pengujian penyerapan air *paving block* menggunakan metode konvensional dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Metode Konvensional

Abu Batu	Kode	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)
0%	KN1	2508	2274
	KN2	2540	2299
	KN3	2523	2278
10%	K11	2474	2250
	K12	2583	2330
	K13	2531	2314
20%	K21	2578	2335
	K22	2565	2338
	K23	2538	2314
30%	K31	2574	2346
	K32	2600	2393
	K33	2561	2333
40%	K41	2568	2349
	K42	2593	2392
	K43	2603	2422

Sebagai contoh perhitungan penyerapan air, diambil hasil penyerapan air *paving block* tipe KN1 dengan variasi 0% abu batu sebagai berikut ini.

Berat basah = 2508 gram

Berat kering = 2274 gram

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

$$= \frac{2508 - 2274}{2274} \times 100\%$$

$$= 10,290 \%$$

Seluruh hasil perhitungan penyerapan air setiap variasi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* Metode Konvensional

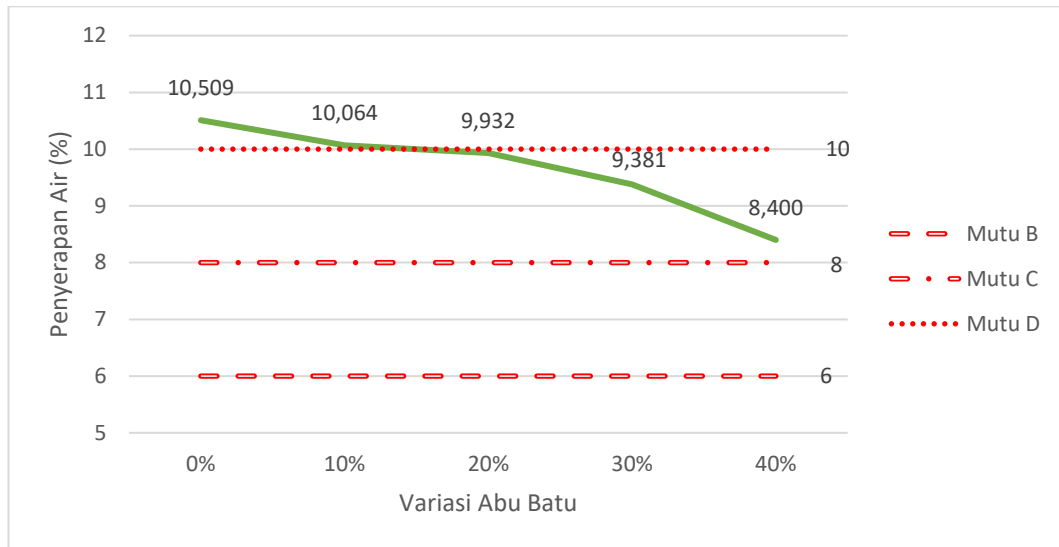
Abu Batu	Kode	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-Rata (%)
0%	KN1	10,290	10,509
	KN2	10,483	
	KN3	10,755	
10%	K11	9,956	10,064
	K12	10,858	
	K13	9,378	
20%	K21	10,407	9,932
	K22	9,709	
	K23	9,680	
30%	K31	9,719	9,932
	K32	8,650	
	K33	9,773	
40%	K41	9,323	8,400
	K42	8,403	
	K43	7,473	

Berdasarkan hasil perhitungan penyerapan air rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan klasifikasi sesuai dengan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.23 berikut ini.

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rerata dan Klasifikasi Mutu *Paving Block* Metode Konvensional Tiap Variasi Abu Batu

Variasi (%)	Penyerapan Air Rerata (%)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	10,509	-	-
10	10,064	-	-
20	9,932	D	Taman
30	9,381	D	Taman
40	8,400	D	Taman

Grafik hasil penyerapan air rata-rata *paving block* metode konvensional pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.

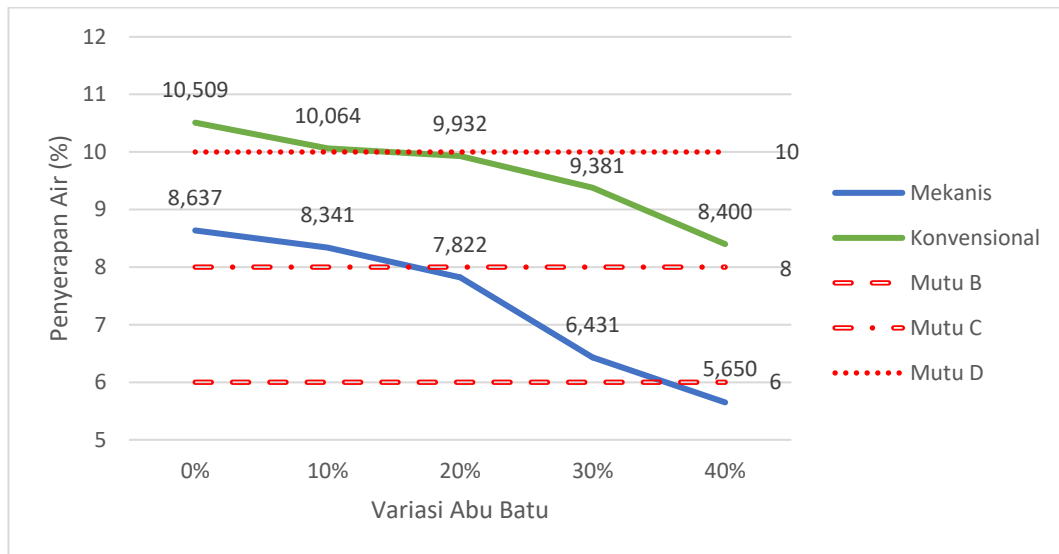


Gambar 5.7 Penyerapan Air Rerata Metode Konvensional

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air *paving block* metode konvensional menunjukkan bahwa terjadi penurunan penyerapan air setiap variasi penambahan abu batu. Penyerapan air *paving block* terendah pada variasi abu batu 40% sebesar 8,400% tergolong mutu D sebagai area taman berdasarkan SNI 03-0691-1996.

5.5.3 Komparasi Penyerapan Air *Paving Block*

Hasil pengujian penyerapan dibuat grafik agar dapat membedakan tinggi nilai penyerapan air rata-rata *paving block* dengan metode mekanis dan *paving block* dengan metode konvensional setiap variasi campuran seperti Gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5.8 Komparasi Penyerapan Air Rerata

Dari hasil perhitungan kuat tekan rata-rata *paving block* dan penggambaran grafik di atas didapatkan nilai penyerapan air rata-rata dan persentase kenaikan untuk masing-masing variasi penambahan abu batu terhadap penyerapan air *paving block* normal yang dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Penyerapan Air Rerata Tiap Variasi

Metode	Variasi (%)	Penyerapan Air Rerata (%)	Kenaikan Penyerapan Air (%)	Mutu Paving Block	Fungsi Paving Block
Mekanis	0	8,637	0	D	Taman
	10	8,341	-3,421	D	Taman
	20	7,822	-9,435	C	Pejalan Kaki
	30	6,431	-25,545	C	Pejalan Kaki
	40	5,650	-34,580	B	Parkir
Konvensional	0	10,509	0	-	-
	10	10,064	-4,239	-	-
	20	9,932	-5,493	D	Taman
	30	9,381	-10,741	D	Taman
	40	8,400	-20,074	D	Taman

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air didapatkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* normal metode mekanis sebesar 8,637% tergolong klasifikasi mutu D sebagai taman berdasarkan SNI 03-0691-1996. Nilai penyerapan air rata-rata metode mekanis mengalami penurunan seiring penambahan abu batu, pada variasi abu batu 10% sebesar 8,341% tergolong klasifikasi mutu D sebagai taman. Pada variasi abu batu 20% dan 30% berturut-turut sebesar 7,822% dan 6,431%, ke 2 variasi tersebut dapat digolongkan klasifikasi mutu C sebagai area pejalan kaki. Pada variasi abu batu 40 % metode mekanis nilai penyerapan air rata-rata sebesar 5,650% tergolong klasifikasi mutu B sebagai area parkir.

Sedangkan penyerapan air metode konvensional didapatkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* normal sebesar 10,509%, tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996 dengan batas nilai penyerapan air yang ditetapkan sebesar 10 %. Nilai penyerapan air rata-rata *paving block* dengan penambahan abu batu lebih rendah dibandingkan dengan *paving block* normal, pada variasi abu batu 10% sebesar 10,064%, tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu dengan batas nilai penyerapan air yang ditetapkan sebesar 10 %. Pada variasi abu batu 20% metode konvensional nilai penyerapan air rata-rata sebesar 9,932%, abu batu 30% sebesar 19,381%, dan abu batu 40% sebesar 8,400%, ke 3 variasi tersebut tergolong klasifikasi mutu D sebagai taman.

Penambahan persentase abu batu pada *paving block* metode mekanis maupun metode konvensional menunjukkan penurunan nilai penyerapan air dibandingkan dengan *paving block* normal. Penurunan nilai penyerapan air dikarenakan pada *paving block* normal tanpa penambahan abu batu terdapat rongga-rongga karena gaya ikat yang terjadi hanya antara semen dengan pasir, hal ini menyebabkan *paving block* menjadi berdaya serap tinggi. Sehingga dengan penambahan persentase abu batu, *paving block* menjadi semakin padat dengan sedikit pori.

Nilai terendah penyerapan air rata-rata *paving block* metode mekanis terdapat pada penambahan variasi abu batu 40% dengan nilai penyerapan air 5,650% tergolong klasifikasi *paving block* mutu B sebagai area parkir. Sedangkan nilai terendah penyerapan air rata-rata *paving block* dengan metode konvensional

terdapat pada penambahan variasi abu batu 40% dengan nilai penyerapan air 8,400% tergolong klasifikasi mutu D sebagai area taman. Sehingga dari hasil komparasi penyerapan air *paving block* penambahan abu batu menunjukkan bahwa metode mekanis menghasilkan nilai penyerapan air dan klasifikasi mutu yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.

5.6 Keausan *Paving Block*

Pengujian keausan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi UII setelah *paving block* mencapai umur 28 hari dengan benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi dari 10 variasi yang terdiri dari 5 variasi metode mekanis dan 5 variasi metode konvensional .

5.6.1 Pengujian Keausan *Paving Block* Metode Mekanis

Hasil pengujian keausan *paving block* menggunakan metode mekanis dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Metode Mekanis

Abu Batu	Kode	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Aus (gram)
0%	MN1	429,85	428,90
	MN2	389,33	388,51
	MN3	401,08	400,13
10%	M11	412,63	410,51
	M12	408,52	405,93
	M13	373,05	370,83
20%	M21	395,55	393,23
	M22	439,08	436,92
	M23	388,19	385,91
30%	M31	516,88	514,71
	M32	467,02	464,96
	M33	482,80	480,37
40%	M41	423,34	421,20
	M42	421,79	419,67
	M43	439,54	437,36

Sebagai contoh diambil hasil pengujian keausan *paving block* MN1.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat awal} &= 429,85 \text{ gram} \\
 \text{Berat akhir} &= 428,90 \text{ gram} \\
 \text{Kehilangan berat} &= \text{Berat awal} - \text{berat akhir} \\
 &= 429,85 - 428,90 \\
 &= 0,95 \text{ gram} \\
 \text{Waktu} &= 5 \text{ menit} \\
 \text{Kehilangan berat/waktu (G)} &= \frac{0,95}{5} \\
 &= 0,19 \text{ gram/menit} \\
 \text{Keausan (D)} &= 1,26 G + 0,0246 \\
 &= (1,26 \times 0,19) + 0,0246 \\
 &= 0,264 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan keausan setiap variasi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut ini.

Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* Metode Mekanis

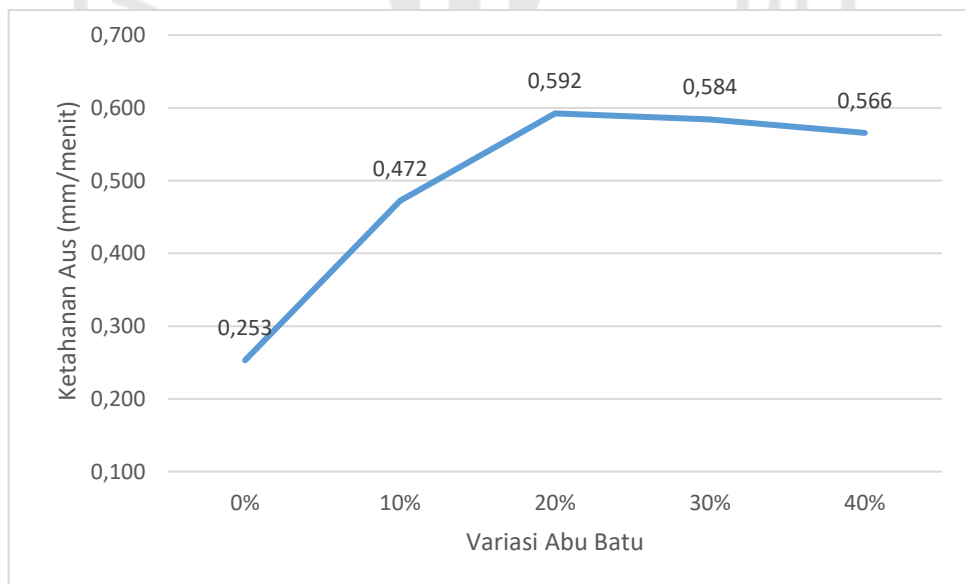
Abu Batu	Kode	Kehilangan Berat (gram)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-Rata (mm/menit)
0%	MN1	0,95	0,264	0,253
	MN2	0,82	0,231	
	MN3	0,95	0,264	
10%	M11	1,72	0,458	0,472
	M12	1,79	0,476	
	M13	1,82	0,483	
20%	M21	2,32	0,609	0,592
	M22	2,16	0,569	
	M23	2,28	0,599	
30%	M31	2,17	0,571	0,584
	M32	2,06	0,544	
	M33	2,43	0,637	
40%	M41	2,14	0,564	0,566
	M42	2,12	0,559	
	M43	2,18	0,574	

Berdasarkan hasil perhitungan keausan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan klasifikasi sesuai dengan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.27 berikut ini.

Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Keausan Rerata dan Klasifikasi Mutu *Paving Block* Metode Mekanis Tiap Variasi Abu Batu

Variasi (%)	Keausan Rata-Rata (mm/menit)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	0,253	-	-
10	0,472	-	-
20	0,592	-	-
30	0,584	-	-
40	0,566	-	-

Grafik hasil keausan rata-rata *paving block* metode mekanis pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Keausan Rerata Metode Mekanis

Berdasarkan hasil pengujian keausan *paving block* metode mekanis menunjukkan bahwa keausan *paving block* dengan penambahan abu batu sebesar

10% hingga 40% lebih tinggi dibandingkan dengan keausan *paving block* normal. Pengujian keausan *paving block* metode mekanis tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu SNI 03-0961-1996 dengan batas nilai rata-rata keausan yang ditetapkan sebesar 0,219 mm/menit.

5.6.2 Pengujian Keausan *Paving Block* Metode Konvensional

Hasil pengujian keausan *paving block* menggunakan metode konvensional dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut ini.

Tabel 5.28 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Metode Konvensional

Abu Batu	Kode	Berat Awal (gram)	Berat Setelah Aus (gram)
0%	MN1	425,78	424,81
	MN2	427,21	426,38
	MN3	480,02	479,14
10%	M11	500,37	498,58
	M12	425,69	424,58
	M13	485,05	483,75
20%	M21	446,28	444,09
	M22	485,10	483,51
	M23	437,35	435,98
30%	M31	462,93	461,25
	M32	436,60	435,07
	M33	470,10	468,14
40%	M41	467,75	466,32
	M42	459,24	457,08
	M43	444,33	443,00

Sebagai contoh diambil hasil pengujian keausan *paving block* tipe KN1.

Berat awal = 425,78 gram

Berat akhir = 424,81 gram

Kehilangan berat = Berat awal – berat akhir

= 425,78 - 424,81 gram

= 0,97 gram

$$\text{Waktu} = 5 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan berat/waktu (G)} &= \frac{0,97}{5} \\ &= 0,194 \text{ gram/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keausan (D)} &= 1,26 G + 0,0246 \\ &= (1,26 \times 0,194) + 0,0246 \\ &= 0,269 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

Seluruh hasil perhitungan keausan setiap variasi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut ini.

Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* Metode Konvensional

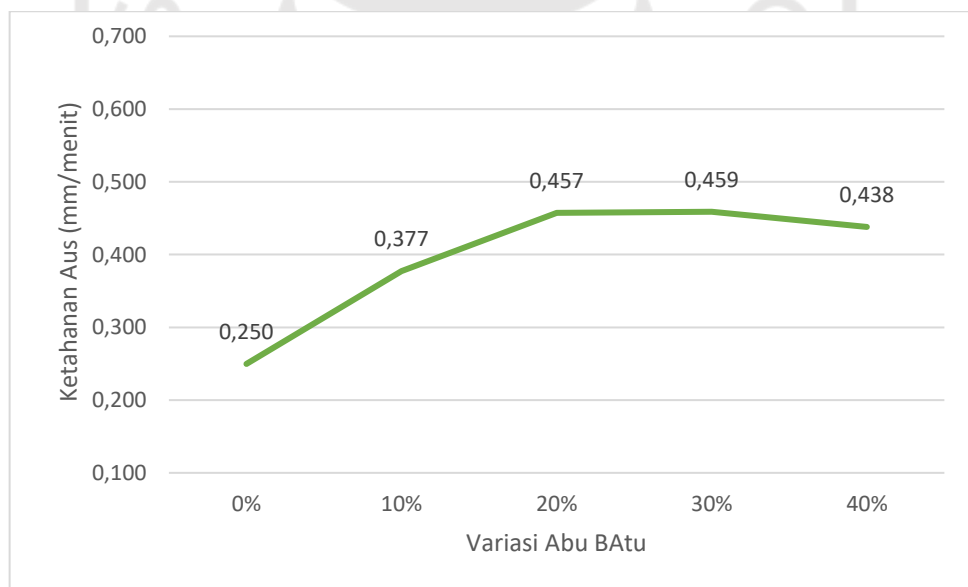
Abu Batu	Kode	Kehilangan Berat (gram)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-Rata (mm/menit)
0%	MN1	0,97	0,269	0,250
	MN2	0,83	0,234	
	MN3	0,88	0,246	
10%	M11	1,79	0,476	0,377
	M12	1,11	0,304	
	M13	1,30	0,352	
20%	M21	2,19	0,576	0,457
	M22	1,59	0,425	
	M23	1,37	0,370	
30%	M31	1,68	0,448	0,459
	M32	1,53	0,410	
	M33	1,96	0,519	
40%	M41	1,43	0,385	0,438
	M42	2,16	0,569	
	M43	1,33	0,360	

Berdasarkan hasil perhitungan keausan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan klasifikasi sesuai dengan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.30 berikut ini.

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Keausan Rerata dan Klasifikasi Mutu *Paving Block* Metode Konvensional Tiap Variasi Abu Batu

Variasi (%)	Keausan Rata-Rata (mm/menit)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	0,250	-	-
10	0,377	-	-
20	0,457	-	-
30	0,459	-	-
40	0,438	-	-

Grafik hasil keausan rata-rata *paving block* metode konvensional pada masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.

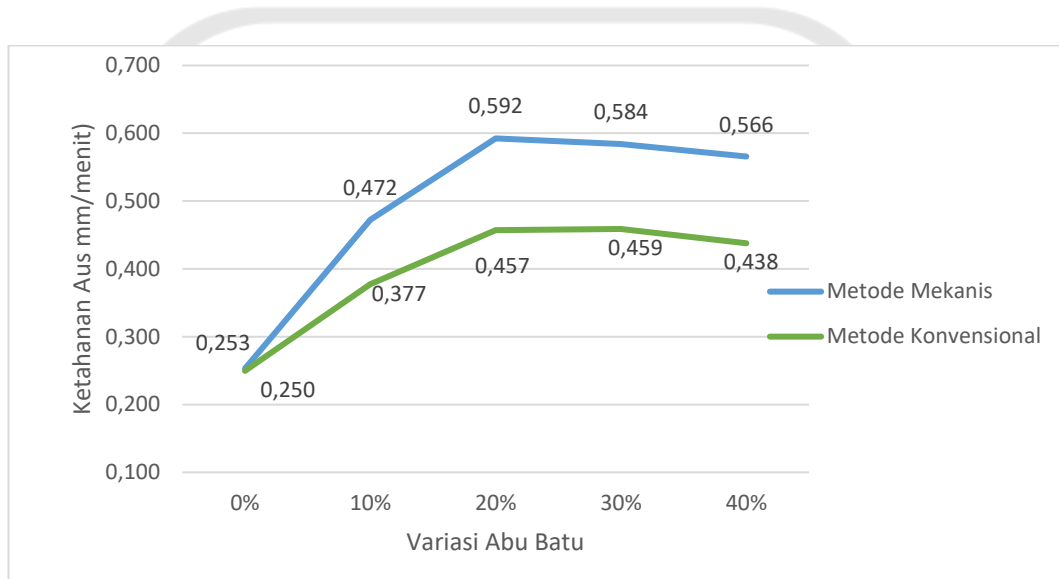


Gambar 5.10 Keausan Rerata Metode Konvensional

Berdasarkan hasil pengujian keausan *paving block* metode konvensional menunjukkan bahwa keausan *paving block* dengan penambahan abu batu sebesar 10% hingga 40% lebih tinggi dibandingkan dengan keausan *paving block* normal. Pengujian keausan *paving block* metode konvensional tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu SNI 03-0961-1996 dengan batas nilai rata-rata keausan yang ditetapkan sebesar 0,219 mm/menit.

5.6.3 Komparasi Keausan *Paving Block*

Hasil pengujian keausan rata-rata dibuat grafik agar dapat membedakan tinggi nilai keausan rata-rata *paving block* dengan metode mekanis dan *paving block* metode konvensional setiap variasi campuran seperti Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5.11 Komparasi Keausan Rerata

Dari hasil perhitungan keausan rata-rata *paving block* dan penggambaran grafik di atas didapatkan nilai keausan rata-rata untuk masing-masing variasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut ini.

Tabel 5.31 Hasil Rekapitulasi Keausan Rerata Tiap Variasi

Metode	Variasi (%)	Keausan Rerata (mm/menit)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
Mekanis	0	0,253	-	-
	10	0,472	-	-
	20	0,592	-	-
	30	0,584	-	-
	40	0,566	-	-
Konvensional	0	0,250	-	-
	10	0,377	-	-
	20	0,457	-	-
	30	0,459	-	-
	40	0,438	-	-

Berdasarkan hasil pengujian keausan didapatkan nilai keausan *paving block* normal metode mekanis sebesar 0,253 mm/menit. Nilai keausan *paving block* metode mekanis seiring bertambahnya variasi abu batu 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut sebesar 0,472 mm/menit, 0,592 mm/menit, 0,584 mm/menit, dan 0,566 mm/menit. Sedangkan keausan *paving block* normal metode konvensional sebesar 0,250 mm/menit. Nilai keausan *paving block* metode konvensional seiring bertambahnya variasi abu batu 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut sebesar 0,377 mm/menit, 0,457 mm/menit, 0,459 mm/menit, dan 0,438 mm/menit. Penambahan persentase abu batu pada *paving block* metode mekanis maupun metode konvensional menunjukkan nilai keausan lebih tinggi dibandingkan *paving block* normal, hal ini dikarenakan dengan penambahan abu batu menyebabkan ikatan campuran pada lapisan permukaan *paving block* mudah terkikis saat terjadi penggerusan.

Dari hasil nilai rata-rata keausan *paving block* metode mekanis maupun metode konvensional tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu SNI 03-0961-1996 dengan batas nilai rata-rata keausan yang ditetapkan sebesar 0,219 mm/menit.

5.7 Rekapitulasi Mutu *Paving Block*

Rekapitulasi hasil pengujian parameter mutu *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.32 sebagaimana berikut.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter Mutu *Paving Block*

Metode	Variasi Abu Batu (%)	Mutu <i>Paving Block</i> Berdasarkan SNI		
		Kuat Tekan	Penyerapan Air	Keausan
Mekanis	0	D	D	-
	10	D	D	-
	20	D	C	-
	30	D	C	-
	40	C	B	-
Konvensional	0	-	-	-
	10	D	-	-
	20	D	D	-
	30	D	D	-
	40	D	D	-

Dapat dilihat pada tabel rekapitulasi hasil pengujian parameter mutu *paving block* di atas, bahwasanya tidak terdapat *paving block* yang memiliki mutu seragam pada setiap parameter pengujian. Menurut Nur (2022), untuk menentukan satu mutu *paving block* dari ketiga parameter pengujian *paving block*, terdapat satu hal yang umum dijumpai mengenai mutu *paving block* yaitu dari parameter kuat tekannya atau yang disebut mutu K. Rekapitulasi mutu K *paving block* berdasarkan nilai kuat tekannya sesuai dengan persyaratan nilai kuat tekan *paving block* pada SNI 03-0691-1996 dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut ini.

Tabel 5.33 Mutu K Rekapitulasi *Paving Block* Berdasarkan Nilai Kuat Tekan

Metode	Variasi Abu Batu (%)	Kuat Tekan Rata-Rata		Mutu K
		(MPa)	(kg/cm ²)	
Mekanis	0	10,549	107,574	K100
	10	11,100	113,185	K100
	20	12,275	125,174	K100
	30	14,258	145,389	K100
	40	17,813	181,641	K170
Konvensional	0	9,361	95,452	-
	10	11,741	119,726	K100
	20	10,785	109,977	K100
	30	12,800	130,528	K100
	40	14,289	145,703	K100

Dapat dilihat pada tabel rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan *paving block* berdasarkan mutu K di atas, bahwasanya *paving block* metode mekanis dapat menghasilkan klasifikasi mutu K170 yaitu pada variasi abu batu 40% dengan nilai kuat tekan *paving block* sebesar 181,641 kg/cm², dibandingkan dengan *paving block* metode konvensional yang hanya menghasilkan mutu K100 pada setiap variasi penambahan abu batu.



BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Komparasi Mutu *Paving Block* Penambahan Abu Batu Antara Metode Mekanis Dan Konvensional” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Penambahan abu batu pada campuran *paving block* secara umum dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Penggunaan abu batu untuk *paving block* dengan metode pembuatan mekanis dan metode konvensional menunjukkan nilai kuat tekan metode mekanis lebih tinggi dari metode konvensional. Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada *paving block* metode mekanis penambahan abu batu 40% yaitu kuat tekan sebesar 17,813 MPa tergolong klasifikasi mutu C dengan kegunaan sebagai area pejalan kaki. Sedangkan pada metode konvensional didapatkan kuat tekan tertinggi pada penambahan abu batu 40% yaitu kuat tekan sebesar 14,289 MPa tergolong klasifikasi mutu D dengan kegunaan sebagai area taman.
2. Pembuatan *paving block* dengan penambahan abu batu metode mekanis menunjukkan nilai penyerapan air yang lebih rendah dari pada metode konvensional. Nilai penyerapan air terkecil 5,650% terdapat pada *paving block* metode mekanis penambahan abu batu 40% yang tergolong klasifikasi mutu B dengan kegunaan sebagai area parkir. Sedangkan pada metode konvensional didapatkan nilai penyerapan air terkecil penambahan abu batu 40% yaitu sebesar 8,400% tergolong klasifikasi mutu D dengan kegunaan sebagai area taman.
3. Dengan penambahan abu batu pada *paving block*, keausan terjadi peningkatan dibandingkan *paving block* normal. Pengujian keausan *paving block* penambahan abu batu tidak dapat memenuhi klasifikasi mutu SNI 03-0961-1996 dengan batas nilai rata-rata keausan yang ditetapkan sebesar 0,219

mm/menit. Namun apabila dibandingkan nilai keausan *paving block* campuran abu batu metode konvensional menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode mekanis.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan mampu menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut ini.

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah benda uji sesuai ketentuan SNI 03-0691-1996, yaitu benda uji kuat tekan sebanyak 10 buah, benda uji penyerapan air sebanyak 5 buah, dan benda uji keausan sebanyak 5 buah.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi perbandingan semen dengan pasir yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap mutu *paving block*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1989. Spesifikasi Bahan Bangunan (SK SNI S-04-1989-F). Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI-03-1968-1990). Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. Bata Beton *Paving Block* (SNI-03-0961-1996) Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. Metode Pengujian Lolos Saringan No.200 (SNI 03-4142-1996). Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat (SNI 03-4804-1998). Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Celik, T. And Marar, K. 1996. *Effects of Crushed Stone Dust on Some Properties of Concrete, Cemen and Concrete Research* Vol.26, No.7. Pergamon.
- Kardiyono. 1989. Hubungan Faktor Air Semen Dan Keausan Pada Beton Dengan Pasir Sungai Krasak. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Mulyono T. 2003. Teknologi Beton. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Nugroho, I. 2020. Pemanfaatan Abu Batu Dalam Pembuatan *Paving Block* Dengan Metode Tekanan. Jurnal Teknik Sipil.
- Nur, Alip. 2022. Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Pamungkas. 2007. Komparasi Mutu *Paving Block* Antara Metode Mekanis dan Konvensional Dengan Campuran Endapan Sampah. Jurnal Teknik Sipil.
- Rizal, M.S. 2017. Perancangan Mesin Hidraulik Press Bearing Dengan Kapasitas 20 Ton. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Setiawan, I. 2018. Potensi Ekonomi Limbah Arang Tempurung Kelapa Sawit Untuk Bahan Tambah *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Shackel, B. 1994. *Developments in the Specification of Concrete Segmental Pavers for Australian Conditions, CBP Second International Workshop*. Oslo-Norway.

Soutsos M.N. 2010. *Use of recycled demolition aggregate in precast products, phase II: Concrete paving blocks*. University of Liverpool. Liverpool

Tjokrodimuljo K. 1992. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Wahyudi, M. 2017. Pengaruh Abu Batu Sebagai Bahan Pengganti Sejumlah Agregat Halus dan Semen Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*. Jurnal Teknik Sipil.





LAMPIRAN 1
HASIL PENGUJIAN

الجمعة الإسلامية الأندونيسية



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB)/ANALISA SARINGAN AGREGAT
HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Pengirim	Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
Tanggal Terima	November 2021
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0	0	0	100
4,8	2	0,05	0,05	99,95
2,4	1	4,45	4,50	95,50
1,2	257	12,86	17,36	82,64
0,6	559	27,96	45,32	54,68
0,3	509	25,46	70,79	29,21
0,15	320	16,01	86,79	13,21
Sisa	264	13,21		
Jumlah	1999	100	224,81	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{224,81}{100} = 2,2481$$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II : Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

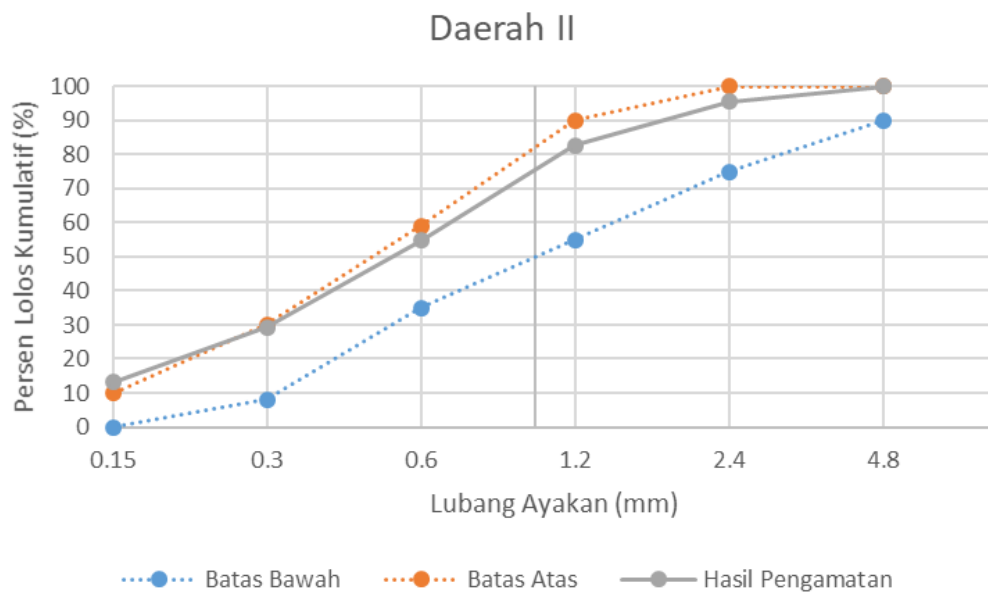
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB)/ANALISA SARINGAN AGREGAT
HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir Masuk Daerah: (Daerah II)
- Jenis Pasir: Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS



Yogyakarta, November 2021

M. Ridwan Nurcahya H.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
Tanggal Terima	November 2021
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat tabung, gram (w1)	10627	10519	10573
Berat tabung + pasir, gram (w2)	16954	16901	16927,5
Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	6327	6382	6354,5
Volume tabung, cm ³ (V)	5449,607	5343,772	5396,690
Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,161	1,194	1,178

Yogyakarta, November 2021

M. Ridwan Nurcahya H.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
Tanggal Terima	November 2021
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat tabung, gram (w1)	10627	10519	10573
Berat tabung + pasir, gram (w2)	18488	18602	18545
Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	7861	8083	7972
Volume tabung, cm ³ (V)	5449,607	5343,772	5396,690
Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,442	1,513	1,478

Yogyakarta, November 2021

M. Ridwan Nurcahya H.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN LOLOS AYAKAN NO.200/UJI KANDUNGAN

LUMPUR DALAM PASIR

(SNI 03-4142-1996)

Pengirim	Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
Tanggal Terima	November 2021
Asal Agregat	Pasir Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat Agregat Kering Oven, gram (w1)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci, gram (w2)	482	480	481
Berat yang Lolos Ayakan No. 200, % [(w1 – w2)/w1] x 100%	3,6%	4%	3,8%

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

1. Untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
2. Untuk kerikil maksimum 1% (satu persen)

Yogyakarta, November 2021

M. Ridwan Nurcahya H.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
Tanggal Terima	November 2021
Asal Agregat	Abu Batu Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat tabung, gram (w1)	10629	10637	10633
Berat tabung + pasir, gram (w2)	18474	18794	18634
Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	7845	8157	8001
Volume tabung, cm ³ (V)	5383,238	5398,631	5390,934
Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,457	1,511	1,484

Yogyakarta, November 2021

M. Ridwan Nurcahya H.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)**

Pengirim	Muhammad Ridwan Nurcahya Harimukti
Tanggal Terima	November 2021
Asal Agregat	Abu Batu Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat tabung, gram (w1)	10629	10637	10633
Berat tabung + pasir, gram (w2)	19668	19689	19679
Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	9039	9052	9046
Volume tabung, cm ³ (V)	5383,238	5398,631	5390,934
Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1,679	1,677	1,678

Yogyakarta, November 2021

M. Ridwan Nurcahya H.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (gram)	Beban (kN)
MN1	58,1	60	60,1	411	36
MN2	61,4	58,3	63	424	37
MN3	61,2	59,5	63,5	440	40
M11	54,5	58,1	62,7	385	35
M12	62,4	58,3	62,4	435	40
M13	60,5	57,3	61,3	412	39
M21	63,6	56,4	61,4	429	45
M22	61,7	61,8	61	460	48
M23	62,2	60,5	60,2	431	44
M31	64	59,5	63,1	478	57
M32	62,6	59,5	61,8	443	50
M33	61,6	58,7	62,3	440	52
M41	60	59,3	60,5	440	63
M42	59,5	62,8	62,1	474	66
M43	61,1	62,5	61	478	69
KN1	61,1	58,4	62,5	414	32
KN2	61,3	60,5	63	442	36
KN3	61,5	60,5	63,6	440	35
K11	63,9	59	62,8	475	55
K12	60	62,7	62	450	39
K13	62,2	59,5	62,4	445	38
K21	61,8	59	64,6	448	38
K22	63,3	64	58,3	453	48
K23	62,8	60	62	441	38
K31	61,5	59,7	63	460	52
K32	60,9	59,1	62,6	425	42
K33	64,4	59,3	64,5	475	48
K41	62,2	58,2	63,2	458	53
K42	62,2	57,5	62,9	438	45
K43	62,2	55,5	62,8	445	54

Yogyakarta, Desember 2021



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN PENYERAPAN AIR

Kode	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)
MN1	2328	2130
MN2	2336	2160
MN3	2370	2185
M11	2543	2357
M12	2586	2385
M13	2435	2240
M21	2419	2241
M22	2510	2330
M23	2516	2334
M31	2470	2318
M32	2602	2443
M33	2508	2361
M41	2465	2330
M42	2625	2476
M43	2496	2374
KN1	2508	2264
KN2	2540	2299
KN3	2523	2278
K11	2474	2250
K12	2583	2330
K13	2531	2314
K21	2578	2335
K22	2565	2338
K23	2538	2314
K31	2574	2346
K32	2600	2393
K33	2561	2333
K41	2568	2349
K42	2593	2392
K43	2603	2422

Yogyakarta, Desember 2021



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN

Kode	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)
MN1	429,85	428,90
MN2	389,33	388,51
MN3	401,08	400,13
M11	412,63	410,91
M12	408,52	406,73
M13	373,05	371,23
M21	395,55	393,23
M22	439,08	436,92
M23	388,19	385,91
M31	516,88	514,71
M32	467,02	464,96
M33	482,80	480,37
M41	423,34	421,20
M42	421,79	419,67
M43	439,54	437,36
KN1	425,78	424,81
KN2	427,21	426,38
KN3	480,02	479,14
K11	500,37	498,58
K12	425,69	424,58
K13	485,05	483,75
K21	446,28	444,09
K22	485,10	483,51
K23	437,35	435,98
K31	462,93	461,25
K32	436,60	435,07
K33	470,10	468,14
K41	467,75	466,32
K42	459,24	457,08
K43	444,33	443,00

Yogyakarta, Desember 2021



LAMPIRAN 2
DOKUMENTASI PENELITIAN

الجمعة الإسلامية
الاستاذة الأندونيسية



Gambar L-2.1 Pasir Merapi



Gambar L-2.2 *Stone Crusher*



Gambar L-2.3 Abu Batu Merapi



Gambar L-2.4 Alat Potong



Gambar L-2.5 Penggaris



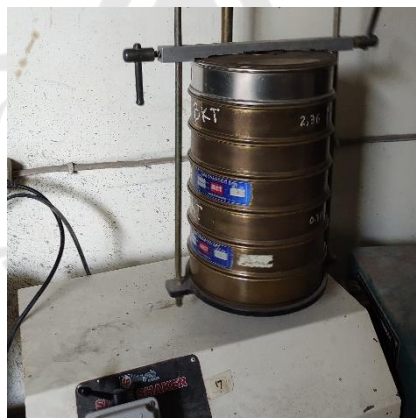
Gambar L-2.6 Kuas



Gambar L-2.7 Timbangan



Gambar L-2.8 Oven



Gambar L-2.9 Pengujian Modulus Halus Butir



Gambar L-2.10 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus



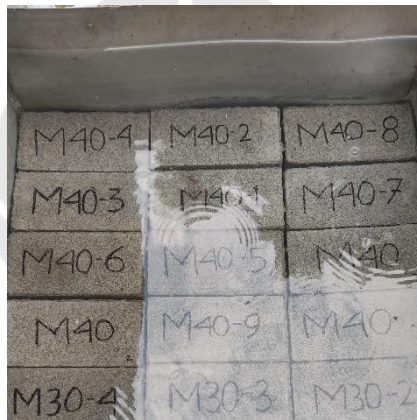
Gambar L-2.11 Proses *Mixing*



Gambar L-2.12 Pencetakan *Paving Block* Metode Mekanis



Gambar L-2.13 Pencetakan *Paving Block* Metode Konvensional



Gambar L-2.14 Perendaman *Paving Block*



Gambar L-2.15 Proses Pemotongan *Paving Block*



Gambar L-2.16 Paving Block Ukuran Kubus



Gambar L-2.17 Pengujian Kuat Tekan Paving Block



Gambar L-2.18 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-2.19 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*



Gambar L-2.20 Pengujian Keausan *Paving Block*



Gambar L-2.21 Benda Uji Setelah Pengujian Keausan