

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN
MENGUNAKAN ABU SERBUK KAYU MAHONI
HASIL PEMBAKARAN TERHADAP MUTU *PAVING
BLOCK*
(*THE PARTIAL SUBSTITUTION EFFECT OF CEMENT
USING COMBUSTED MAHONI WOOD POWDER ASH
ON THE PAVING BLOCK QUALITY*)**

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



**Alip Nur Muhamad
17511037**

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

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN
MENGUNAKAN ABU SERBUK KAYU MAHONI
HASIL PEMBAKARAN TERHADAP MUTU *PAVING
BLOCK*
(*THE PARTIAL SUBSTITUTION EFFECT OF CEMENT
USING COMBUSTED MAHONI WOOD POWDER ASH
ON THE PAVING BLOCK QUALITY*)**

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



**Alip Nur Muhamad
17511037**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN MENGUNAKAN ABU SERBUK KAYU MAHONI HASIL PEMBAKARAN TERHADAP MUTU *PAVING* *BLOCK* (*THE PARTIAL SUBSTITUTION EFFECT OF CEMENT USING COMBUSTED MAHONI WOOD POWDER ASH ON THE PAVING BLOCK QUALITY*)

Disusun oleh

Alip Nur Muhamad
17511037

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

Diuji pada tanggal 17 Mei 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Ir. Helmy Akbar Bale, M.T.
NIK: 885110105

Penguji I



Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 185111304

Penguji II



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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. 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 Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku.

Yogyakarta, 16.....Mei..... 2022
Yang membuat pernyataan,



Alip Nur Muhamad
17511037

HALAMAN DEDIKASI

“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk Mama dan Alm. Bapak yang telah merawat, membesarkan dan membimbingku sampai detik ini. Untuk Kakak dan Adikku, terimakasih telah menjadi saudara yang baik. Untuk diriku, terimakasih sudah berusaha sampai sejauh ini. Untuk siapapun dia yang akan menjadi pendamping hidupku kelak.”



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu *Paving Block*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil,
2. Helmy Akbar Bale, Ir., M.T. selaku Dosen Pembimbing,
3. Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I,
4. Jafar, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II,
5. Bapak dan Mama penulis, Moh. Soleh dan Acih serta kedua saudari penulis, Putri Sociani Dewi dan Annida Adzra Rafani yang telah berkorban begitu banyak bagi penulis baik material, moral maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini,
6. Al-ustadz Dr. Drs. H. Asmuni Mth, M. A. selaku Direktur Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia,
7. Al-ustadz Dr. Suyanto, S. Ag., M. S. I., M. Pd. dan Al-ustadz Fuat Hasanuddin, Lc., M. A selaku Pengasuh Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan mendidik penulis selama belajar di Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia,
8. Seluruh Asatidz Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia yang telah banyak berjasa dalam mengajarkan ilmunya kepada penulis selama belajar di Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia,
9. Seluruh Dosen Teknik Sipil UII yang telah sangat berjasa bagi penulis hingga selesainya masa studi penulis di Program Studi Teknik Sipil UII ini,

10. Teman-teman Teknik Sipil UII angkatan 2017 dan Teman-teman Pondok Pesantren UII angkatan 2017 yang telah sangat banyak membantu penulis dalam merangkai cerita tentang arti sebuah pertemanan dan kekeluargaan hingga akhir perkuliahan ini,
11. Pak Suluk, Mas Andi, Pak Daru, Pak Warno dan seluruh staff Program Studi Teknik Sipil UII yang telah banyak membantu penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini,
12. Melly Goeslaw, Sheila On 7, The Beatles, Rossa, NOAH, Budi Doremi, Fiersa Besari, Payung Teduh, Tulus, Rizky Febian dan Cakra Khan serta Channel Youtube Sepulang Sekolah, Raditya Dika dan Detective Aldo, yang telah menemani penulis dengan lagu dan video mereka hingga selesainya Tugas Akhir ini,
13. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu,

Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 16 Mei 2022

Alip Nur Muhamad

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN DEDIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Hasil-hasil Penelitian Terdahulu	7
2.2 Perbandingan Penelitian Sekarang dan Terdahulu	15
2.3 Keaslian Penelitian	21
BAB III LANDASAN TEORI	22

3.1 <i>Paving Block</i>	22
3.1.1 Klasifikasi <i>Paving Block</i>	23
3.1.2 Standar Mutu <i>Paving Block</i>	24
3.2 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	25
3.2.1 Semen <i>Portland</i>	25
3.2.2 Agregat Halus	27
3.2.3 Air	32
3.2.4 Abu Serbuk Kayu Mahoni	34
3.3 Perencanaan Campuran <i>Paving Block</i>	35
3.4 Pengujian Mutu <i>Paving Block</i>	35
3.3.1 Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	36
3.3.2 Keausan <i>Paving Block</i>	39
3.3.3 Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	40
3.5 Kayu Mahoni	41
BAB IV METODE PENELITIAN	45
4.1 Umum	45
4.2 Peralatan dan Bahan Penelitian	46
4.4.1 Peralatan Penelitian	46
4.4.2 Bahan Penelitian	52
4.3 Pelaksanaan Penelitian	55
4.3.1 Persiapan Bahan	55
4.3.2 Proses Pencampuran	59
4.3.3 Proses Pembuatan Benda Uji	59
4.3.4 Proses Perawatan Benda Uji	60
4.3.5 Proses Pemotongan Benda Uji	61
4.3.6 Proses Pengujian Benda Uji	61

4.3.7 Metode Olah Data	63
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	80
5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan	80
5.1.1 Semen <i>Portland</i>	80
5.1.2 Agregat Halus	80
5.1.3 Air	86
5.1.4 Abu Serbuk Kayu Mahoni	86
5.2 Perhitungan Kebutuhan Campuran	86
5.3 Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	88
5.4 Keausan <i>Paving Block</i>	96
5.5 Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	103
5.6 Hubungan Antara Kuat Tekan, Keausan dan Penyerapan Air	111
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	116
6.1 Kesimpulan	116
6.2 Saran	116
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN	122

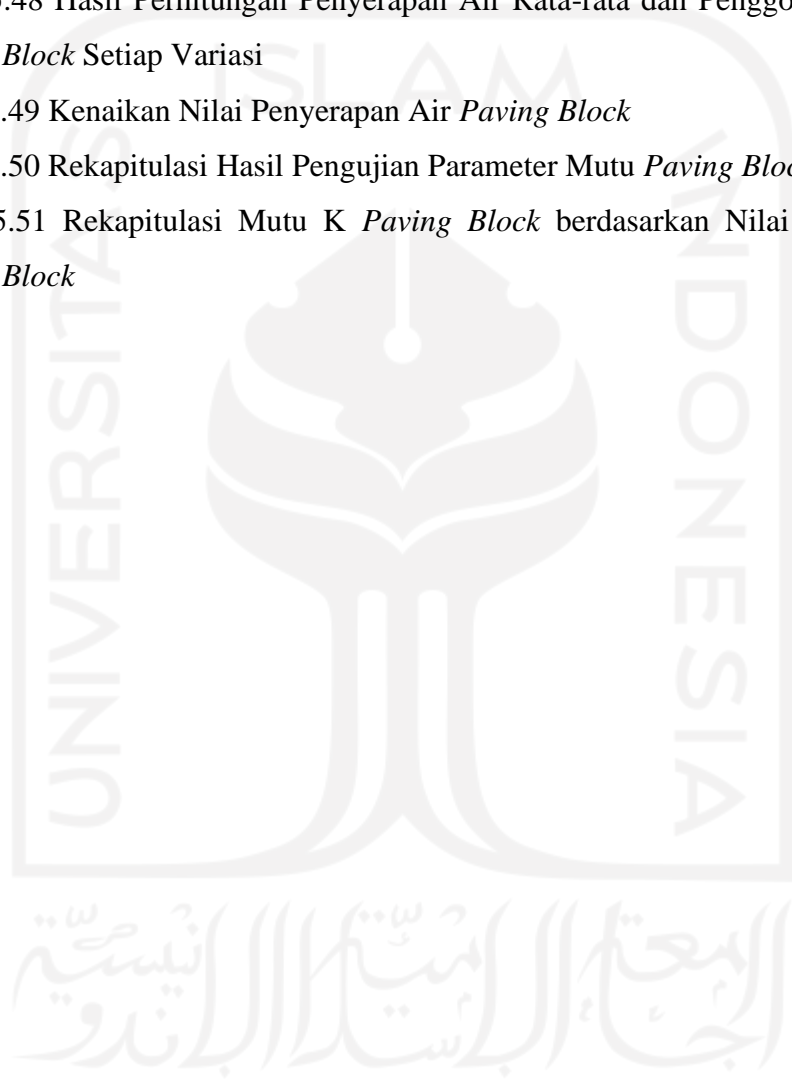
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Variasi dan Jumlah Benda Uji	5
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	17
Tabel 3.1 Kekuatan Fisik <i>Paving Block</i>	24
Tabel 3.2 Mutu K <i>Paving Block</i> berdasarkan Persyaratan Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> pada SNI 03-0691-1996	25
Tabel 3.3 Kandungan Oksidasi Pada Semen <i>Portland</i>	26
Tabel 3.4 Komposisi Senyawa Semen <i>Portland</i>	26
Tabel 3.5 Batas-batas Gradasi Agregat Halus	31
Tabel 3.6 Batas-batas Gradasi Agregat Halus	37
Tabel 3.7 Standar Penyerapan Air untuk <i>Paving Block</i>	41
Tabel 3.8 Komponen Kimia pada Kayu Mahoni	43
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	81
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1	82
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2	83
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	84
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	85
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	85
Tabel 5.7 Komposisi Kebutuhan Campuran <i>Paving Block</i>	87
Tabel 5.8 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%	89
Tabel 5.9 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%	89
Tabel 5.10 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%	89
Tabel 5.11 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%	89
Tabel 5.12 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%	90

Tabel 5.13 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%	90
Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%	90
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%	91
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%	91
Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%	91
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%	92
Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%	92
Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Kuat Tekan Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Setiap Variasi	92
Tabel 5.21 Kenaikan Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	93
Tabel 5.22 Hasil Uji Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%	96
Tabel 5.23 Hasil Uji Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%	97
Tabel 5.24 Hasil Uji Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%	97
Tabel 5.25 Hasil Uji Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%	97
Tabel 5.26 Hasil Uji Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%	97
Tabel 5.27 Hasil Uji Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%	98
Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%	98

Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%	98
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%	99
Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%	99
Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%	99
Tabel 5.33 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%	100
Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Keausan Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Setiap Variasi	100
Tabel 5.35 Kenaikan Nilai Keausan <i>Paving Block</i>	101
Tabel 5.36 Hasil Uji Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%	104
Tabel 5.37 Hasil Uji Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%	104
Tabel 5.38 Hasil Uji Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%	104
Tabel 5.39 Hasil Uji Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%	104
Tabel 5.40 Hasil Uji Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%	105
Tabel 5.41 Hasil Uji Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%	105
Tabel 5.42 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%	105
Tabel 5.43 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%	106
Tabel 5.44 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%	106

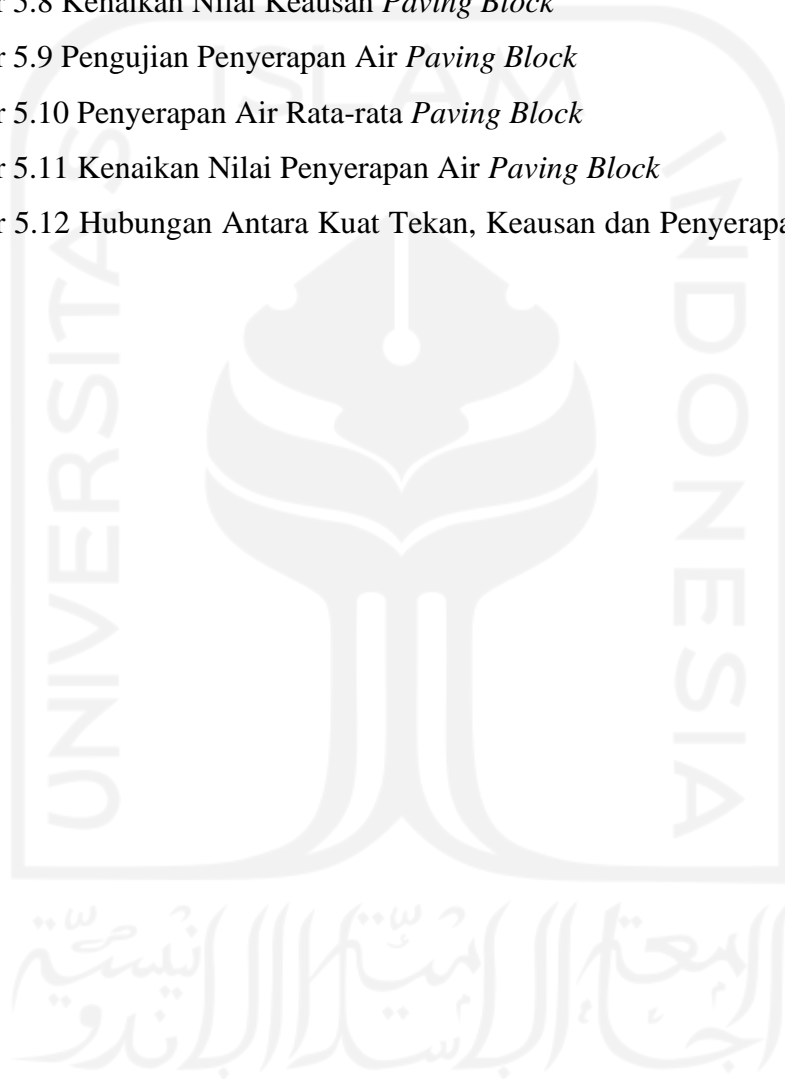
Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%	106
Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%	107
Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%	107
Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Setiap Variasi	107
Tabel 5.49 Kenaikan Nilai Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	108
Tabel 5.50 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter Mutu <i>Paving Block</i>	114
Tabel 5.51 Rekapitulasi Mutu K <i>Paving Block</i> berdasarkan Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	115



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Dimensi <i>Paving Block</i> 200 mm x 100 mm x 60 mm	22
Gambar 3.2 Bentuk <i>Paving Block</i>	23
Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	36
Gambar 3.4 Pengaruh Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan Beton	38
Gambar 3.5 Pengaruh Jumlah Semen terhadap Kuat Tekan Beton pada Faktor Air Sama	39
Gambar 3.6 Ilustrasi Pengujian Keausan <i>Paving Block</i>	40
Gambar 3.7 Ilustrasi Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	41
Gambar 4.1 Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>) Tahapan Penelitian	45
Gambar 4.2 Timbangan	47
Gambar 4.3 Cetok	47
Gambar 4.4 Saringan No. 1 – No. 200	48
Gambar 4.5 Oven	48
Gambar 4.6 Tungku Pembakaran Keramik Konvensional	49
Gambar 4.7 Cetakan Silinder Beton	49
Gambar 4.8 <i>Mixer</i>	50
Gambar 4.9 Mesin Cetak <i>Paving Block</i>	50
Gambar 4.10 Mesin Pemotong <i>Paving Block</i>	51
Gambar 4.11 Mesin Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	51
Gambar 4.12 Mesin Uji Keausan <i>Paving Block</i>	52
Gambar 4.13 Serbuk Kayu Mahoni Sebelum Dilakukan Pembakaran	53
Gambar 4.14 Abu Serbuk Kayu Mahoni Sesudah Dilakukan Pembakaran dan Penyaringan	53
Gambar 4.15 Semen <i>Portland</i>	54
Gambar 4.16 Pasir	54
Gambar 4.17 Air	55
Gambar 4.18 Proses Perawatan <i>Paving Block</i>	61
Gambar 4.19 Dimensi <i>Paving Block</i> Hasil Pemotongan 60 mm x 60 mm x 60 mm	61
Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1 Daerah II	82

Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2 Daerah II	83
Gambar 5.3 Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	88
Gambar 5.4 Kuat Tekan Rata-rata <i>Paving Block</i>	93
Gambar 5.5 Kenaikan Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	94
Gambar 5.6 Pengujian Keausan <i>Paving Block</i>	96
Gambar 5.7 Keausan Rata-rata <i>Paving Block</i>	101
Gambar 5.8 Kenaikan Nilai Keausan <i>Paving Block</i>	102
Gambar 5.9 Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	103
Gambar 5.10 Penyerapan Air Rata-rata <i>Paving Block</i>	108
Gambar 5.11 Kenaikan Nilai Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	109
Gambar 5.12 Hubungan Antara Kuat Tekan, Keausan dan Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	111



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan	123
Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan	127
Lampiran 3 Gambar Proses Pengujian Bahan	129
Lampiran 4 Gambar Proses Pembuatan Benda Uji	131
Lampiran 5 Gambar Proses Pengujian Benda Uji	132
Lampiran 6 Gambar Benda Uji Setelah Dilakukan Pengujian	133
Lampiran 7 Form Hasil Pengujian Agregat Halus	136
Lampiran 8 Form Hasil Pengujian Kandungan <i>Silika</i> Abu Serbuk Kayu Mahoni	144
Lampiran 9 Form Hasil Pengujian Mutu <i>Paving Block</i>	146

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>A</i>	= Luas penampang benda uji (cm ²)
Al_2O_3	= <i>Aluminium Trioxide</i>
ASTM	= <i>American Society for Testing and Material</i>
<i>B</i>	= Berat piknometer berisi air (gr)
<i>Bk</i>	= Berat benda uji kering oven (gr)
<i>Bt</i>	= Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)
<i>BV pasir</i>	= Berat volume pasir (gram/cm ³)
C_2S	= <i>Dicalcium Silicate</i>
C_3A	= <i>Tricalcium Aluminate</i>
C_3S	= <i>Tricalcium Silicate</i>
C_4AF	= <i>Tetracalcium Aluminoferrite</i>
CaO	= <i>Calcium Oxide</i>
$Ca(OH)_2$	= <i>Calcium Hidroxide</i>
CSH	= <i>Calcium Silicate Hydrate</i>
<i>D</i>	= Keausan (mm/menit)
<i>D tabung</i>	= Diameter dalam tabung (cm)
FAS	= Faktor Air Semen
Fe_2O_3	= <i>Ferum (III) Trioxide</i>
<i>G</i>	= Kehilangan berat/Waktu pengausan (gr/menit)
HTI	= Hutan Tanaman
MgO	= <i>Magnesium Oxide</i>
MHB	= Modulus Halus Butir
<i>n%</i>	= Variasi persentase abu serbuk kayu mahoni (%)
$Na_2O + K_2O$	= <i>Natrium Oxide + Potassium Oxide</i>
<i>P</i>	= Beban maksimum (kg)
<i>Pc</i>	= <i>Portland Cement</i>
<i>Ps</i>	= Pasir
PUBI	= Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia
SiO_2	= <i>Silicon Dioxide</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia

SO_3	= <i>Sulfur Trioxide</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
t_{tabung}	= Tinggi tabung (cm)
V	= Volume tabung (cm ³)
$V_{paving\ block}$	= Volume <i>paving block</i> (cm ³)
w_1	= Berat agregat kering oven (gr)
w_2	= Berat agregat kering oven sesudah dicuci (gr)
W_1	= Berat tabung (gr)
W_2	= Berat tabung + berat pasir (gr)
W_3	= Berat pasir padat atau gembur (gr)
W_b	= Berat bata beton basah (gr)
W_k	= Berat bata beton kering (gr)



ABSTRAK

Paving block terdiri dari campuran semen, air dan agregat halus. Ketika semen dicampurkan dengan air maka terjadi proses hidrasi dan setelahnya terjadi proses kimiawi yang menyebabkan pasta semen bersifat basa kuat, untuk menangani hal tersebut maka dibutuhkan *pozzolan* yang terdiri dari campuran *silika* dan *alumunium*, namun biaya yang digunakan relatif tinggi. Di sisi lain terdapat pencemaran lingkungan oleh menumpuknya limbah serbuk kayu khususnya serbuk kayu mahoni yang belum banyak dimanfaatkan. Padahal limbah tersebut memiliki kandungan *silika* seperti *pozzolan* pada semen.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi biaya penggunaan semen pada pembuatan *paving block* dan dampak negatif pencemaran lingkungan yang ada adalah dengan menggantikan sebagian semen pada pembuatan *paving block* menggunakan abu serbuk kayu mahoni hasil pembakaran. Variasi persentase abu serbuk kayu mahoni hasil pembakaran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni hasil pembakaran terhadap mutu *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996. Proses pembuatan benda uji menggunakan mesin *press*.

Dari penelitian yang telah dilakukan, pada *paving block* dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% secara berurutan didapatkan nilai kuat tekan rata-rata *paving block* rata-rata sebesar 10,797 MPa, 17,699 MPa, 21,744 MPa, 22,454 MPa, 17,948 MPa dan 17,963 MPa, kemudian didapatkan nilai keausan rata-rata *paving block* sebesar 0,210 mm/menit, 0,165 mm/menit, 0,143 mm/menit, 0,106 mm/menit, 0,109 mm/menit dan 0,136 mm/menit, lalu didapatkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* sebesar 11,798%, 9,734%, 8,226%, 7,319%, 9,462% dan 9,272%.

Kata kunci: *Paving Block*, Abu Serbuk Kayu Mahoni, Kuat Tekan, Keausan, Daya Serap Air.

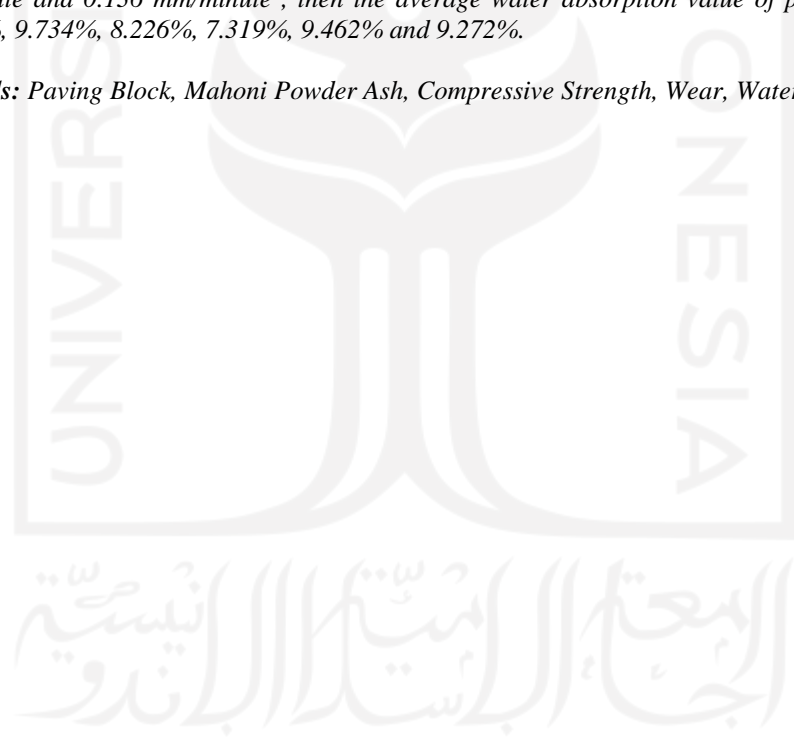
ABSTRACT

Paving blocks consist of a mixture of cement, water and fine aggregate. When cement is mixed with water, hydration process occurs and after that a chemical process occurs which causes the cement paste to be strongly alkaline, to handle this, a pozzolan consisting of a mixture of silica and aluminum is needed, but the cost is relatively high. On the other hand, there is environmental pollution by the accumulation of sawdust waste, especially mahoni sawdust which has not been widely used. Even though the waste contains silica such as pozzolan in cement.

One alternative that can be done to reduce the cost of using cement in the manufacture of paving blocks and the negative impact of existing environmental pollution is to replace some of the cement in the manufacture of paving blocks using combusted mahoni wood powder ash. Variations in the percentage of combusted mahoni wood powder ash that used in this study were 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of the cement weight. This study aims to analyze the effect of partial cement substitution using combusted mahoni wood powder ash on the quality of paving blocks according to SNI 03-0691-1996. The process of making objects using a press machine.

From the research that has been done, on paving blocks with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% respectively, the average compressive strength of paving blocks is 10,797 MPa, 17,699 MPa, 21,744 MPa, 22.454 MPa, 17.948 MPa and 17.963 MPa, then the average wear value of paving blocks is 0.210 mm/minute, 0.165 mm/minute, 0.143 mm/minute, 0.106 mm/minute, 0.109 mm/minute and 0.136 mm/minute , then the average water absorption value of paving blocks is 11.798%, 9.734%, 8.226%, 7.319%, 9.462% and 9.272%.

Keywords: *Paving Block, Mahoni Powder Ash, Compressive Strength, Wear, Water Absorption.*



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembang pesatnya teknologi, khususnya dalam bidang teknologi konstruksi di masa sekarang ini, banyak dari konsumen yang lebih memilih *paving block* sebagai bahan penutup dan pengerasan permukaan tanah dibandingkan dengan perkerasan lain seperti cor beton maupun aspal. Meningkatnya minat konsumen terhadap *paving block* ini dikarenakan konstruksi perkerasan *paving block* yang ramah lingkungan, *paving block* sangat baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaannya yang lebih cepat, mudah dalam pemasangannya dan pemeliharannya, memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika serta harganya yang mudah dijangkau.

Dalam upaya meminimalisir anggaran biaya konstruksi bangunan dan mengurangi dampak negatif dari pencemaran lingkungan yang masih sering terjadi, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan salah satu limbah yang mudah ditemukan di lingkungan sekitar, yaitu limbah serbuk kayu yang masih sering dijumpai pada industri-industri kayu. Pemanfaatan limbah tersebut dapat dikatakan masih kurang baik dan banyak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, contoh kasus yang banyak terjadi yaitu seperti membiarkan limbah serbuk kayu menumpuk sampai membusuk sehingga menjadikannya lebih sering dibuang atau dibakar begitu saja daripada dimanfaatkan, yang tanpa disadari hal tersebut dapat berpotensi menambah tingkat pencemaran lingkungan. Salah satu jalan yang dapat ditempuh untuk mengurangi dampak negatif dari limbah tersebut adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi aplikatif dan bermanfaat bagi masyarakat sehingga mudah untuk disosialisasikan, misalnya sebagai bahan substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block*, di dalam SNI 03-0691-1996 disebutkan bahwa, bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat, air, semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* itu sendiri.

Dalam penelitian yang dilakukan Widari dkk (2015), dijelaskan bahwa semen merupakan salah satu bahan utama yang paling berpengaruh dalam pengerasan dan pengikat pada *paving block*. Ketika semen dicampur dengan air maka proses kimia akan berlangsung yang disebut proses *hidrasi*. Dari reaksi kimia *trikalsium silikat* (C_3S) dan *dikalsium silikat* (C_2S) semen dengan air menghasilkan *kalsium silikat hidrat* (CSH), panas dan *kalsium hidroksida* ($Ca(OH)_2$). *Kalsium hidroksida* ($Ca(OH)_2$) yang dihasilkan tersebut akan menyebabkan pasta semen dalam campuran *paving block* bersifat basa kuat dan tidak larut dalam air sehingga dapat menurunkan kuat tekan *paving block* tersebut. Untuk mencegah hal tersebut maka digunakan *pozzolan* pada campuran *portland* yang disebut semen *portland pozzolan*. *Pozzolan* terdiri dari campuran *silika* dengan campuran *aluminium* yang memiliki sedikit sifat semen.

Lebih dalam mengenai hal tersebut, Fengel dan Wegenre (1995), menjelaskan bahwasannya komponen-komponen anorganik seluruhnya terdapat pada abu kayu, sisa setelah bahan organik dibakar. Komponen utama abu kayu adalah kalsium, kalium dan magnesium sedangkan kayu pada daerah tropis yang terbanyak adalah *silika*. Dalam penelitian ini, jenis serbuk kayu yang akan digunakan sebagai bahan substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block* ialah serbuk kayu dari kayu mahoni yang banyak ditemukan di daerah tropis, yang kemudian serbuk kayu mahoni tersebut diproses menjadi abu serbuk kayu mahoni. Pertimbangan menggunakan abu serbuk kayu mahoni di sini yaitu karena kandungan *silika* yang terdapat pada abu serbuk kayu mahoni tersebut bernilai sebesar 0,34% (Pari & Hartoyo, 1990), dengan kandungan *silika* sebesar ini menjadikan kayu mahoni termasuk ke dalam salah satu kayu dengan kandungan *silika* tinggi yang sering digunakan sebagai material ataupun bahan pada industri-industri kayu pada umumnya.

Penelitian sejenis mengenai pengaruh penambahan abu serbuk kayu mahoni terhadap salah satu parameter mutu *paving block* berupa nilai kuat tekan *paving block* sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu dengan judul penelitian “Studi deskriptif analitis pemanfaatan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah pembuatan *paving block* untuk mencari kuat tekan optimum berdasarkan SNI 03-0691-1996” dengan persentase abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah yang

diaplikasikan pada penelitian ini yaitu sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu serbuk kayu mahoni dengan variasi 0%, 5%, 10% dan 15% telah memenuhi persyaratan nilai kuat tekan *paving block* namun belum memenuhi mutu *paving block*, karena mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 tidak hanya ditinjau dari nilai kuat tekannya saja melainkan ditinjau dari beberapa parameter pengujian mutu yang harus dipenuhi berupa pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* (Jauzi dkk, 2012).

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen terhadap mutu *paving block* yang ditinjau dari beberapa parameter pengujian mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 berupa pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* dengan variasi abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen yang lebih variatif yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan variasi yang tepat antara campuran agregat halus dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen tersebut, sehingga dapat diperoleh hasil *paving block* yang mempunyai kuat tekan, keausan dan penyerapan air yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Dengan mengurangi penggunaan semen dan mensubstitusikan sebagiannya menggunakan abu serbuk kayu mahoni diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif terhadap pemanfaatan limbah serbuk kayu dalam lingkup dunia bahan konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, timbul permasalahan yang menarik untuk diteliti lebih lanjut, yang dirumuskan ke dalam tiga rumusan masalah sebagaimana berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap kuat tekan *paving block* ?
2. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap keausan *paving block* ?
3. Bagaimana pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap penyerapan air *paving block* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini sebagaimana berikut:

1. Menganalisa kuat tekan yang terjadi pada *paving block* bila menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan substitusi sebagian semen sesuai dengan syarat mutu yang ditetapkan di dalam SNI 03-0691-1996.
2. Menganalisa keausan yang terjadi pada *paving block* bila menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan substitusi sebagian semen sesuai dengan syarat mutu yang ditetapkan di dalam SNI 03-0691-1996.
3. Menganalisa penyerapan air yang terjadi pada *paving block* bila menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan substitusi sebagian semen sesuai dengan syarat mutu yang ditetapkan di dalam SNI 03-0691-1996.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari dilakukannya penelitian ini sebagaimana berikut:

1. Sebagai pengetahuan bagi masyarakat luas, industri kayu, maupun industri *paving block* yang terdapat di lingkungan masyarakat, bahwasannya limbah abu serbuk kayu mahoni dapat dimanfaatkan sebagai inovasi bahan substitusi sebagian semen dalam pembuatan *paving block*, baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaannya yang lebih cepat, mudah dalam pemasangan dan pemeliharannya, memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya yang mudah dijangkau.
2. Mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pengelolaan limbah abu serbuk kayu khususnya limbah abu serbuk kayu mahoni.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk mempermudah penelitian yang akan dilakukan, maka diberikan ruang lingkup yang membatasi penelitian ini sebagaimana berikut:

1. Pengujian yang dilakukan hanya pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air pada *paving block*.
2. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari gunung merapi.

3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* merek Tiga Roda yang terdapat pada silo di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.
4. Air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air yang didapat dari air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.
5. Abu serbuk kayu mahoni yang digunakan adalah limbah serbuk kayu mahoni yang diproses menjadi abu serbuk kayu mahoni.
6. Pengujian ini menggunakan *paving block* tipe holand dengan ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm yang dipotong menjadi 3 bagian berukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm.
7. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 30 buah sampel benda uji dengan kadar abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen, untuk setiap variasi menggunakan 15 buah benda uji dan setiap 1 buah benda uji dipotong menjadi 3 bagian berukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm sehingga total benda uji setelah dipotong yaitu sebanyak 90 buah sampel.

Variasi dan jumlah benda uji yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagaimana berikut.

Tabel 1.1 Variasi dan Jumlah Benda Uji

No	Variasi (%)	Jumlah Benda Uji Utuh (buah)	Jumlah Benda Uji Setelah Dipotong (buah)	Jumlah Benda Uji Setelah Dipotong untuk Setiap Pengujian (Buah)		
				Kuat Tekan	Keausan	Penyerapan Air
1	0	5	15	5	5	5
2	5	5	15	5	5	5
3	10	5	15	5	5	5
4	15	5	15	5	5	5
5	20	5	15	5	5	5
6	25	5	15	5	5	5
Total		30	90	30	30	30
				90		

8. Dalam pembuatan benda uji *paving block* digunakan perbandingan volume campuran semen:pasir 1pc:6ps (Ruswanto, 2017) dan nilai fas yang digunakan yaitu sebesar 0,35 (Tjokrodinuljo, 1992).

9. Pencampuran bahan pembuatan *paving block* dilakukan menggunakan mesin pengaduk semen dan pasir.
10. Perawatan benda uji dilakukan setelah satu hari dari pencetakan *paving block*. Pada umur 1 hari atau benda uji cukup keras dilakukan perendaman untuk menjaga kelembabannya hingga mencapai umur 28 hari.
11. Pembakaran serbuk kayu mahoni menjadi abu serbuk kayu mahoni dilakukan di Pusat Pelatihan Pembuatan Kerajinan Keramik Kasongan Bantul, Yogyakarta.
12. Pembuatan *paving block* dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman, Yogyakarta.
13. Pengujian benda uji *paving block* yang berupa pengujian kuat tekan, penyerapan air dan pengujian keausan *paving block* dilakukan pada umur 28 hari yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil-hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Selain itu, juga untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Oleh karena itu, dalam kajian pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagaimana berikut.

Astuti (2007), melakukan penelitian pengaruh limbah gergajian batu andesit sebagai substitusi semen terhadap kuat desak, daya serap air dan kekesatan *paving block*. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh limbah gergajian batu andesit sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, daya serap air dan kekesatan *paving block*. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa semakin bertambahnya limbah gergajian batu andesit sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kekesatan dari *paving block*. Tetapi padapengujian daya serap air semakin dengan bertambahnya limbah andesit yang digunakan menyebabkan daya serap air pada *paving block* semakin besar sehingga mutu dari *paving block* mengalami penurunan. Penyerapan terbesar terjadi pada variasi 30% yaitu 5.499%. Sedangkan pada pengujian kuat desak, limbah gergajian batu andesit hanya dapat digunakan secara optimum pada kadar 15% saja, karena dengan penambahan lebih dari 15% kuat desaknya terus mengalami penurunan.

Jauzi dkk (2012), melakukan penelitian studi deskriptif analitis pemanfaatan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah pembuatan *paving block* untuk mencari kuat tekan optimum berdasarkan SNI 03-0691-1996. Tujuannya adalah untuk mengetahui berapa nilai kuat tekan optimum yang dihasilkan oleh *paving block* menggunakan bahan tambah serbuk abu mahoni dengan penambahan perbandingan berat semen 0%, 5%, 10% dan 15%. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kuat tekan rata-rata yang dihasilkan per variasinya adalah 243 kg/cm², 306 kg/cm², 421 kg/cm², 254 kg/cm².

Widari dkk (2015), melakukan penelitian pengaruh penggunaan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan dan daya serap air pada *paving block*. Tujuannya adalah

untuk mengetahui dan menganalisa seberapa besar pengaruh penggunaan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan dan serapan air pada *paving block*. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kuat tekan rata-rata yang dihasilkan per variasinya adalah 11,979 MPa, 13,281 MPa, 14,792 MPa dan 13,594 MPa. Dengan daya serap air 4,345%, 3,529%, 2,555% dan 3,063%. *Paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu mengalami penurunan kuat tekan dari *paving block* normal yaitu 17,760 MPa. *Paving block* tersebut termasuk katagori mutu C, bisa digunakan untuk pejalan kaki.

Ruswanto (2017), melakukan penelitian pengaruh penambahan abu pembakaran serbuk kayu jati terhadap kuat tekan dan serapan air pada *paving block*. Tujuannya adalah untuk mengetahui dan menganalisa seberapa besar pengaruh penambahan abu pembakaran serbuk kayu jati terhadap kuat tekan dan serapan air pada *paving block*. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa kuat tekan rata-rata yang dihasilkan per variasinya adalah 11,083 MPa, 9,917 MPa, 10,083 MPa dan 8,250 MPa. Dengan daya serap air 7,83%, 7,79%, 8,59% dan 8,05%. *Paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu mengalami penurunan kuat tekan dari *paving block* normal yaitu 15,167 MPa. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa nilai maksimum pada penambahan 20% *paving block* tersebut termasuk katagori mutu D, biasa digunakan untuk taman dan penggunaan lain. Sehingga perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk variasi penambahan dan jenis kayu lainnya untuk mendapatkan *paving block* dengan mutu yang lebih baik.

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

sebesar 15,79 MPa dan pada proporsi tersebut diperoleh *paving block* yang memenuhi syarat *paving block* mutu C dan dapat dipergunakan untuk pejalan kaki.

Sucahyo dkk (2020), melakukan penelitian pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai campuran *paving block* (ditinjau dari kuat tekan dan resapan air). Tujuannya adalah untuk mengetahui dan menganalisa seberapa besar pengaruh arang tempurung kelapa terhadap perubahan kuat tekan dan resapan air pada *paving block* K-175. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa hasil nilai konversi kuat tekan benda uji pada umur 7 hari ke umur 28 hari dari benda uji N, 5%, 10%, 15% dan 20% adalah 271,80 kg/cm², 205,12 kg/cm², 102,57 kg/cm², 76,92 kg/cm² dan 64,11 kg/cm². Pada kode benda uji normal *paving block* tergolong dalam mutu kelas B, sedangkan pada kode benda uji 5% tergolong dalam mutu kelas B, untuk kode benda uji 10%, 15% dan 20% tidak memenuhi standar mutu *paving block*. Hasil dari uji resapan air *paving block* dengan arang tempurung kelapa dari benda uji 5%, 10%, 15% dan 20%. Kesemuanya mengalami peningkatan resapan air pada *paving block*.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Judul Penelitian	Pengaruh limbah gergajian batu andesit sebagai substitusi semen terhadap kuat desak, daya serap air dan kekesatan <i>paving block</i> .	Studi deskriptif analitis pemanfaatan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah pembuatan <i>paving block</i> untuk mencari kuat tekan optimum berdasarkan SNI 03-0691-1996.	Pengaruh penggunaan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan dan daya serap air pada <i>paving block</i> .	Pengaruh penambahan abu pembakaran serbuk kayu jati terhadap kuat tekan dan serapan air pada <i>paving block</i> .	Pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan, porositas dan beban impact <i>paving block</i> .	Pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai campuran <i>paving block</i> (ditinjau dari kuat tekan dan resapan air).
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui	Mengetahui berapa nilai kuat	Untuk mengetahui dan	Untuk mengetahui dan	Untuk mengetahui dan menganalisa	Untuk mengetahui

Lanjutan Tabel 2.1

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Tujuan Penelitian	pengaruh limbah gergajian batu andesit sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, daya serap air dan kekesatan <i>paving block</i> .	tekan optimum yang dihasilkan oleh <i>paving block</i> menggunakan bahan tambah serbuk abu mahoni dengan penambahan perbandingan berat semen 0%, 5%, 10% dan 15%.	menganalisa seberapa besar pengaruh penggunaan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan dan serapan air pada <i>paving block</i> .	menganalisa seberapa besar pengaruh penambahan abu pembakaran serbuk kayu jati terhadap kuat tekan dan serapan air pada <i>paving block</i> .	seberapa besar pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap perubahan kuat tekan, porositas dan beban impact pada <i>paving block</i> .	dan menganalisa seberapa besar pengaruh arang tempurung kelapa terhadap perubahan kuat tekan dan resapan air pada <i>paving block</i> K-175.
Hasil Penelitian	Semakin bertambahnya	Nilai kuat tekan rata-rata yang	Nilai kuat tekan rata-rata yang	Nilai kuat tekan rata-rata yang	Nilai kuat tekan rata-rata yang	Hasil nilai konversi kuat

Lanjutan Tabel 2.1

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Hasil Penelitian	limbah gergajian batu andesit sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kekesatan dari <i>paving block</i> . Tetapi padapengujian daya serap air semakin dengan bertambahnya limbah andesit yang digunakan menyebabkan	dihasilkan pervariasinya adalah 243 kg/cm ² , 306 kg/cm ² , 421 kg/cm ² dan 254 kg/cm ² .	<i>block</i> normal yaitu 17,760 Mpa. <i>Paving block</i> tersebut termasuk katagori mutu C, bisa digunakan untuk pejalan kaki.	dihasilkan pervariasinya adalah 11,083 MPa, 9,917 MPa, 10,083 MPa dan 8,250 MPa. Dengan daya serap air 7,83%, 7,79%, 8,59% dan 8,05%. <i>Paving block</i> dengan penambahan abu serbuk kayu mengalami penurunan kuat tekan dari <i>paving</i>	dihasilkan dengan variasi penambahan abu serbuk kayu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% adalah 14,25 MPa, 13,62 MPa, 15,79 MPa, 12,20 Mpa, 11,95 MPa dan 10,41 MPa dengan nilai porositas 4,744%, 4,752%, 3,696%, 3,989%, 5,416% dan 5,854% dan ketahanan impact yang dihasilkan	tekan benda uji pada umur 7 hari ke umur 28 hari dari benda uji N, 5%, 10%, 15% dan 20% adalah 271,80 kg/cm ² , 205,12 kg/cm ² , 102,57 kg/cm ² , 76,92 kg/cm ² dan 64,11 kg/cm ² . Pada kode benda uji

Lanjutan Tabel 2.1

<p>Nama Peneliti dan Tahun Penelitian</p>	<p>Kurnia Tri Astuti (2007)</p>	<p>Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)</p>	<p>Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)</p>	<p>Taufik Adi Ruswanto (2017)</p>	<p>Muhammad Ansori (2018)</p>	<p>I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)</p>
<p>Hasil Penelitian</p>	<p>daya serap air pada <i>paving block</i> semakin besar sehingga mutu dari <i>paving block</i> mengalami penurunan. Penyerapan terbesar terjadi pada variasi 30% yaitu 5.499%. Sedangkan pada pengujian kuat desak, limbah gergajian batu</p>			<p><i>block</i> normal yaitu 15,167 MPa. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa nilai maksimum pada penambahan 20% <i>paving block</i> tersebut termasuk katagori mutu D, biasa digunakan untuk taman dan penggunaan lain. Sehingga perlu dilakukannya penelitian</p>	<p>pervariasinya adalah 89,10 Joule, 93,15 Joule, 101,25 Joule, 85,05 Joule, 81,00 Joule dan 72,90 Joule. Kuat tekan optimum <i>paving block</i> terdapat pada penambahan abu serbuk kayu 10% yaitu sebesar 15,79 MPa dan pada proporsi tersebut diperoleh <i>paving block</i> yang memenuhi syarat</p>	<p>normal <i>paving block</i> tergolong dalam mutu kelas B, sedangkan pada kode benda uji 5% tergolong dalam mutu kelas B, untuk kode benda uji 10%, 15% dan 20% tidak memenuhi standar mutu <i>paving block</i>.</p>

Lanjutan Tabel 2.1

<p>Nama Peneliti dan Tahun Penelitian</p>	<p>Kurnia Tri Astuti (2007)</p>	<p>Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)</p>	<p>Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)</p>	<p>Taufik Adi Ruswanto (2017)</p>	<p>Muhammad Ansori (2018)</p>	<p>I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)</p>
<p>Hasil Penelitian</p>	<p>andesit hanya dapat digunakan secara optimum pada kadar 15% saja, karena dengan penambahan lebih dari 15% kuat desaknya terus mengalami penurunan.</p>			<p>lanjutan untuk variasi penambahan dan jenis kayu lainnya untuk mendapatkan <i>paving block</i> dengan mutu yang lebih baik.</p>	<p><i>paving block</i> mutu C dan dapat dipergunakan untuk pejalan kaki.</p>	<p>Hasil dari uji resapan air <i>paving block</i> dengan penambahan arang tempurung kelapa dari benda uji 5%, 10%, 15% dan 20%. Kesemuanya mengalami peningkatan resapan air pada <i>paving block</i>.</p>

2.2 Perbandingan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

Dalam penelitian ini terdapat beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian terdahulu. Persamaan dan perbedaannya dapat dilihat sebagaimana berikut.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Astuti (2007), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan limbah, variabel terikatnya yang berupa kuat desak *paving block* dan daya serap air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat desak *paving block* dan pengujian daya serap air. Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel bebasnya yang berupa limbah gergajian batu andesit sebagai substitusi semen, variabel terikatnya yang berupa kekesatan *paving block*, tanpa menggunakan pengujian keausan *paving block* dan penyerapan air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kekesatan *paving block*, tanpa melakukan metode pengujian keausan *paving block* dan penyerapan air *paving block*.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jauzi dkk (2012), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu mahoni, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block*. Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel bebasnya yang berupa abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai bahan tambah bukan sebagai pengganti sebagian semen, variabel terikatnya yang tidak melakukan pengujian keausan *paving block* dan penyerapan air *paving block*, metodenya yang tidak menggunakan metode pengujian keausan *paving block* dan pengujian serapan air *paving block*.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Widari dkk (2015), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block* dan daya serap air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block* dan pengujian daya serap air *paving block*. Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel terikatnya yang tidak melakukan pengujian keausan *paving block*, metodenya yang tidak menggunakan metode pengujian keausan *paving block*.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ruswanto (2017), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block* dan serapan air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan dan pengujian serapan air. Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel bebasnya yang berupa abu serbuk kayu jati, variabel terikatnya yang tidak melakukan pengujian keausan *paving block*, metodenya yang tidak menggunakan metode pengujian keausan *paving block*.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ansori (2018), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan abu serbuk kayu, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian kuat tekan *paving block*. Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel bebasnya yang berupa abu serbuk kayu campuran, variabel terikatnya yang berupa porositas *paving block*, beban impact *paving block*, tanpa menggunakan pengujian keausan *paving block* dan pengujian penyerapan air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian porositas dan metode pengujian beban impact *paving block*, tanpa melakukan metode pengujian keausan *paving block* dan pengujian penyerapan air *paving block*.

Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suchyo dkk (2020), yaitu terletak pada variabel bebasnya yang menggunakan limbah, variabel terikatnya yang berupa kuat tekan *paving block* dan resapan air *paving block*, metodenya yang berupa pengujian kuat tekan *paving block* dan pengujian resapan air *paving block*. Perbedaan antara keduanya terletak pada Perbedaan antara keduanya terletak pada variabel bebasnya yang berupa limbah tempurung kelapa, variabel terikatnya yang berupa beban impact *paving block*, tanpa menggunakan pengujian keausan *paving block* dan penyerapan air *paving block*, metodenya yang berupa metode pengujian beban impact *paving block*, tanpa melakukan metode pengujian keausan *paving block* dan pengujian serapan air *paving block*.

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Judul Penelitian	Pengaruh limbah gergajian batu andesit sebagai substitusi semen terhadap kuat desak, daya serap air dan kekesatan <i>paving block</i> .	Studi deskriptif analitis pemanfaatan abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah pembuatan <i>paving block</i> untuk mencari kuat tekan optimum berdasarkan SNI 03-0691-1996.	Pengaruh penggunaan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan dan daya serap air pada <i>paving block</i> .	Pengaruh penambahan abu pembakaran serbuk kayu jati terhadap kuat tekan dan serapan air pada <i>paving block</i> .	Pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan, porositas dan beban impact <i>paving block</i> .	Pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai campuran <i>paving block</i> (ditinjau dari kuat tekan dan resapan air).
Persamaan	<ol style="list-style-type: none"> Variabel bebas <ol style="list-style-type: none"> Limbah. Variabel terikat <ol style="list-style-type: none"> Kuat desak <i>paving block</i>. Daya serap 	<ol style="list-style-type: none"> Variabel bebas <ol style="list-style-type: none"> Abu serbuk kayu mahoni. Variabel terikat <ol style="list-style-type: none"> Kuat tekan <i>paving block</i>. Metode 	<ol style="list-style-type: none"> Variabel bebas <ol style="list-style-type: none"> Abu serbuk kayu. Variabel terikat <ol style="list-style-type: none"> Kuat desak <i>paving block</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> Variabel bebas <ol style="list-style-type: none"> Abu serbuk kayu. Variabel terikat <ol style="list-style-type: none"> Kuat tekan <i>paving block</i>. Daya serap 	<ol style="list-style-type: none"> Variabel bebas <ol style="list-style-type: none"> Abu serbuk kayu. Variabel terikat <ol style="list-style-type: none"> Kuat tekan <i>paving block</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> Variabel bebas <ol style="list-style-type: none"> Limbah Variabel terikat <ol style="list-style-type: none"> Kuat tekan <i>paving block</i>. Resapan air

Lanjutan Tabel 2.2

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Persamaan	<p>air paving block.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian kuat desak paving block.</p> <p>b. Pengujian daya serap air paving block.</p>	<p>a. Pengujian kuat tekan paving block.</p>	<p>b. Daya serap air paving block.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian kuat desak paving block.</p> <p>b. Pengujian daya serap air paving block.</p>	<p>c. air paving block.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian kuat tekan paving block.</p> <p>b. Pengujian daya serap air paving block.</p>	<p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian kuat tekan paving block.</p>	<p>paving block.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian kuat tekan paving block.</p> <p>b. Pengujian resapan air paving block.</p>
Perbedaan	<p>1. Variabel bebas</p> <p>a. Limbah gergajian batu</p>	<p>1. Variabel bebas</p> <p>a. Abu serbuk kayu mahoni sebagai bahan</p>	<p>1. Variabel terikat</p> <p>a. Tanpa keausan paving</p>	<p>1. Variabel bebas</p> <p>a. Abu serbuk kayu jati.</p> <p>2. Variabel terikat</p>	<p>1. Variabel bebas</p> <p>a. Abu serbuk kayu campuran.</p>	<p>1. Variabel bebas</p> <p>a. Limbah tempurung kelapa.</p>

Lanjutan Tabel 2.2

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Perbedaan	<p>andesit sebagai substitusi semen.</p> <p>2. Variabel terikat</p> <p>a. Kekesatan <i>paving block</i>.</p> <p>b. Tanpa keausan <i>paving block</i>.</p> <p>c. Tanpa penyerapan air <i>paving block</i>.</p> <p>3. Metode</p>	<p>tambah.</p> <p>2. Variabel terikat</p> <p>a. Tanpa keausan <i>paving block</i>.</p> <p>b. Tanpa penyerapan air <i>paving block</i>.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Tanpa pengujian keausan <i>paving block</i>.</p> <p>b. Tanpa pengujian penyerapan air <i>paving</i></p>	<p><i>block</i>.</p> <p>2. Metode</p> <p>a. Tanpa pengujian keausan <i>paving block</i>.</p>	<p>a. Tanpa keausan <i>paving block</i>.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Tanpa pengujian keausan <i>paving block</i>.</p>	<p>2. Variabel terikat</p> <p>a. Porositas <i>paving block</i>.</p> <p>b. Beban impact <i>paving block</i>.</p> <p>c. Tanpa keausan <i>paving block</i>.</p> <p>d. Tanpa penyerapan air <i>paving block</i>.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian</p>	<p>2. Variabel terikat</p> <p>a. Beban impact <i>paving block</i>.</p> <p>b. Tanpa keausan <i>paving block</i>.</p> <p>c. Tanpa penyerapan air <i>paving block</i>.</p> <p>3. Metode</p> <p>a. Pengujian beban impact <i>paving</i></p>

Lanjutan Tabel 2.2

Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Kurnia Tri Astuti (2007)	Ibnu jauzi, Prihantono dan Dadang Suyadi S (2012)	Lis Ayu Widari, Fasdarsyah dan Iva Debrina (2015)	Taufik Adi Ruswanto (2017)	Muhammad Ansori (2018)	I A Sucahyo, H R Agustapraja dan B Damara (2020)
Perbedaan	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengujian kekesatan <i>paving block</i>. b. Tanpa pengujian keausan <i>paving block</i>. c. Tanpa pengujian penyerapan air <i>paving block</i>. 	<i>block.</i>			<ul style="list-style-type: none"> porositas <i>paving block</i>. b. Pengujian beban impact <i>paving block</i>. c. Tanpa pengujian keausan <i>paving block</i>. d. Tanpa pengujian penyerapan air <i>paving block</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>block.</i> b. Tanpa pengujian keausan <i>paving block</i>. c. Tanpa pengujian serapan air <i>paving block</i>.

2.3 Keaslian Penelitian

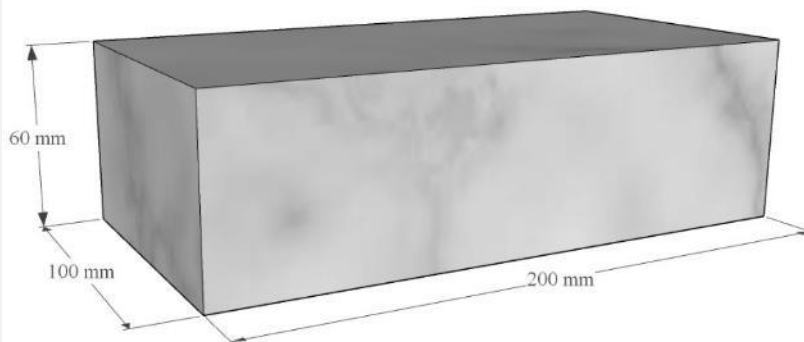
Tugas akhir ini berupa penelitian yang bersifat experimental, dalam penelitian ini dilakukan pembuatan *paving block* yang memanfaatkan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi persentase abu serbuk kayu mahoni sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen untuk dianalisis mutunya berdasarkan parameter-parameter mutu *paving block* yang telah ditetapkan pada SNI 03-0691-1996 yaitu berupa pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block*.



BAB III LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996, bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat halus dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.



Gambar 3.1 Dimensi *Paving Block* 200 mm x 100 mm x 60 mm

Sebagai bahan penutup dan pengerasan permukaan tanah, *paving block* sangat luas penggunaannya untuk berbagai keperluan, mulai dari keperluan yang sederhana sampai penggunaan yang memerlukan spesifikasi khusus. *Paving block* dapat digunakan untuk pengerasan dan memperindah trotoar jalan di kota-kota, pengerasan jalan di kompleks perumahan atau kawasan pemukiman, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, pengerasan areal parkir, areal perkantoran, pabrik, taman dan halaman sekolah, serta di kawasan hotel dan restoran.

Paving block dengan kualitas baik adalah *paving block* yang mempunyai nilai kuat desak tinggi, serta nilai absorpsi yang rendah. Sehubungan dengan standar kualitas tersebut, tipe karakteristik kualitas yang diteliti adalah *larger the better* untuk kuat tekan dan *smaller the better* untuk persentase serapan air. Semakin tinggi nilai kuat tekannya maka *paving block* semakin bagus. Sedangkan untuk persentase serapan air, semakin rendah nilai absorpsinya, produk *paving block* semakin kuat. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* dengan mutu terendah (mutu D)

paling tidak memiliki kuat tekan 8,5 Mpa dan persentase serapan air rata-rata maksimum 10%.

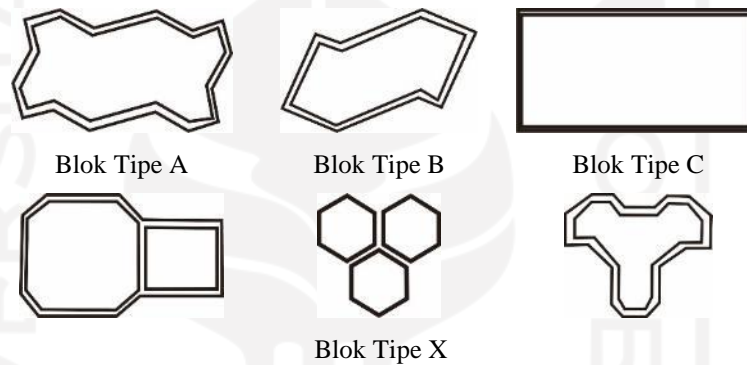
3.1.1 Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, klasifikasi *paving block* didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan dan warna. Penjelasan mengenai klasifikasi tersebut sebagaimana berikut:

1. Klasifikasi berdasarkan bentuk

Bentuk *paving block* secara garis besar terbagi atas dua macam, yaitu:

- a. *Paving block* bentuk segi empat.
- b. *Paving block* bentuk segi banyak.



Gambar 3.2 Bentuk *Paving Block*
(Sumber: SK SNI T-04-1990-F, 1990)

2. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Ketebalan *paving block* ada tiga macam, yaitu:

- a. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm.
- b. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm.
- c. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm.

Pemilihan bentuk dan ketebalan dalam pemakaian harus disesuaikan dengan rencana penggunaannya dan kuat tekan *paving block* tersebut juga harus diperhatikan.

3. Klasifikasi berdasarkan kekuatan

Pembagian kelas *paving block* berdasarkan mutunya adalah:

- a. *Paving block* mutu A digunakan untuk jalan.
- b. *Paving block* mutu B digunakan untuk peralatan parkir.

- c. *Paving block* mutu C digunakan untuk pejalan kaki.
 - d. *Paving block* mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain.
4. Klasifikasi berdasarkan warna
- Warna yang tersedia di pasaran antara lain abu-abu, hitam dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali untuk menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air dan lain-lain.

3.1.2 Standar Mutu *Paving Block*

Paving block harus memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996, persyaratan tersebut yaitu sebagaimana berikut:

1. Sifat tampak *paving block* harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sedum dan rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.
2. Bentuk dan ukuran *paving block* tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam leaflet mengenai bentuk, ukuran dan konstruksi pemasangan *paving block*.
3. Penyimpangan tebal *paving block* diperkenankan kurang lebih 3 mm.
4. *Paving block* harus mempunyai kekuatan fisik sebagaimana tertera pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kekuatan Fisik *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Keausan (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-rata Maksimum
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40	35	0,09	0,10	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: SNI 03-0691-1996 (1996)

5. *Paving block* untuk lantai apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.

Mengacu kepada SNI 03-0691-1996, tidak terdapat aturan yang mengatur bagaimana caranya untuk menentukan satu mutu *paving block* berdasarkan nilai kuat tekan, keausan dan penyerapan air yang didapatkan dari pengujian, namun

terdapat satu hal yang paling umum ditanyakan di lapangan mengenai mutu *paving block* yaitu nilai kuat tekannya. Satuan yang digunakan adalah kg/cm^2 atau MPa, namun kebanyakan orang meringkasnya dengan sebutan K. 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 sebagaimana tertera pada Tabel 3.2 berikut.

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

3.2 Bahan Penyusun *Paving Block*

Material yang digunakan dalam pembuatan *paving block* sama dengan material yang digunakan pada pembuatan beton biasanya. Hanya saja ada sebagian yang tidak menggunakan agregat kasar (kerikil). Telah dijelaskan di dalam SNI 03-0691-1996 bahwa bahan susun *paving block* adalah semen *portland*, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah. Penjelasan dari bahan susun *paving block* dapat dilihat sebagaimana berikut.

3.2.1 Semen *Portland*

Semen berdasarkan SNI 15-2049-2004 adalah bubuk halus yang memiliki sifat *adhesif* maupun *kohesif*, yaitu bahan pengikat. Arti dari bahan pengikat adalah suatu reaksi semen mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Definisi semen *portland* merupakan bahan perekat hidrolis yang sangat penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat *hidrolis* yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker*, terutama terdiri dari *silikat-silikat* kalsium yang bersifat *hidrolis* dengan *gips* sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau

grout bila bersenyawa dengan air dapat mengeras dan jika bereaksi dengan agregat halus biasa disebut dengan mortar (Tjokrodinuljo, 2007).

Selain itu juga semen *portland* mempunyai sifat-sifat kimia yang mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen *portland*. Perbandingan susunan oksida dan senyawa semen *portland* akan ditunjukkan pada Tabel 3.3 sebagaimana berikut.

Tabel 3.3 Kandungan Oksidasi Pada Semen *Portland*

Oksida	Kandungan (%)
Kapur (CaO)	60 - 67
Silika (SiO ₂)	17 - 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 - 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 - 6
Magnesia (MgO)	0,5 - 4
Sulfur (SO ₃)	2,0 - 3,5
Soda/potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,3 - 1,2

Sumber: Neville (2011)

Unsur-unsur oksida di atas bila direaksikan akan menghasilkan senyawa-senyawa utama yang terdapat di dalam semen *portland* yaitu C₃S (*tricalcium silicate* – 3CaO.SiO₂), C₂S (*dicalcium silicate* – 2CaO.SiO₂), C₃A (*tricalcium aluminate* – 2CaO.SiO₂) dan C₄AF (*tetracalcium aluminoferrite* – 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃). Komposisi senyawa-senyawa ini dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagaimana berikut.

Tabel 3.4 Komposisi Senyawa Semen *Portland*

Senyawa	Kandungan (%)
C ₃ S	45 - 65
C ₂ S	10 - 25
C ₃ A	7 - 12
C ₄ AF	5 - 11

Sumber: Tjokrodinuljo (2007)

Ketika dicampur dengan air, senyawa-senyawa kimia di atas akan mengalami reaksi *hidrasi*. Demikian untuk membentuk produk *hidrasi* dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen tentunya berbeda-beda. Penggolongan komposisi kimia (*manufacturing*) semen dilakukan dengan cara mengubah presentase 4

komponen utama semen agar menghasilkan 5 semen tipe umum (PUBI, 1982). Dimana penggolongan ini dimaksudkan agar penggunaan semen sesuai dengan tujuan pemakaian dan spesifik, penggolongan ini mengacu pada ASTM C-150 (*American Society for Testing and Material*) yaitu sebagaimana berikut:

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap *sulfat* dan *kalor hidrasi* sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya menuntut *kalor hidrasi* rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap *sulfat*.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat adalah butiran alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992).

Menurut SNI 1970-2008, Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

Agregat halus sering disebut dengan pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian maupun hasil pemecahan. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat dengan besar butir kurang dari 4,75 mm. Agregat halus mempunyai peran penting sebagai pembentuk beton dalam pengendalian *workability*, kekuatan (*strength*) dan keawetan beton (*durability*). Pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang telah ditentukan (Mulyono, 2005).

Syarat-syarat agregat halus (pasir) menurut Mulyono (2005) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan ASTM C 33 antara lain:

1. Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
2. Butiran tajam, keras, awet (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
3. Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet.
4. Gradasi sesuai spesifikasi dan hindari *gap graded aggregate* karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga.
5. Bentuk yang baik adalah bulat, karena akan saling mengisi rongga dan jika ada bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15% berat total agregat.

Pemeriksaan agregat halus perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan dan juga dilakukan untuk mengetahui apakah agregat halus telah memenuhi persyaratan atau tidak. Hasil pemeriksaan ini juga dapat digunakan sebagai data rencana adukan beton yang akan digunakan dalam pembuatan *paving block*. Pemeriksaan-pemeriksaan tersebut meliputi:

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat halus dan sejenisnya yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) yang bertujuan menentukan angka berat jenis curah, berat jenis jenuh permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat halus. Untuk memperoleh data tersebut diperlukan langkah-langkah dan perhitungan yang sesuai dengan SNI 03-1970-1990.

- a. Berat jenis curah

Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

Data pemeriksaan berat jenis curah agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (3.1)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

b. Berat jenis jenuh permukaan

Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

Data pemeriksaan berat jenis jenuh permukaan agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

$$\text{Berat jenis jenuh permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (3.2)$$

Keterangan:

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

c. Berat jenis semu

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C.

Data pemeriksaan berat jenis semu agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

d. Penyerapan air pada agregat

Penyerapan adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

Data pemeriksaan penyerapan air agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

$$\text{Penyerapan air pada agregat} = \frac{500 - Bk}{Bk} \quad (3.4)$$

Keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

2. Pemeriksaan analisis saringan

Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat halus dan sejenisnya yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) yang bertujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik. Untuk memperoleh data tersebut diperlukan langkah-langkah dan perhitungan yang sesuai dengan SNI 03-1968-1990.

Data pemeriksaan analisis saringan agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

a. Berat tertinggal

$$\text{Berat tertinggal} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Jumlah}} \times 100\% \quad (3.5)$$

b. Berat tertinggal kumulatif

$$\text{Berat tertinggal kumulatif} = \text{Persentase berat tertinggal} + \text{Persentase berat tertinggal kumulatif sebelumnya} \quad (3.6)$$

c. Persen lolos kumulatif

$$\text{Persen lolos kumulatif} = 100 - \text{Berat tertinggal kumulatif} \quad (3.7)$$

d. Modulus halus butir (MHB)

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.8)$$

Tabel 3.5 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Berat Butir Lolos Saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona 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

Sumber: SNI 03-2834-1992 (1992)

Keterangan tabel:

Zona I = Pasir kasar

Zona II = Pasir agak kasar

Zona III = Pasir agak halus

Zona IV = Pasir halus

3. Pemeriksaan berat volume padat dan gembur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume padat dan gembur agregat halus. Untuk memperoleh data tersebut diperlukan langkah-langkah dan perhitungan yang sesuai dengan SNI 03-4804-1998.

Data pemeriksaan berat volume padat dan gembur agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

a. Berat pasir

$$W3 = W2 - W1 \quad (3.9)$$

Keterangan:

$W2$ = Berat tabung + berat pasir (gr)

$W1$ = Berat tabung (gr)

b. Volume tabung

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D \text{ tabung}^2 \times t \text{ tabung} \quad (3.10)$$

Keterangan:

$D \text{ tabung}$ = Diameter dalam tabung (cm)

t_{tabung} = Tinggi tabung (cm)

c. Berat volume padat

$$\text{Berat volume padat} = \frac{W_3}{V} \quad (3.11)$$

Keterangan:

W_3 = Berat pasir padat (gr)

V = Volume tabung (cm^3)

d. Berat volume gembur

$$\text{Berat volume gembur} = \frac{W_3}{V} \quad (3.12)$$

Keterangan:

W_3 = Berat pasir gembur (gr)

V = Volume tabung (cm^3)

4. Pemeriksaan kandungan lumpur

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan persentase kandungan lumpur di dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi bangunan. Berdasarkan PUBI 1982, berat bagian yang lewat saringan No. 200 untuk pasir maksimal 5%. Pemeriksaan dilakukan pada agregat halus atau pasir yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) sebanyak 500 gram dan langkah-langkah pengujian yang sesuai SNI 03-4142-1996.

Data pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

$$\text{Berat lolos saringan No. 200} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (3.13)$$

Keterangan:

w_1 = Berat agregat kering oven (gr)

w_2 = Berat agregat kering oven sesudah dicuci (gr)

3.2.3 Air

Menurut Mulyono (2005), semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air, air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk *hidrasi* semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga betonya lecah (*workable*).

Faktor air semen (fas) merupakan perbandingan berat antara air dan berat semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Semakin tinggi nilai faktor air-semen maka kekuatan beton mengalami penurunan, semakin rendah nilai faktor air semen maka kekuatan beton tidak selalu mengalami peningkatan. Pengaruh kepadatan beton terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.3. Semakin rendahnya nilai faktor air semen juga biasanya beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Oleh karena itu, nilai faktor air semen yang optimal akan mampu menghasilkan kekuatan tekan beton yang maksimal. Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sekitar 0,30 kali berat semen, namun kenyataannya jika dipakai nilai faktor air semen kurang dari 0,35 adukan mortar atau beton menjadi sulit dikerjakan, sehingga umumnya berat air lebih dari 0,35 berat semen (Tjokrodimuljo, 1992). Namun pada pembuatan *paving block*, faktor air semen yang biasa digunakan adalah 0,2-0,35 dari berat semen. Karena jika terlalu encer maka akan sulit dalam proses pencetakannya dengan mesin cetak *paving block*.

Menurut SNI 03-2847-2002, terdapat beberapa persyaratan penggunaan air untuk beton, persyaratan tersebut adalah sebagaimana berikut:

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.

3.2.4 Abu Serbuk Kayu Mahoni

Menurut SNI 03-0691-1996 tentang *paving block*, *paving block* merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari *paving block* itu sendiri.

Bahan substitusi sebagian semen yang digunakan di sini merupakan limbah berupa serbuk kayu mahoni yang berasal dari sisa-sisa industri kayu yang ada di lingkungan sekitar yang diproses menjadi abu serbuk kayu mahoni. Menurut Suanto (2014) dalam Fajar (2018), serbuk gergaji merupakan suatu jenis dari limbah kayu. Limbah kayu dapat berjenis kayu yang tidak terpakai, kayu kecil-kecil atau ranting dan serbuk gergaji. Serbuk gergaji merupakan limbah kayu, sisa potongan dalam berbagai bentuk dan ukuran yang dibuang dalam proses produksinya karena tidak dapat menghasilkan produk (*output*) yang bernilai tinggi dari segi ekonomi dengan tingkat teknologi pengolahan tertentu yang digunakan. Serbuk gergaji banyak tersedia, karena serbuk gergaji merupakan produk sampingan dari industri pengolahan kayu nonkertas. Serbuk gergaji memiliki kandungan air kering sampai sedang.

Serbuk gergaji kayu mahoni berasal dari kayu mahoni yang dipotong dengan gergaji berbentuk serbuk halus berwarna coklat. Menurut hasil penelitian tentang analisis kimia 9 jenis kayu di Indonesia yang dilakukan oleh Gustan dan Hartoyo (1990) salah satunya yaitu kayu mahoni, terdapat beberapa komponen kimia yang terkandung pada kayu, salah satu komponen kimia tersebut adalah *silika*. Kandungan *silika* yang terdapat pada kayu mahoni sebesar 0,34%, dengan kandungan *silika* sebesar ini menjadikan kayu mahoni termasuk ke dalam salah satu kayu dengan kandungan *silika* tinggi yang sering digunakan sebagai material ataupun bahan pada industri-industri kayu pada umumnya.

Pemeriksaan abu serbuk kayu mahoni perlu dilakukan untuk mengetahui kandungan *silika* yang terdapat di dalamnya. Hasil pemeriksaan kandungan *silika* ini digunakan sebagai parameter untuk mengetahui seberapa besar pengaruh substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap mutu *paving block*.

3.3 Perencanaan Campuran *Paving Block*

Dalam perencanaan campuran benda uji *paving block* digunakan perbandingan volume campuran semen:pasir 1pc:6ps, digunakannya perbandingan volume ini karena mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ruswanto (2017) bahwasannya didapatkan hasil nilai kuat tekan *paving block* maksimum sebesar 15,167 MPa yaitu masuk ke dalam mutu C pada *paving block* normal dan nilai penyerapan air *paving block* minimum sebesar 7,12% yaitu masuk ke dalam mutu C pada *paving block* normal juga. Nilai faktor air semen yang digunakan yaitu sebesar 0,35 (Tjokrodinuljo, 1992). Faktor pemadatan mesin hidrolis yang digunakan yaitu sebesar 1,3 (Yahya, 2018) dan kebutuhan abu serbuk kayu mahoni diperoleh dari persentase abu serbuk kayu mahoni yang dibutuhkan terhadap berat semen. Komposisi kebutuhan campuran *paving block* yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan sebagaimana berikut:

$$\text{Kebutuhan pasir 1 } \textit{paving block} = \frac{6}{7} \times \text{Berat volume padat agregat halus} \times V \textit{ paving block} \times 1,3 \quad (3.14)$$

$$\text{Kebutuhan semen 1 } \textit{paving block} = \frac{\text{Kebutuhan pasir}}{6} \quad (3.15)$$

$$\text{Kebutuhan abu serbuk kayu } n\% = n\% \times \text{Total kebutuhan semen 5 } \textit{paving block} \quad (3.16)$$

Keterangan:

$V \textit{ paving block}$ = Volume *paving block* (cm³)

$n\%$ = Variasi persentase abu serbuk kayu mahoni (%)

Faktor pemadatan mesin hidrolis = 1,3

3.4 Pengujian Mutu *Paving Block*

Pengujian yang akan dilakukan di laboratorium meliputi pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air pada *paving block*. Berikut penjelasan masing-masing pengujian.

3.3.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* adalah besaran beban yang mampu ditahan per satuan luas sebuah *paving block* sehingga *paving block* tersebut hancur akibat gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Menurut SNI 03-0691-1996, untuk memperoleh nilai kuat tekan *paving block* digunakan rumus sebagaimana berikut.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.17)$$

$$\text{Kuat tekan rata-rata} = \frac{\Sigma \text{Kuat Tekan}}{n} \quad (3.18)$$

$$\text{Kenaikan nilai kuat tekan} = \left\{ \frac{(\text{Kuat tekan } n\% - \text{Kuat tekan } 0\%)}{\text{Kuat tekan } 0\%} \right\} \times 100\% \quad (3.19)$$

Keterangan:

Kuat tekan = Kuat tekan *paving block* (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

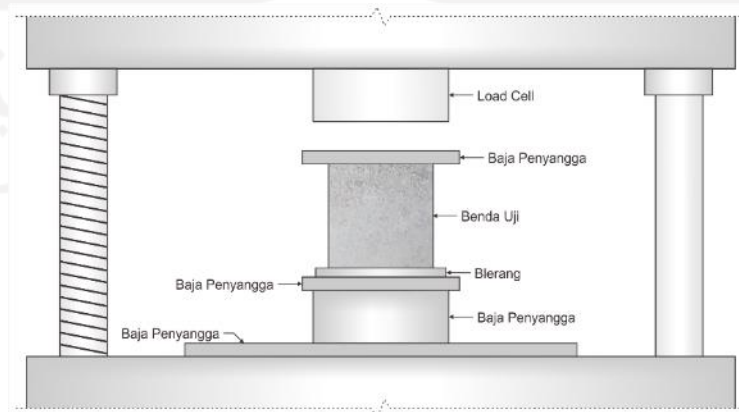
A = Luas penampang benda uji (cm²)

Σ Kuat Tekan = Jumlah nilai kuat tekan satu variasi (MPa)

n = Ukuran sampel

Kuat tekan $n\%$ = Nilai kuat tekan rata-rata pada variasi tertentu (MPa)

Ilustrasi pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.3 Sebagaimana berikut.



Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan *paving block* sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Menurut Tjokrodinuljo (2021), faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton pada dasarnya tergantung pada 3 hal, yaitu:

1. Kekuatan pasta (air dan semen).
2. Daya rekat antara pasta dan permukaan butir-butir agregat.
3. Kuat tekan agregat

Dari ketiga butir di atas, biasanya secara lebih rinci diuraikan bahwa kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

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 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.6 dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Oleh karena itu, sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

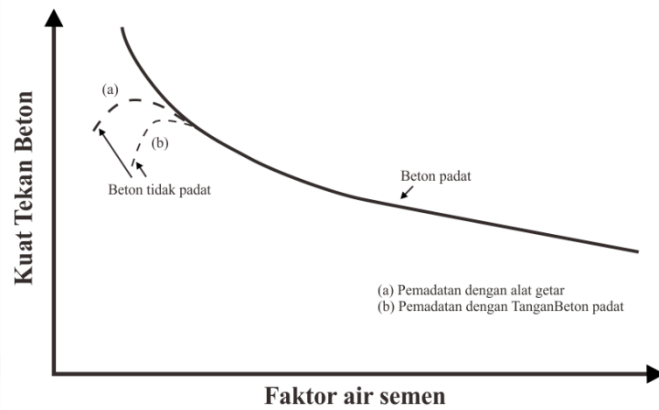
Tabel 3.6 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Umur Beton (hari)	3	7	14	28	90
Kuat Tekan Beton (tanpa pasir pantai)	0,51	0,75	0,91	1,00	1,05
Kuat Tekan Beton (dengan pasir pantai)	0,52	0,84	0,90	1,00	1,03

Sumber: Tjokrodinuljo (2021)

2. Faktor air semen

Faktor air semen (fas) ialah perbandingan berat antara air dan semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagaimana berikut.



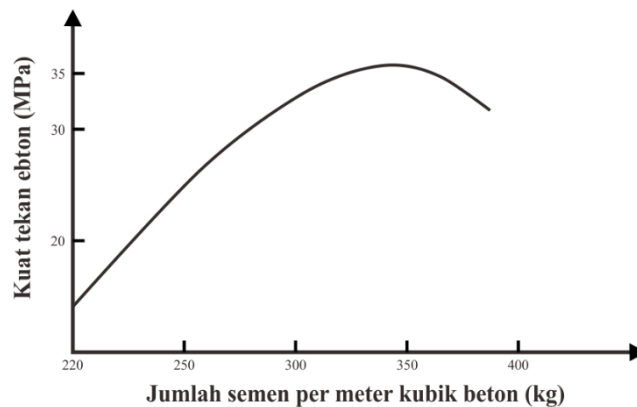
Gambar 3.4 Pengaruh Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan Beton
(Sumber: Tjokrodinuljo, 2021)

3. **Kepadatan**

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang. Pengaruh kepadatan beton terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.4 di atas.

4. **Jumlah pasta semen**

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen. jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi rendah. Pada nilai faktor air semen sama, variasi jumlah semen juga menggambarkan variasi jumlah pasta semen. pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air sama dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagaimana berikut.



Gambar 3.5 Pengaruh Jumlah Semen terhadap Kuat Tekan Beton pada Faktor Air Sama
(Sumber: Tjokrodinuljo, 2021)

5. Jenis semen

Semen *portland* untuk pembuatan beton terdiri dari beberapa jenis. Masing-masing jenis semen *portland* mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi pula terhadap kuat tekan betonnya.

6. Sifat agregat

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

3.3.2 Keausan *Paving Block*

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai keausan pada *paving block* dengan cara mengauskan permukaan benda uji untuk mencari selisih berat sebelum dan sesudah diauskan.

Menurut SNI 03-0028-1987, untuk memperoleh nilai keausan *paving block* digunakan rumus sebagaimana berikut.

$$D = 1,2 G + 0.0246 \quad (3.20)$$

$$\text{Keausan rata-rata Sampel A } (D_m) = \frac{\sum D}{n} \quad (3.21)$$

$$\text{Kenaikan nilai keausan} = \left\{ \frac{(\text{Keausan } n\% - \text{Keausan } 0\%)}{\text{Keausan } 0\%} \right\} \times 100\% \quad (3.22)$$

Keterangan:

D = Keausan (mm/menit)

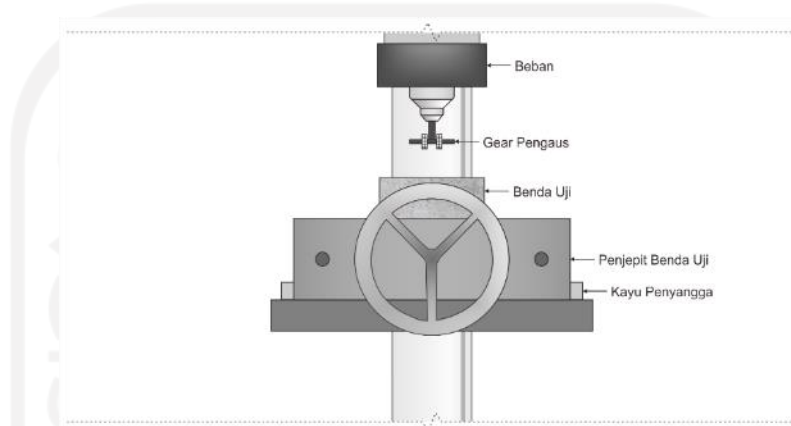
G = Kehilangan berat/lama pengausan (gr/menit)

ΣD = Jumlah nilai keausan satu variasi (mm/menit)

n = Ukuran sampel

Keausan $n\%$ = Nilai keausan rata-rata pada variasi tertentu (mm/menit)

Ilustrasi pengujian keausan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagaimana berikut.



Gambar 3.6 Ilustrasi Pengujian Keausan *Paving Block*

3.3.3 Penyerapan Air *Paving Block*

Penyerapan air *paving block* adalah persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Hasil ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* kering dan basah (setelah perendaman di dalam air). Berat *paving block* kering didapatkan dari pengovenan benda uji pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 24 jam.

Menurut SNI 03-0691-1996, untuk memperoleh nilai penyerapan air *paving block* digunakan rumus sebagaimana berikut.

$$\text{Penyerapan air} = \left\{ \frac{(W_b - W_k)}{W_k} \right\} \times 100\% \quad (3.23)$$

$$\text{Penyerapan air rata-rata} = \frac{\Sigma \text{Penyerapan Air}}{n} \quad (3.24)$$

$$\text{Kenaikan nilai penyerapan air} = \left\{ \frac{(\text{Penyerapan air } n\% - \text{Penyerapan air } 0\%)}{\text{Penyerapan air } 0\%} \right\} \times 100\% \quad (3.25)$$

Keterangan:

W_b = Berat bata beton basah (gr)

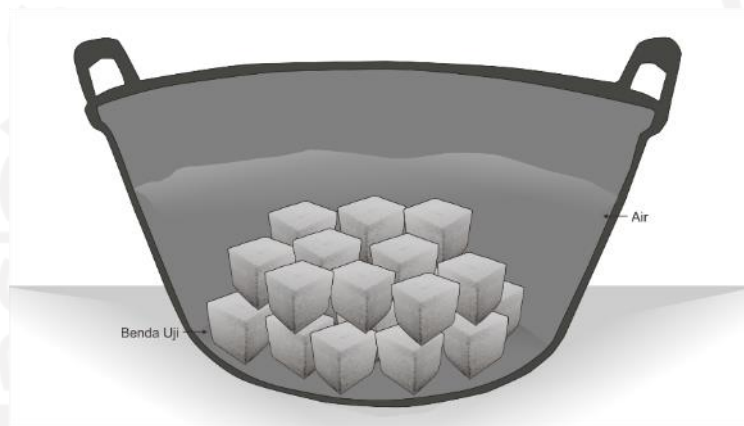
W_k = Berat bata beton kering (gr)

Σ Penyerapan Air = Jumlah nilai penyerapan air satu variasi (%)

n = Ukuran sampel

Penyerapan air $n\%$ = Nilai penyerapan air rata-rata pada variasi tertentu (%)

Ilustrasi pengujian penyerapan air *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.7 Sebagaimana berikut.



Gambar 3.7 Ilustrasi Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 mutu *paving block* ditinjau dari penyerapan air dibagi menjadi 4 bagian, seperti pada Tabel 3.7 sebagaimana berikut.

Tabel 3.7 Standar Penyerapan Air untuk *Paving Block*

Mutu	Serapan Air Maksimum (%)
A	3
B	6
C	8
D	10

Sumber: SNI 03-0691-1996 (1996)

3.5 Kayu Mahoni

Abdurachman dkk. (2015) dalam Fajar (2018) mengemukakan bahwa mahoni merupakan salah satu tanaman yang dianjurkan untuk pengembangan HTI (Hutan Tanaman Industri). Ada dua spesies yang cukup dikenal yaitu *S. macrophylla* (mahoni daun lebar) dan *S. mahagoni* (mahoni daun sempit). Tanaman mahoni yang berasal dari benua Amerika yang beriklim tropis sudah lama dibudidayakan di

Indonesia dan sudah beradaptasi dengan iklim tropis di Indonesia. Tanaman mahoni banyak ditanam di pinggir jalan atau di lingkungan rumah dan halaman perkantoran sebagai tanaman peneduh. Tanaman ini tumbuh secara liar di hutan-hutan atau di antara semak-semak belukar. Mahoni dapat tumbuh dengan baik di tempat yang terbuka dan terkena cahaya matahari secara langsung, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, yaitu dengan ketinggian 1000 m di atas permukaan laut.

Renaningsih dan Moh (2013) dalam Fajar (2018) menyatakan bahwa kayu mahoni ini termasuk dalam suku atau familia *Melia ceae*. Kayu mahoni merupakan jenis kayu daerah tropis, mahoni dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai atau ditanam di tepi jalan sebagai pohon pelindung. Tanaman yang asalnya dari Hindia Barat ini dapat tumbuh subur di pasir dekat dengan pantai. Kayu mahoni mempunyai karakteristik serta mempunyai ciri-ciri khusus yang terdapat pada kayu itu sendiri. Ciri-ciri tersebut yang membedakan dengan kayu-kayu tropis yang lainnya.

Menurut Mindawati dan Megawati (2013), Mahoni secara ilmiah dinamai sebagai *Swietenia macrophylla king*. Secara lengkap nomenklatur tatanama diklasifikasikan sebagaimana berikut:

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Super Devisi : *Spermatophyta*
Devisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Sub Kelas : *Rosidae*
Ordo : *Sapindales*
Famili : *Melia ceae*
Genus : *Swietenia sp*
Spesies : *Swietenia macrophylla*

Kayu mahoni memiliki serat yang lurus dan terpadu, memiliki tekstur halus dan berpori. Sedangkan untuk sifat-sifat kayu mahoni secara umum adalah berdaun majemuk menyirip genap, tinggi pohon mahoni bisa mencapai 30 meter, batang lurus berbentuk silindris. Bagian teras atau tengah kayu mahoni kebanyakan berwarna merah muda (bisa dikatakan terlihat pucat), tetapi ada juga kayu mahoni

yang berwarna merah tua mirip sekali dengan warna hati. Ini terdapat pada kayu mahoni yang berumur tua, pohonnya tumbuh berumur 25 tahunan. Sedangkan gubalnya atau bagian tepi kayu selalu berwarna putih. Mahoni merupakan pohon penghasil kayu keras, Kelas kuat II-III, Kelas awet III dan Berat jenis 0,6 (Mujahidin, 2013).

Abdurachman dkk (2015) dalam Fajar (2018) menyebutkan bahwa kayu mahoni merupakan salah satu kayu yang banyak terdapat di Indonesia, dengan kekuatan dan tampilan yang indah menyebabkan kayu ini sering dimanfaatkan sebagai bahan bangunan serta bahan baku furnitur. Di daerah Jepara, Jawa Tengah, mahoni merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan furnitur seperti lemari, kursi, meja dan tempat tidur. Pada tahun 2014, kisaran produksi kayu mahoni di Indonesia adalah sebanyak 130.864 m³.

Menurut hasil penelitian tentang analisis kimia 9 jenis kayu di Indonesia yang dilakukan oleh Gustan dan Hartoyo (1990), terdapat beberapa komponen kimia yang terkandung pada kayu, salah satunya yaitu kayu mahoni.

Komponen kimia yang terdapat pada kayu mahoni dapat dilihat dalam Tabel 3.8 sebagaimana berikut.

Tabel 3.8 Komponen Kimia pada Kayu Mahoni

No	Komponen Kimia	Persentase Komponen Kimia (%)
1	Kadar <i>hemiselulosa</i>	23,48
2	Kadar <i>selulosa</i>	42,86
3	Kadar <i>lignin</i>	23,75
4	Kadar <i>pentosan</i>	14,37
5	Kadar <i>silika</i>	0,34

Sumber: Gustan dan Hartoyo (1990)

Serbuk kayu mahoni berasal dari kayu mahoni yang dipotong dengan gergaji berbentuk serbuk halus berwarna coklat yang apabila dibakar pada suhu tertentu akan menjadi abu. Pada abu serbuk kayu mahoni terdapat kandungan *silika*. *Silika* tersebut memiliki struktur *amorf* terhidrat yang digunakan untuk bahan pengikat pengganti sebagian semen (Harsono, 2002).

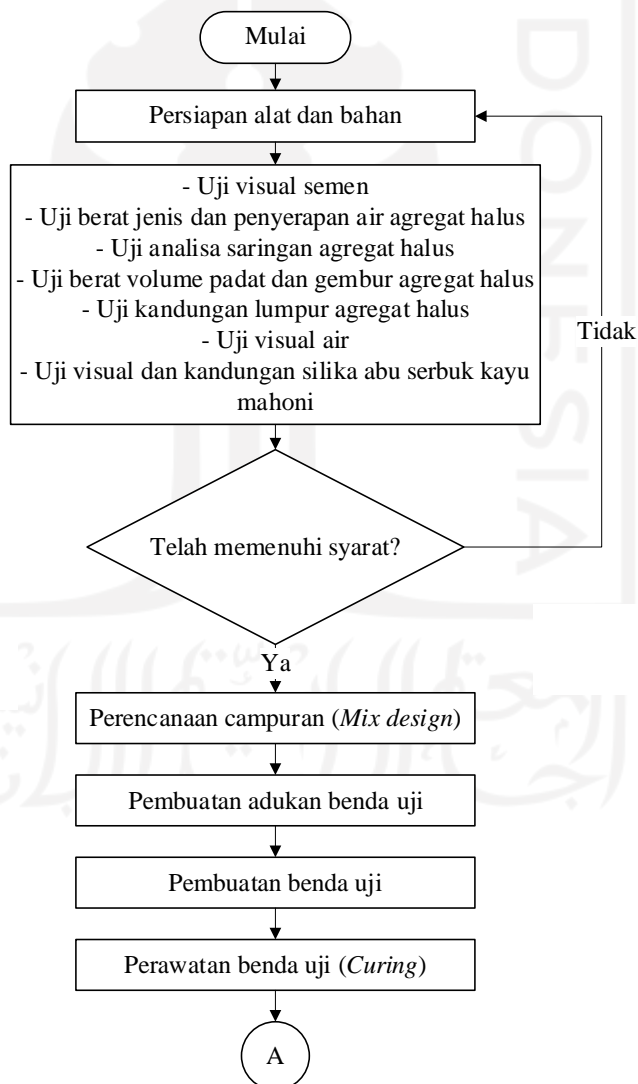
Selain *silika*, abu serbuk kayu mahoni juga mengandung *selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin* yang mampu menurunkan kadar logam dalam air. Pada komponen serbuk kayu mahoni, zat-zat yang dapat terurai yaitu *selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin*, dari zat ini akan mengalami penguraian sendiri-sendiri dalam proses *pirolisis* (Qiram dkk, 2015). *Selulosa* merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian batang, tangkai dan semua bagian yang mengandung kayu. *Selulosa* merupakan homopolisakarida yang mempunyai molekul berbentuk linear (Lehninger dkk, 2000). Struktur yang linear menyebabkan *selulosa* bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Di alam, *selulosa* berasosiasi dengan polisakarida lain seperti *hemiselulosa* dan *lignin* membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Dengan kata lain *selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin* memiliki sifat *hidrofob*.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Naelufar (2014) bahwa abu serbuk kayu mahoni memiliki kandungan karbon yang berkorelasi positif terhadap nilai kalor. Didukung dengan pernyataan yang disampaikan oleh Soeparno (1993) bahwa semakin tinggi nilai kalor maka semakin tinggi kadar karbonnya. Hal ini menunjukkan bahwasannya terdapat kandungan karbon yang tinggi pada abu serbuk kayu mahoni.

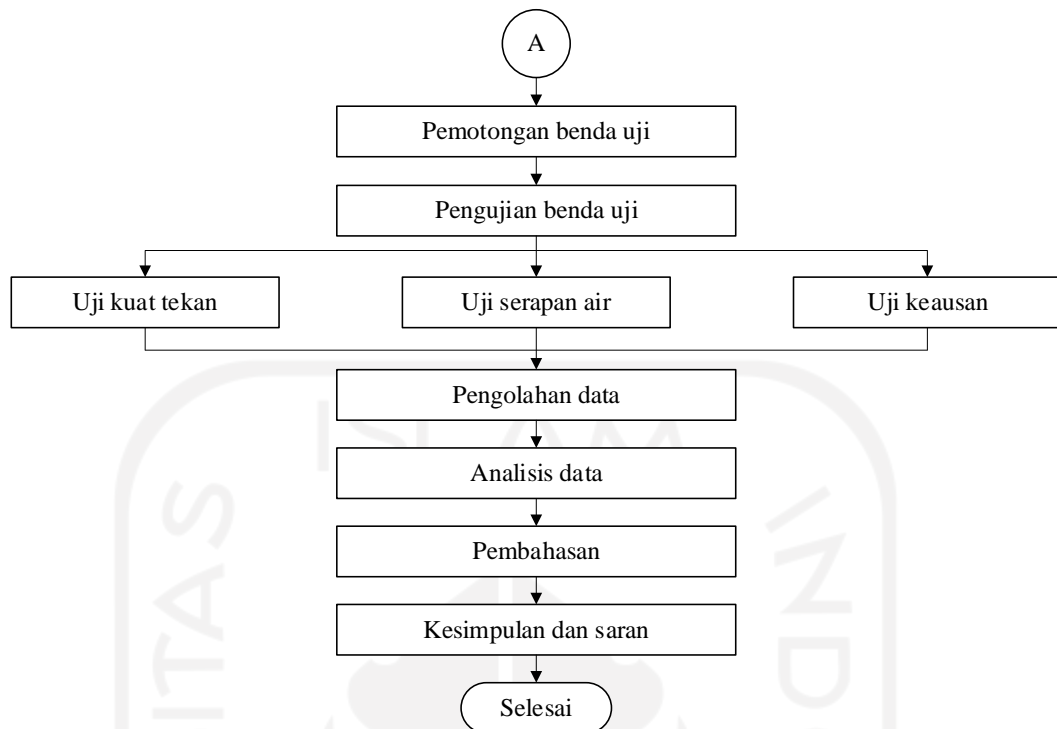
BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini berupa penelitian yang bersifat experimental yaitu dengan melakukan pembuatan *paving block* yang sebagian semennya disubstitusikan menggunakan abu serbuk kayu mahoni dengan variasi persentase abu serbuk kayu mahoni sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Langkah-langkah kerja dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan Gambar 4.1 sebagaimana berikut.



Gambar 4.1 Bagan Alir (Flow Chart) Tahapan Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1

4.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Sebelum penelitian dilaksanakan, perlu dipersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagaimana berikut.

4.4.1 Peralatan Penelitian

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagaimana berikut.

1. Timbangan

Pada penelitian ini digunakan timbangan dengan ketelitian 0,001 kg atau 1 gram. Timbangan digunakan untuk menimbang bahan yang dipakai dalam pembuatan *paving block*, untuk menimbang benda uji dalam pengujian propertis agregat halus, pengujian penyerapan air *paving block* dan pengujian keausan *paving block*.



Gambar 4.2 Timbangan

2. Cetok

Pada penelitian ini digunakan 2 macam cetok, yaitu cetok berbentuk cekung dan cetok berbentuk datar. Cetok digunakan untuk mengambil, memindahkan dan mencampur bahan penyusun *paving block*. Cetok juga digunakan untuk memasukkan dan meratakan bahan yang dimasukkan ke dalam cetakan *paving block*.



Gambar 4.3 Cetok

3. Saringan

Pada penelitian ini digunakan beberapa macam saringan. Satu set saringan dari saringan No. 1 sampai No. 200 digunakan untuk pengujian modulus halus butir (MHB) atau analisis saringan agregat halus, saringan No. 200 digunakan untuk pemeriksaan butiran yang lolos ayakan no. 200 atau uji kandungan lumpur dalam pasir dan saringan No. 100 digunakan untuk penyaringan bahan abu serbuk kayu mahoni.



Gambar 4.4 Saringan No. 1 – No. 200

4. Oven

Pada penelitian ini digunakan oven dengan kapasitas panas sebesar 250°C. Oven digunakan untuk pengujian propertis agregat halus dan pengujian penyerapan air *paving block*.



Gambar 4.5 Oven

5. Tungku pembakaran keramik konvensional

Pada penelitian ini digunakan tungku pembakaran keramik konvensional yang terdapat di Pusat Pelatihan Pembuatan Kerajinan Keramik Kasongan Bantul, Yogyakarta. Tungku pembakaran keramik konvensional digunakan untuk melakukan pembakaran serbuk kayu mahoni dengan suhu *bisque* yaitu $\pm 700-1000^{\circ}\text{C}$ sampai serbuk kayu mahoni berwarna abu-abu.



Gambar 4.6 Tungku Pembakaran Keramik Konvensional

6. Peralatan pendukung

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan pendukung antara lain yaitu, kerucut dan penumbuk SSD, kuas, pipet, corong, gelas ukur, piknometer, Foam, ember, sikat, jangka sorong, karung dan bak perendam.

7. Cetakan silinder beton

Pada penelitian ini digunakan cetakan silinder beton yang akan digunakan untuk pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus.



Gambar 4.7 Cetakan Silinder Beton

8. *Mixer*

Pada penelitian ini digunakan *mixer* dengan kapasitas 5000 L yang terdapat di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. *Mixer* digunakan untuk mencampur bahan-bahan penyusun *paving block* yang berupa pasir, semen, abu serbuk kayu mahoni dan air.



Gambar 4.8 Mixer

9. Mesin cetak *paving block*

Pada penelitian ini digunakan mesin cetak *paving block* yang dioperasikan dengan sistem hidrolik dan dilengkapi *vibrator* (penggetar). Cetakan *paving block* yang digunakan pada alat ini yaitu berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm. Mesin cetak *paving block* digunakan untuk melakukan proses pencetakan *paving block*.



Gambar 4.9 Mesin Cetak Paving Block

10. Alat pemotong *paving block*

Pada penelitian ini digunakan alat pemotong dengan merek Maktec yang tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman, Yogyakarta. Alat pemotong *paving block* digunakan untuk memotong *paving block* dengan ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm menjadi berukuran kubus berukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm.



Gambar 4.10 Mesin Pemotong *Paving Block*

11. Mesin uji kuat tekan

Pada penelitian ini digunakan alat uji kuat tekan *paving block* dengan merek Shimadzu yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Mesin uji kuat tekan digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan *paving block*.



Gambar 4.11 Mesin Uji Kuat Tekan *Paving Block*

12. Mesin uji Keausan

Pada penelitian ini digunakan alat uji keausan *paving block* dengan merek Alba Teknika (*Concrete Abrasion Resistance Test*) yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Mesin uji keausan digunakan untuk melakukan pengujian keausan *paving block*.



Gambar 4.12 Mesin Uji Keausan *Paving Block*

4.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagaimana berikut.

1. Abu serbuk kayu mahoni

Pada penelitian ini digunakan limbah abu serbuk kayu mahoni yang diperoleh dari salah satu industri penggergajian kayu di Yogyakarta yang diambil langsung oleh peneliti, kemudian limbah tersebut diolah menjadi abu serbuk kayu mahoni menggunakan tungku pembakaran keramik konvensional dengan suhu *bisque* yaitu $\pm 700-1000^{\circ}\text{C}$ sampai serbuk kayu mahoni berwarna abu-abu, setelah itu disaring menggunakan saringan No. 100.



Gambar 4.13 Serbuk Kayu Mahoni Sebelum Dilakukan Pembakaran



Gambar 4.14 Abu Serbuk Kayu Mahoni Sesudah Dilakukan Pembakaran dan Penyaringan

2. Semen *portland*

Pada penelitian ini digunakan semen *portland* dengan merek Tiga Roda yang terdapat pada silo di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, semen tersebut kemudian ditakar langsung oleh peneliti dari silo sesuai perhitungan berat semen yang dibutuhkan pada setiap variasinya.



Gambar 4.15 Semen Portland

3. Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari merapi. Pasir yang digunakan yaitu pasir yang sudah memenuhi tahap pengujian propertis agregat halus, pasir tersebut kemudian ditakar langsung oleh peneliti sesuai perhitungan berat pasir yang dibutuhkan pada setiap variasinya.



Gambar 4.16 Pasir

4. Air

Pada penelitian ini digunakan air yang didapat dari air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan yaitu air yang tidak berwarna atau jernih, tidak berbau dan tidak mengandung benda-benda asing yang dapat dilihat secara kasat mata.



Gambar 4.17 Air

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dalam penelitian ini yaitu berupa persiapan bahan, proses pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pemotongan benda uji dan pengujian benda uji.

4.3.1 Persiapan Bahan

Pada penelitian ini, persiapan bahan yang harus dilakukan antara lain:

1. Melakukan persiapan semen *portland*

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen memiliki butiran yang halus dan tidak terdapat gumpalan. Semen yang digunakan adalah semen merek Tiga Roda yang terdapat pada silo di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.

2. Melakukan persiapan agregat halus

Langkah-langkah pengujian agregat halus yaitu sebagaimana berikut:

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990 sebagaimana berikut:

- 1) Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap. Yang dimaksud berat tetap adalah keadaan benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0,1%, benda uji didinginkan pada suhu ruang, kemudian direndam ke dalam air selama 24 ± 4 jam.

- 2) Air bekas perendaman dibuang dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran yang terbuang, agregat ditebarkan di atas talam, kemudian dikeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji sampai keadaan kering permukaan jenuh.
 - 3) Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan benda uji yang dimasukkan ke dalam kerucut terpancung, kemudian dipadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan permukaannya juga diratakan. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
 - 4) Point 1), 2) dan 3) merupakan pengecekan benda uji pada keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Apabila telah tercapai keadaan jenuh kering permukaan, benda uji sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer, lalu air suling dimasukkan sampai dengan 90% isi piknometer, kemudian piknometer diputar sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
 - 5) Piknometer direndam ke dalam air dan suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25° C.
 - 6) Air ditambahkan sampai mencapai tanda batas.
 - 7) Piknometer yang berisi benda uji dan air ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram (Bt).
 - 8) Benda uji dikeluarkan dari piknometer, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu benda uji didinginkan dengan desikator.
 - 9) Setelah benda uji dingin, lalu ditimbang (Bk).
 - 10) Berat piknometer penuh berisi air ditimbang (B) dan suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25° C.
 - 11) Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.
- b. Pengujian analisis saringan agregat halus
- Langkah-langkah pengujian analisis saringan agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-1968-1990 sebagaimana berikut:

- 1) Benda uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, sebaiknya dilakukan minimal 2 kali pengujian.
- 2) Benda uji dikeluarkan, lalu didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam.
- 3) Pada point 1) dan 2) merupakan pengkodisian benda uji dalam keadaan kering oven. Setelah benda uji kering oven kemudian benda uji ditimbang sebanyak 2000 gram.
- 4) Saringan disusun dimulai dengan yang lubangnya paling besar dari atas kebawah (tidak boleh terbalik) dan benda uji dimasukkan ke dalam saringan paling atas, kemudian langsung diayak atau disaring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10–15 menit.
- 5) Benda uji pada masing-masing saringan dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam masing-masing talam (tidak boleh sampai ada yang tercecer) kemudian ditimbang dan berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan dicatat. Dalam pembersihan saringan dapat digunakan sikat untuk lubang kasar (besar) dan kuas untuk lubang yang halus.
- 6) Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.

c. Pengujian berat volume padat dan gembur

Langkah-langkah pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998 sebagaimana berikut:

- 1) Benda uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- 2) Silinder ukur diletakkan pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, benda uji dimasukkan per 1/3 bagian dan tiap bagian ditumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh. Sedang untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh (tanpa pemadatan) lalu diratakan.

- 3) Benda uji dikeluarkan, lalu didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - 4) Berat silinder berisi benda uji ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
 - 5) Berat silinder dihitung (W1).
 - 6) Volume silinder dihitung (V).
 - 7) Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.
- d. Pengujian kandungan lumpur agregat halus
- Langkah-langkah pengujian kandungan lumpur agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4142-1996 sebagaimana berikut:
- 1) Benda uji yang digunakan adalah benda uji dengan keadaan kering oven.
 - 2) Benda uji diletakkan ke dalam saringan dan air dialirkan dari atasnya.
 - 3) Benda uji digerakkan dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, secukupnya sampai bagian yang halus menembus saringan No. 200 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya.
 - 4) Pekerjaan di atas diulangi hingga air pencucian tetap jernih.
 - 5) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap dan ditimbang dengan ketelitian 0,001 gram.
 - 6) Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.
3. Melakukan persiapan air
- Pemeriksaan terhadap air yang akan digunakan dilakukan dengan cara visual yaitu air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam.
4. Melakukan persiapan limbah abu serbuk kayu mahoni
- Langkah-langkah persiapan limbah abu serbuk kayu mahoni sebagaimana berikut:
- a. Serbuk kayu mahoni dibersihkan dari tanah atau kotoran lain yang menempel.
 - b. Serbuk kayu mahoni ditimbang, untuk mendapatkan berat total sebelum dilakukan pembakaran.

- c. Serbuk kayu mahoni dibakar secara konvensional yaitu menggunakan tungku pembakaran keramik dengan suhu *bisque* yaitu $\pm 700-1000^{\circ}\text{C}$ sampai serbuk kayu mahoni berwarna abu-abu.
- d. Setelah pembakaran selesai, abu serbuk kayu didinginkan lalu diayak menggunakan saringan No. 100.
- e. Abu serbuk kayu mahoni ditimbang untuk mendapatkan berat total setelah dilakukan pembakaran.
- f. Lalu tahap terakhir yaitu memasukkan abu serbuk kayu mahoni ke dalam plastik-plastik yang telah disiapkan, proses memasukkannya sesuai dengan persentase substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni yang dibutuhkan.
- g. Abu serbuk kayu mahoni sebanyak 10 gr disiapkan untuk dilakukan pengujian kadar kandungan *silika* menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* di Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

4.3.2 Proses Pencampuran

Dalam pembuatan benda uji *paving block* digunakan perbandingan volume campuran semen:pasir 1pc:6ps dan nilai faktor air semen (fas) yang digunakan yaitu sebesar 0,35 (Tjokrodinuljo, 1992). Dalam proses pencampuran ini meliputi penimbangan dan pencampuran bahan. Masing-masing bahan ditimbang sesuai dengan variasi komposisinya, kemudian dicampur dengan menggunakan *mixer* selama 10-15 menit sampai campuran tercampur secara merata.

4.3.3 Proses Pembuatan Benda Uji

Pada proses penelitian ini dilakukan 3 pengujian yaitu uji kuat tekan, uji keausan dan uji penyerapan air, dengan variasi abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen dan direndam selama 28 hari. Setiap variasi abu serbuk kayu mahoni tersebut digunakan 5 buah sampel sehingga total keseluruhan benda uji utuh ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm yaitu 30 buah sampel benda uji dan setiap 1 buah sampel dipotong menjadi 3 bagian dengan ukuran masing-masing 60 mm x 60 mm x 60 mm untuk dilakukan pengujian kuat tekan, pengujian keausan dan

pengujian penyerapan air sehingga total keseluruhannya yaitu 90 buah sampel benda uji.

Proses pembuatan atau pencetakan benda uji dilakukan dengan mesin *press*. Mesin yang digunakan adalah mesin dengan sistem hidrolis dilengkapi sistem *vibrator* yang biasa digunakan untuk proses produksi *paving block*. Bersamaan dengan itu pada saat proses pemadatan, dilakukan penggetaran sehingga membantu menggerakkan agregat untuk saling mengisi celah atau rongga yang ada pada sebuah *paving block*. Maka dengan metode demikian diharapkan memberikan hasil atau kekuatan yang sama pada proses pemadatan pada masing-masing benda uji dan memperkecil terjadinya kesalahan.

Berikut ini adalah langkah-langkah proses pencetakan atau pembuatan benda uji *paving block* dengan menggunakan mesin *press* getar:

1. Alas berupa triplek dengan tebal 20 mm diletakkan pada meja mesin.
2. Mesin diatur pada posisi cetakan membuka (bagian stempel di atas bagian *form*) sehingga campuran bisa dimasukkan ke dalam cetakan.
3. Campuran dimasukkan ke dalam cetakan.
4. Sistem getar dinyalakan pada mesin sekitar ± 10 detik.
5. Isi cetakan yang turun akibat penggetaran dengan campuran dipenuhi kembali.
6. Tuas pemadatan ditekan, sehingga bagian stempel turun dan terjadi proses pemadatan sambil sistem getar dijalankan.
7. Tuas ditekan untuk mengangkat kedua bagian cetakan.

4.3.4 Proses Perawatan Benda Uji

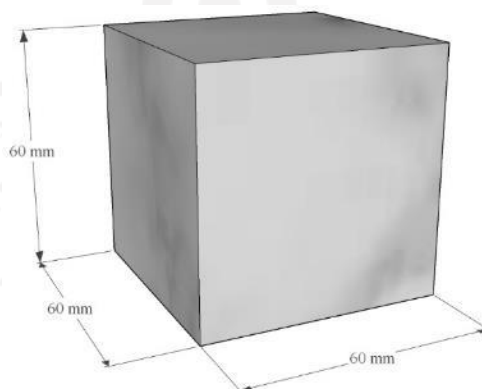
Perawatan benda uji dilakukan setelah satu hari dari pencetakan *paving block*. Pada umur 1 hari atau benda uji cukup keras dilakukan perendaman untuk menjaga kelembabannya hingga mencapai umur 28 hari. Hal ini dimaksudkan agar proses pengeringan dan pengerasan pada *paving block* berjalan dengan sempurna (untuk mencegah terjadinya retak-retak atau pecah pada *paving block*).



Gambar 4.18 Proses Perawatan *Paving Block*

4.3.5 Proses Pemotongan Benda Uji

Paving block yang semula berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong menggunakan alat pemotong batuan. Untuk mendapatkan bentuk permukaan yang presisi tanpa adanya profil pada permukaan benda uji yang membuat perhitungan luas permukaan *paving block* sedikit kurang detail, menyesuaikan tempat peletakkan benda uji pada alat pengujian, jumlah jenis pengujian dan juga untuk mempermudah proses pemotongan karena tebal dari *paving block* tersebut adalah 60 mm, maka benda uji dipotong menjadi 3 buah bagian, masing-masing bagian berukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm. Pemotongan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4.19 Dimensi *Paving Block* Hasil Pemotongan 60 mm x 60 mm x 60 mm

4.3.6 Proses Pengujian Benda Uji

Pengujian *paving block* dimaksudkan untuk mengetahui mutu *paving block* yang dihasilkan. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Langkah-

langkah pengujian *paving block* ini dilakukan berdasarkan SNI 03-0691-1996, yaitu sebagaimana berikut:

1. Pengujian kuat tekan

Langkah-langkah pengujian kuat tekan pada *paving block*, yaitu sebagaimana berikut:

- a. Diambil 5 buah benda uji dari setiap variasi campuran.
- b. Masing-masing benda uji dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm.
- c. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
- d. Dimensi benda uji diukur dengan menggunakan kaliper atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm (p) dan (l)
- e. Benda uji diletakan tepat di tengah alat uji.
- f. Mesin dinyalakan dengan pemberian beban yang terus meningkat.
- g. Pembebanan dilakukan sampai bebannya turun dan dicatat beban maksimum yang terjadi (P).
- h. Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.

2. Pengujian keausan

Langkah-langkah pengujian keausan pada *paving block*, yaitu sebagaimana berikut:

- a. Diambil 5 buah benda uji dari setiap variasi campuran.
- b. Masing-masing benda uji dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm.
- c. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
- d. Benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,001 gram (berat awal).
- e. Mesin aus yang digunakan, cara-cara mengaus dan berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03-0028-1987, cara uji ubin semen. Langkah-langkah pengausan berdasarkan SNI 03-0028-1987, yaitu sebagaimana berikut:
 - 1) Benda uji yang telah diukur dan ditimbang, diletakkan pada tempatnya pada mesin pengaus, dibebani dengan beban tambahan sebesar 3 1/3 kg.

- 2) Mesin pengaus dijalankan. Selama menit-menit pengausan, permukaan yang diaus harus selalu diamati setiap menit apakah lapisan kepala ini telah ada yang habis.
 - 3) Benda uji yang lapisan kepalanya tidak habis setelah pengausan selama 5 menit (lama pengausan), dibersihkan dari debu dan serpihan kemudian ditimbang sampai ketelitian 10 mg. Jika sebelum pengausan berlangsung 5 menit lapisan kepala telah ada yang habis, pengausan dihentikan pada menit terakhir habisnya lapisan kepala, lalu benda uji dibersihkan dari debu dan ditimbang (berat akhir).
 - 4) Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.
3. Pengujian penyerapan air
- Langkah-langkah pengujian penyerapan air pada *paving block*, yaitu sebagaimana berikut:
- a. Diambil 5 buah benda uji dari setiap variasi campuran.
 - b. Masing-masing benda uji dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm.
 - c. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
 - d. Benda uji direndam dalam air hingga jenuh selama 24 jam, kemudian beratnya dalam keadaan basah ditimbang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,001 gram (*Wb*).
 - e. Kemudian dikeringkan menggunakan oven selama kurang lebih 24 jam pada suhu kurang lebih 105°C sampai berat pada dua kali penimbangan selisihnya tidak lebih dari 0,2% penimbangan yang terdahulu.
 - f. Dalam keadaan kering oven, benda uji ditimbang (*Wk*).
 - g. Seluruh data yang sudah didapatkan kemudian ditulis ke dalam form terlampir, untuk kemudian dilakukan pengolahan data.

4.3.7 Metode Olah Data

Setelah seluruh pengujian dilaksanakan, maka diperoleh data-data yang kemudian diolah. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam mengolah data hasil pengujian:

1. Pengolahan data hasil pemeriksaan semen *portland*

Data pemeriksaan semen *portland* yang didapatkan dari pengamatan secara visual yaitu berupa butiran semen yang halus dan tidak terdapat gumpalan pada butiran semen.

2. Pengolahan data hasil pemeriksaan agregat halus

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Data pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.1), (3.2), (3.3) dan (3.4). Perhitungan data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus sampel 1 dan 2 yaitu sebagaimana berikut.

1) Analisis perhitungan sampel 1

$$\begin{aligned} \text{a) Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \\ &= \frac{491}{837 + 500 - 1150} \\ &= 2,626 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Berat jenis jenuh kering muka} &= \frac{500}{B + 500 - Bt} \\ &= \frac{500}{837 + 500 - 1150} \\ &= 2,674 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \\ &= \frac{491}{837 + 491 - 1150} \\ &= 2,758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Penyerapan air} &= \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 491}{491} \times 100\% \\ &= 1,833\% \end{aligned}$$

2) Analisis perhitungan sampel 2

$$\text{a) Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{489}{837 + 500 - 1150} \\
&= 2,615 \\
\text{b) Berat jenis jenuh kering muka} &= \frac{500}{B + 500 - Bt} \\
&= \frac{500}{837 + 500 - 1150} \\
&= 2,674 \\
\text{c) Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \\
&= \frac{489}{837 + 489 - 1150} \\
&= 2,778 \\
\text{d) Penyerapan air} &= \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \\
&= \frac{500 - 489}{489} \times 100\% \\
&= 2,249\%
\end{aligned}$$

3) Analisis perhitungan rata-rata sampel 1 dan 2

$$\begin{aligned}
\text{a) Berat jenis curah} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} \\
&= \frac{2,626 + 2,615}{2} \\
&= 2,620 \\
\text{b) Berat jenis jenuh kering muka} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} \\
&= \frac{2,674 + 2,674}{2} \\
&= 2,674 \\
\text{c) Berat jenis semu} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2} \\
&= \frac{2,758 + 2,778}{2} \\
&= 2,768 \\
\text{d) Penyerapan air} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2}}{2}
\end{aligned}$$

$$= \frac{1,833 + 2,249}{2}$$

$$= 2,041\%$$

Pada tahap pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.1 hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat.

b. Pemeriksaan analisis saringan agregat halus

Data pemeriksaan analisis saringan agregat halus yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.5), (3.6), (3.7) dan (3.8). Perhitungan data hasil pemeriksaan analisis saringan dan modulus butir agregat halus sampel 1 dan 2 yaitu sebagaimana berikut.

1) Analisis perhitungan sampel 1

a) Berat tertinggal, % $= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$

Lubang ayakan 4,80 mm $= \frac{0}{1998} \times 100\% = 0\%$

Lubang ayakan 2,40 mm $= \frac{82}{1998} \times 100\% = 4,104\%$

Lubang ayakan 1,20 mm $= \frac{311}{1998} \times 100\% = 15,566\%$

Lubang ayakan 0,60 mm $= \frac{526}{1998} \times 100\% = 26,326\%$

Lubang ayakan 0,30 mm $= \frac{490}{1998} \times 100\% = 24,525\%$

Lubang ayakan 0,15 mm $= \frac{399}{1998} \times 100\% = 19,970\%$

Pan $= \frac{190}{1998} \times 100\% = 9,510\%$

b) Berat tertinggal kumulatif

Berat tertinggal kumulatif = Persentase berat tertinggal +
 Persentase berat tertinggal kumulatif
 sebelumnya

Lubang ayakan 10 mm = 0%

Lubang ayakan 4,80 mm = 0 + 0 = 0%

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= 4,104 + 0 = 4,104\% \\ \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= 15,566 + 4,104 = 19,670\% \\ \text{Lubang ayakan 0,60 mm} &= 26,326 + 19,670 = 45,996\% \\ \text{Lubang ayakan 0,30 mm} &= 24,525 + 45,996 = 70,521\% \\ \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 19,970 + 70,521 = 90,490\% \end{aligned}$$

c) Persen lolos kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Persen lolos kumulatif} &= 100 - \text{Berat tertinggal kumulatif} \\ \text{Lubang ayakan 10 mm} &= 100 - 0 = 100 \\ \text{Lubang ayakan 4,80 mm} &= 100 - 0 = 100\% \\ \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= 100 - 4,104 = 95,896\% \\ \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= 100 - 19,670 = 80,330\% \\ \text{Lubang ayakan 0,60 mm} &= 100 - 45,996 = 54,004\% \\ \text{Lubang ayakan 0,30 mm} &= 100 - 70,521 = 29,479\% \\ \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 100 - 90,490 = 9,510\% \end{aligned}$$

d) Modulus halus butiran (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB Sampel 1} &= \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif Sampel 1}}{100} \\ &= \frac{230,781}{100} \\ &= 2,308 \end{aligned}$$

2) Analisis perhitungan sampel 2

$$\text{a) Berat tertinggal, \%} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,80 mm} &= \frac{0}{1997} \times 100\% = 0\% \\ \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= \frac{80}{1997} \times 100\% = 4,006\% \\ \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= \frac{273}{1997} \times 100\% = 13,671\% \\ \text{Lubang ayakan 0,60 mm} &= \frac{532}{1997} \times 100\% = 26,640\% \\ \text{Lubang ayakan 0,30 mm} &= \frac{549}{1997} \times 100\% = 27,491\% \\ \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= \frac{398}{1997} \times 100\% = 19,930\% \end{aligned}$$

$$\text{Pan} = \frac{165}{1997} \times 100\% = 8,262\%$$

b) Berat tertinggal kumulatif

Berat tertinggal kumulatif = Persentase berat tertinggal +
Persentase berat tertinggal kumulatif
sebelumnya

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

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

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = 4,006 + 0 = 4,006\%$$

$$\text{Lubang ayakan 1,20 mm} = 13,671 + 4,006 = 17,677\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,60 mm} = 26,640 + 17,677 = 44,316\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,30 mm} = 27,491 + 44,316 = 71,808\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = 19,930 + 71,808 = 91,738\%$$

c) Persen lolos kumulatif

$$\text{Persen lolos kumulatif} = 100 - \text{Berat tertinggal kumulatif}$$

$$\text{Lubang ayakan 10 mm} = 100 - 0 = 100\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = 100 - 0 = 100\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = 100 - 4,006 = 95,994\%$$

$$\text{Lubang ayakan 1,20 mm} = 100 - 17,677 = 82,323\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,60 mm} = 100 - 44,316 = 55,684\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,30 mm} = 100 - 71,808 = 28,192\%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = 100 - 91,738 = 8,262\%$$

d) Modulus halus butiran (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB Sampel 2} &= \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif Sampel 2}}{100} \\ &= \frac{229,544}{100} \\ &= 2,295 \end{aligned}$$

3) Modulus halus butiran (MHB) rata-rata sampel 1 dan 2

$$\begin{aligned} \text{MHB Rata-rata} &= \frac{\text{MHB Sampel 1} + \text{MHB Sampel 2}}{2} \\ &= \frac{2,308 + 2,295}{2} \\ &= 2,301 \end{aligned}$$

Pada tahap pemeriksaan analisis saringan agregat halus, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.2 pemeriksaan analisis saringan agregat halus sampel 1 dan Tabel 5.3 hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus sampel 2 guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat. Seluruh data yang telah diolah kemudian disajikan ke dalam sebuah Gambar 5.1 grafik kurva gradasi agregat halus sampel 1 dan Gambar 5.2 grafik kurva gradasi agregat halus sampel 2 guna mengetahui batas gradasi agregat halus sehingga dapat ditentukan kategori daerahnya tergolong ke dalam daerah I, II, III atau IV. Sumbu X dan Y pada grafik kurva gradasi agregat halus secara berturut-turut di sini merupakan lubang ayakan (mm) dan kumulatif lolos ayakan (%).

c. Pemeriksaan berat volume padat dan gembur agregat halus

Data pemeriksaan berat volume padat dan gembur agregat halus yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.9), (3.10), (3.11) dan (3.12). Perhitungan data hasil pemeriksaan berat volume padat dan gembur agregat halus sampel 1 dan 2 yaitu sebagaimana berikut.

1) Berat volume padat

a) Analisis perhitungan sampel 1

$$\begin{aligned}
 \text{(a) Berat pasir, } W_3 &= W_2 - W_1 \\
 &= 20713 - 12118 \\
 &= 8595 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(b) Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{tabung}}^2 \times t_{\text{tabung}} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,99^2 \times 30,22 \\
 &= 5333,197 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(c) Berat volume padat pasir} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{8595}{5333,197} \\
 &= 1,612 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

b) Analisis perhitungan sampel 2

$$\text{(a) Berat pasir, } W_3 = W_2 - W_1$$

$$= 20726 - 12118$$

$$= 8608 \text{ gr}$$

(b) Volume tabung, V $= \frac{1}{4} \times \pi \times D \text{ tabung}^2 \times t \text{ tabung}$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,99^2 \times 30,22$$

$$= 5333,197 \text{ cm}^3$$

(c) Berat volume padat pasir $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{8608}{5333,197}$$

$$= 1,614 \text{ gr/cm}^3$$

c) Berat volume padat pasir rata-rata

Berat volume padat pasir rata-rata

$$= \frac{\text{Berat volume padat pasir sampel 1} + \text{Berat volume padat pasir sampel 2}}{2}$$

$$= \frac{1,612 + 1,614}{2}$$

$$= 1,613 \text{ gr/cm}^3$$

2) Berat volume gembur

a) Analisis perhitungan sampel 1

(a) Berat pasir, $W3$ $= W2 - W1$

$$= 19570 - 12118$$

$$= 7452 \text{ gr}$$

(b) Volume tabung, V $= \frac{1}{4} \times \pi \times D \text{ tabung}^2 \times t \text{ tabung}$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,99^2 \times 30,22$$

$$= 5333,197 \text{ cm}^3$$

(c) Berat volume gembur pasir $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{7452}{5333,197}$$

$$= 1,397 \text{ gr/cm}^3$$

b) Analisis perhitungan sampel 2

$$\begin{aligned} \text{(a) Berat pasir, } W_3 &= W_2 - W_1 \\ &= 19580 - 12118 \\ &= 7462 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{tabung}}^2 \times t_{\text{tabung}} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,99^2 \times 30,22 \\ &= 5333,197 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(c) Berat volume gembur pasir} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{1,399}{5333,197} \\ &= 1,399 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

c) Berat volume gembur pasir rata-rata

Berat volume gembur pasir rata-rata

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Berat vol gembur pasir sampel 1} + \text{Berat vol gembur pasir sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,397 + 1,399}{2} \\ &= 1,398 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Pada tahap pemeriksaan berat volume padat dan gembur agregat halus, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.4 hasil pengujian berat volume padat agregat halus dan Tabel 5.5 hasil pengujian berat volume gembur agregat halus guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat.

d. Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus

Data pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.13). Perhitungan data hasil pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus yaitu sebagaimana berikut.

1) Analisis perhitungan sampel 1

$$\text{Berat lolos ayakan No. 200} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

$$= \frac{500 - 492}{500} \times 100\%$$

$$= 1,6\%$$

2) Analisis perhitungan sampel 2

Berat lolos ayakan No. 200

$$= \frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$$

$$= \frac{500 - 491}{500} \times 100\%$$

$$= 1,8\%$$

3) Berat rata-rata lolos ayakan No. 200

Berat rata-rata lolos ayakan No. 200

$$= \frac{\text{Berat lolos ayakan No.200 Sampel 1} + \text{Berat lolos ayakan No.200 Sampel 2}}{2}$$

$$= \frac{1,6 + 1,8}{2}$$

$$= 1,7\%$$

Pada tahap pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.6 hasil pengujian kandungan lumpur agregat halus guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat.

3. Pengolahan data hasil pemeriksaan air

Data pemeriksaan air diamati secara visual dengan diamati bahwasannya air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air dalam SNI 03-2847-2002.

4. Pengolahan data hasil pemeriksaan bahan abu serbuk kayu mahoni

Data pemeriksaan bahan abu serbuk kayu mahoni diamati secara visual dengan disaring menggunakan saringan No. 100 untuk kemudian didapatkan tekstur abu serbuk kayu mahoni yang halus dan dapat menyatu dengan baik dengan bahan penyusun *paving block* lainnya. Selain diamati dan diperiksa secara visual, juga diuji kandungan *silika*-nya.

5. Pengolahan data komposisi kebutuhan campuran *paving block*

Benda uji dibuat dengan menggunakan proporsi material dengan perbandingan volume 1pc:6ps, sedangkan kebutuhan abu serbuk kayu mahoni diperoleh dari persentase abu serbuk kayu mahoni yang dibutuhkan terhadap berat semen.

Komposisi kebutuhan campuran *paving block* yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan (3.14), (3.15) dan (3.16).

Perhitungan kebutuhan campuran pembuatan benda uji *paving block* yaitu sebagaimana berikut.

a. Analisis perhitungan kebutuhan pasir

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } paving \text{ block} &= 20 \times 10 \times 6 = 1200 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume padat agregat halus} &= 1,613 \text{ gram/cm}^3 \\
 \text{Faktor pemadatan mesin hidrolis} &= 1,3 \\
 \text{Kebutuhan pasir 1 } paving \text{ block} &= \frac{6}{7} \times \text{Berat volume padat agregat} \\
 &\quad \text{halus} \times V \text{ } paving \text{ block} \times 1,3 \\
 &= \frac{6}{7} \times 1,613 \times 1200 \times 1,3 \\
 &= 2156,574 \text{ gr} \\
 \text{Kebutuhan pasir 5 } paving \text{ block} &= 5 \times \text{Kebutuhan pasir 1 } paving \text{ block} \\
 &= 5 \times 2156,574 \\
 &= 10782,871 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

b. Analisis perhitungan kebutuhan semen

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen 1 } paving \text{ block} &= \frac{\text{Kebutuhan pasir 1 } paving \text{ block}}{6} \\
 &= \frac{2154,944}{6} \\
 &= 359,429 \text{ gr} \\
 \text{Kebutuhan semen 5 } paving \text{ block} &= 5 \times \text{Kebutuhan semen 1 } paving \\
 &\quad \text{Block} \\
 &= 5 \times 359,429 \\
 &= 1797,145 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Analisis perhitungan kebutuhan abu serbuk kayu mahoni

Contoh perhitungan abu serbuk kayu mahoni variasi 5% dari berat semen sebagai substitusi sebagian semen.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan abu serbuk kayu mahoni variasi 5\%} &= 5\% \times \text{Kebutuhan} \\
 &\quad \text{semen 5 } paving \text{ block} \\
 &= 5\% \times 1797,145 \\
 &= 89,857 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Pada tahap pengolahan data komposisi kebutuhan campuran *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam Tabel 5.7 komposisi kebutuhan campuran *paving block* guna mempermudah dalam membaca komposisi kebutuhan campuran *paving block* yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan campuran (*mix design*) benda uji *paving block*.

6. Pengolahan data hasil pengujian kuat tekan *paving block*

Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.17), (3.18) dan (3.19). Contoh perhitungan kuat tekan *paving block* yaitu sebagaimana berikut.

a. Analisis perhitungan kuat tekan *paving block*

Contoh perhitungan kuat tekan *paving block* A1 yaitu sebagaimana berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang } (p) &= 6 \text{ cm} \\
 \text{Lebar } (l) &= 5,6 \text{ cm} \\
 \text{Luas } (A) &= p \times l \\
 &= 6 \times 5,6 \\
 &= 33,6 \text{ cm}^2 \\
 \text{Beban maksimal } (P) &= 44,130 \text{ kN} \\
 \text{Kuat tekan A1} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{44,130}{33,6} \\
 &= 1313,386 \text{ kN/cm}^2 \\
 &= 13,134 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

b. Kuat tekan rata-rata *paving block*

Contoh perhitungan kuat tekan rata-rata *paving block* sampel A yaitu sebagaimana berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata sampel A} &= \frac{\Sigma \text{kuat Tekan}}{n} \\
 &= \frac{A1 + A2 + A3 + A4 + A5}{5} \\
 &= \frac{13,134 + 8,857 + 12,177 + 6,383 + 13,432}{5}
 \end{aligned}$$

$$= 10,797 \text{ MPa}$$

c. Kenaikan nilai kuat tekan *paving block*

Contoh perhitungan kenaikan nilai kuat tekan *paving block* variasi 5% yaitu sebagaimana berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kenaikan nilai kuat tekan variasi 5\%} &= \left\{ \frac{(\text{Kuat tekan 5\%} - \text{Kuat tekan 0\%})}{\text{Kuat tekan 0\%}} \right\} \times \\ &100\% \\ &= \left\{ \frac{(17,699 - 10,797)}{10,797} \right\} \times 100\% \\ &= 63,926\% \end{aligned}$$

Pada tahap pengolahan data hasil pengujian kuat tekan *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.8 sampai dengan Tabel 5.13 hasil uji kuat tekan *paving block* berdasarkan masing-masing kadar abu serbuk kayu mahoni guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat untuk kemudian diolah dan didapatkan hasil perhitungan kuat tekan *paving block* di setiap variasinya.

Data hasil perhitungan kuat tekan *paving block* yang sudah diolah kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.14 sampai dengan Tabel 5.19 hasil perhitungan kuat tekan *paving block* berdasarkan masing-masing kadar abu serbuk kayu mahoni, Tabel 5.20 hasil perhitungan kuat tekan rata-rata dan penggolongan mutu *paving block* setiap variasi dan Gambar 5.4 grafik kuat tekan rata-rata *paving block* guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat. Sumbu X dan Y pada grafik kuat tekan rata-rata *paving block* secara berturut-turut yaitu kadar abu serbuk kayu mahoni (%) dan kuat tekan (MPa).

Pada tahap pengolahan data hasil kenaikan nilai kuat tekan *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.21 kenaikan nilai kuat tekan *paving block* dan Gambar 5.5 grafik kenaikan nilai kuat tekan *paving block* guna mempermudah dalam pembacaan kenaikan nilai kuat tekan *paving block* yang didapat. Sumbu X dan Y pada grafik kenaikan nilai kuat tekan *paving block* secara berturut-turut yaitu kadar abu serbuk kayu mahoni (%) dan kenaikan kuat tekan (%).

7. Pengolahan data hasil pengujian keausan *paving block*

Data hasil pengujian keausan *paving block* yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.20), (3.21) dan (3.22). Contoh perhitungan keausan *paving block* yaitu sebagaimana berikut.

a. Analisis perhitungan keausan *paving block*

Contoh perhitungan keausan *paving block* A1 yaitu sebagaimana berikut.

$$\text{Berat awal} = 404,02 \text{ gr}$$

$$\text{Berat akhir} = 403,64 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan berat} &= \text{Berat awal} - \text{Berat akhir} \\ &= 404,02 - 403,64 \\ &= 0,38 \text{ gr} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan berat/Waktu pengausan (G)} &= \frac{\text{Kehilangan berat}}{\text{Waktu}} \\ &= \frac{0,38}{5} \\ &= 0,076 \text{ gr/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keausan A1 (D)} &= 1,26 G + 0,0246 \\ &= 1,26 (0,076) + 0,0246 \\ &= 0,120 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

b. Keausan rata-rata *paving block*

Contoh perhitungan keausan rata-rata *paving block* sampel A yaitu sebagaimana berikut.

$$\begin{aligned} \text{Keausan rata-rata sampel A (D}_m\text{)} &= \frac{\sum D}{n} \\ &= \frac{A1 + A2 + A3 + A4 + A5}{5} \\ &= \frac{0,120 + 0,246 + 0,168 + 0,299 + 0,216}{5} \\ &= 0,210 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

c. Kenaikan nilai keausan *paving block*

Contoh perhitungan kenaikan nilai keausan *paving block* variasi 5% yaitu sebagaimana berikut.

$$\text{Kenaikan nilai keausan variasi 5\%} = \left\{ \frac{(\text{Keausan 5\%} - \text{Keausan 0\%})}{\text{Keausan 0\%}} \right\} \times 100\%$$

$$= \left\{ \frac{(0,165 - 0,210)}{0,210} \right\} \times 100\%$$

$$= -21,281\%$$

Pada tahap pengolahan data hasil pengujian keausan *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.22 sampai dengan Tabel 5.27 hasil uji keausan *paving block* berdasarkan masing-masing kadar abu serbuk kayu mahoni guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat untuk kemudian diolah dan didapatkan hasil perhitungan keausan *paving block* di setiap variasinya.

Data hasil perhitungan keausan *paving block* yang sudah diolah kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.28 sampai dengan 5.33 hasil perhitungan keausan *paving block* berdasarkan masing-masing kadar abu serbuk kayu mahoni, Tabel 5.34 hasil perhitungan penyerapan air rata-rata dan penggolongan mutu *paving block* setiap variasi dan Gambar 5.7 grafik keausan rata-rata *paving block* guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat. Sumbu X dan Y pada grafik keausan rata-rata *paving block* secara berturut-turut yaitu kadar abu serbuk kayu mahoni (%) dan keausan (mm/menit).

Pada tahap pengolahan data hasil kenaikan nilai keausan *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.35 kenaikan nilai keausan *paving block* dan Gambar 5.8 grafik kenaikan nilai keausan *paving block* guna mempermudah dalam pembacaan kenaikan nilai keausan *paving block* yang didapat. Sumbu X dan Y pada grafik kenaikan nilai keausan *paving block* secara berturut-turut yaitu kadar abu serbuk kayu mahoni (%) dan kenaikan keausan (%).

8. Pengolahan data hasil pengujian penyerapan air *paving block*

Data hasil pengujian penyerapan air *paving block* yang didapatkan dari laboratorium dapat dihitung dengan persamaan (3.23), (3.24) dan (3.25). Contoh perhitungan penyerapan air *paving block* yaitu sebagaimana berikut.

a. Analisis perhitungan penyerapan air *paving block*

Contoh perhitungan penyerapan air *paving block* A1 yaitu sebagaimana berikut.

$$\text{Berat basah, } W_b = 417,63 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat kering, } W_k &= 370,3 \text{ gr} \\
\text{Penyerapan air A1} &= \left\{ \frac{(W_b - W_k)}{W_k} \right\} \times 100\% \\
&= \left\{ \frac{417,63 - 370,3}{370,3} \right\} \times 100\% \\
&= 12,782 \%
\end{aligned}$$

b. Penyerapan air rata-rata *paving block*

Contoh perhitungan penyerapan air rata-rata *paving block* sampel A yaitu sebagaimana berikut.

Penyerapan air rata-rata sampel A

$$\begin{aligned}
&= \frac{\Sigma \text{Penyerapan Air}}{n} \\
&= \frac{12,782 + 11,635 + 10,354 + 13,750 + 10,472}{5} \\
&= 11,798 \%
\end{aligned}$$

c. Kenaikan nilai penyerapan air *paving block*

Contoh perhitungan kenaikan nilai penyerapan air *paving block* variasi 5% yaitu sebagaimana berikut.

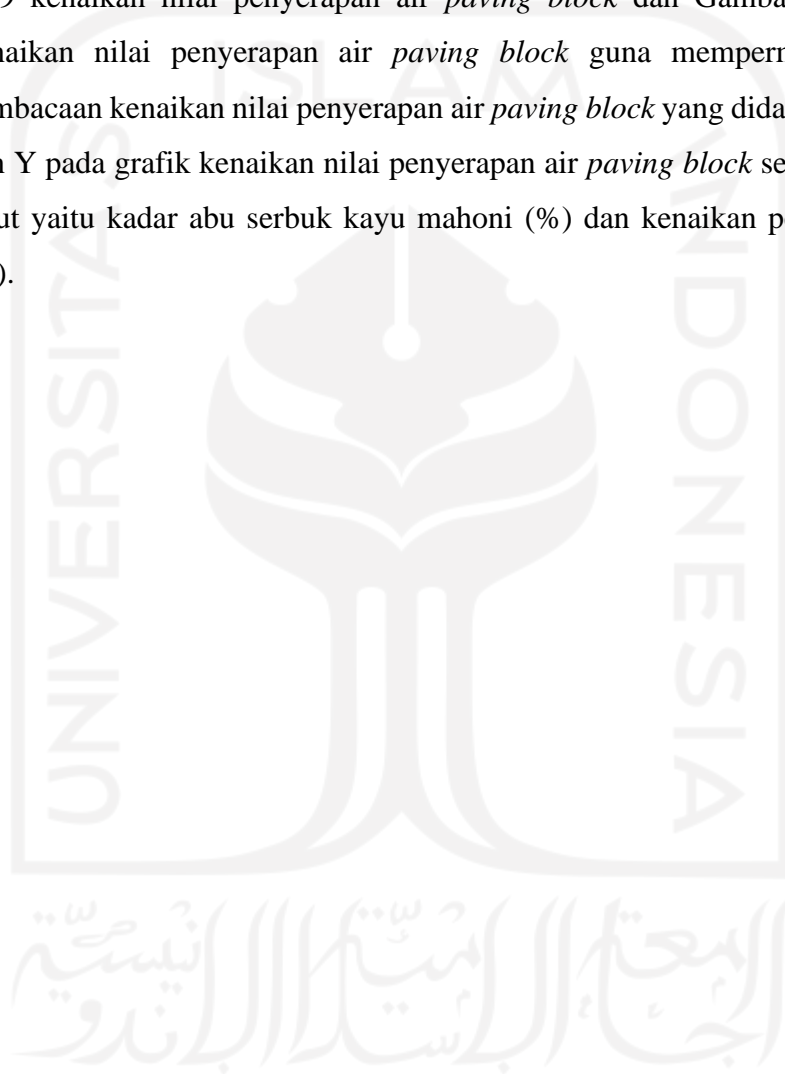
Kenaikan nilai penyerapan air variasi 5%

$$\begin{aligned}
&= \left\{ \frac{(\text{Penyerapan air 5\%} - \text{Penyerapan air 0\%})}{\text{Penyerapan air 0\%}} \right\} \times 100\% \\
&= \left\{ \frac{(17,699 - 10,797)}{10,797} \right\} \times 100\% \\
&= 63,926\%
\end{aligned}$$

Pada tahap pengolahan data hasil pengujian penyerapan air *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.36 sampai dengan 5.41 hasil uji penyerapan air *paving block* berdasarkan masing-masing kadar abu serbuk kayu mahoni guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat untuk kemudian diolah dan didapatkan hasil perhitungan penyerapan air *paving block* di setiap variasinya. Data hasil perhitungan penyerapan air *paving block* yang sudah diolah kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.42 sampai dengan Tabel 5.47 hasil perhitungan penyerapan air *paving block* berdasarkan masing-masing kadar abu serbuk kayu mahoni, Tabel 5.48 hasil perhitungan penyerapan air rata-rata dan penggolongan mutu *paving block* setiap variasi dan Gambar 5.10

grafik penyerapan air rata-rata *paving block* guna mempermudah dalam pembacaan data hasil pengujian yang didapat. Sumbu X dan Y pada grafik penyerapan air rata-rata *paving block* secara berturut-turut yaitu kadar abu serbuk kayu mahoni (%) dan penyerapan air (%).

Pada tahap pengolahan data hasil kenaikan nilai penyerapan air *paving block*, seluruh data yang telah didapatkan kemudian disajikan ke dalam sebuah Tabel 5.49 kenaikan nilai penyerapan air *paving block* dan Gambar 5.11 grafik kenaikan nilai penyerapan air *paving block* guna mempermudah dalam pembacaan kenaikan nilai penyerapan air *paving block* yang didapat. Sumbu X dan Y pada grafik kenaikan nilai penyerapan air *paving block* secara berturut-turut yaitu kadar abu serbuk kayu mahoni (%) dan kenaikan penyerapan air (%).



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

Pembuatan *paving block* pada penelitian ini menggunakan beberapa bahan utama berupa semen, pasir, air dan bahan pengganti sebagian semen berupa abu serbuk kayu mahoni. Hasil pemeriksaan bahan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagaimana berikut.

5.1.1 Semen *Portland*

Semen *portland* yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland* merek Tiga Roda. Pada pengamatan visual yang telah dilakukan, semen menunjukkan kondisi baik dan tidak terdapat gumpalan pada butiran partikel semen.

5.1.2 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir merapi. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisis saringan, pengujian berat volume padat dan gembur dan pengujian kandungan lumpur agregat halus.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990. Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagaimana berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, Bk (gr)	491	489	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, SSD (gr)	500	500	500
Berat piknometer berisi dan air, Bt (gr)	1150	1150	1150
Berat piknometer berisi air, B (gr)	837	837	837
Berat jenis curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,626	2,615	2,620
Berat jenis jenuh kering muka, $500 / (B + 500 - Bt)$	2,674	2,674	2,674
Berat jenis semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,758	2,778	2,768
Penyerapan Air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	1,833	2,249	2,041

Dapat dilihat pada tabel hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus di atas bahwasannya diperoleh hasil berat jenis curah pada agregat halus rata-rata sebesar 2,620, berat jenis jenuh permukaan pada agregat halus rata-rata sebesar 2,674 dan berat jenis semu pada agregat halus rata-rata sebesar 2,768, hal ini menunjukkan bahwa berat jenis pada agregat halus yang diperoleh telah memenuhi ketentuan SNI 03-1970-1990 yang menyebutkan bahwa agregat halus normal memiliki berat jenis sebesar 2,58-2,83. Sedangkan untuk penyerapan air pada agregat halus didapatkan hasil sebesar 2,041%, hal ini menunjukkan bahwa penyerapan air pada agregat halus yang diperoleh telah memenuhi ketentuan SNI 03-1971-1990 yang menyebutkan bahwa agregat halus normal memiliki kadar air maksimum sebesar 3%.

2. Pengujian analisis saringan agregat halus

Langkah-langkah pengujian analisis saringan agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-1968-1990. Hasil dari pengujian analisis saringan agregat halus sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagaimana berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal Sampel 1 (gr)	Berat Tertinggal Sampel 1 (%)	Berat Tertinggal Kumulatif Sampel 1 (%)	Persen Lolos Kumulatif Sampel 1 (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,40	82	4,104	4,104	95,896
1,20	311	15,566	19,670	80,330
0,60	526	26,326	45,996	54,004
0,30	490	24,525	70,521	29,479
0,15	399	19,970	90,490	9,510
Pan	190	9,510		
Jumlah	1998	100	230,781	369,219

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



Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1 Daerah II

Hasil dari pengujian analisis saringan agregat halus sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagaimana berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal Sampel 2 (gr)	Berat Tertinggal Sampel 2 (%)	Berat Tertinggal Kumulatif Sampel 2 (%)	Persen Lolos Kumulatif Sampel 2 (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,40	80	4,006	4,006	95,994
1,20	273	13,671	17,677	82,323
0,60	532	26,640	44,316	55,684
0,30	549	27,491	71,808	28,192
0,15	398	19,930	91,738	8,262
Pan	165	8,262		
Jumlah	1997	100	229,544	370,456

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



Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2 Daerah II

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus rata-rata yaitu sebesar 2,301, hal ini menunjukkan bahwasannya nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus yang diperoleh telah memenuhi ketentuan SII 0052-80 yang menyebutkan bahwa agregat halus normal memiliki modulus halus butir (MHB) sebesar 1,5-

3,8. Kemudian, hasil perhitungan lolos kumulatif yang didapatkan dari agregat halus sampel 1 dan sampel 2 menunjukkan bahwasannya agregat halus yang diuji masuk ke dalam kategori daerah II (pasir agak kasar) sesuai dengan yang disebutkan di dalam tabel batas-batas gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-1992.

3. Pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus

Langkah-langkah pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998.

a. Berat volume padat agregat halus

Hasil dari pengujian berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagaimana berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, $W1$ (gr)	12118	12118	12118
Berat Tabung + agregat, $W2$ (gr)	20713	20726	20720
Berat Agregat, $W3 = W2 - W1$ (gr)	8595	8608	8602
Volume Tabung, V (cm ³)	5333,197	5333,197	5333,197
Berat Volume Padat Pasir, $W3 / V$ (gr/cm ³)	1,612	1,614	1,613

Dapat dilihat pada tabel hasil pengujian berat volume padat agregat halus di atas bahwasannya diperoleh berat volume padat agregat halus rata-rata yaitu sebesar 1,613 gr/cm³.

b. Berat volume gembur agregat halus

Hasil dari pengujian berat volume gembur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagaimana berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, $W1$ (gr)	12118	12118	12118
Berat Tabung + agregat, $W2$ (gr)	19570	19580	19575
Berat Agregat, $W3 = W2 - W1$ (gr)	7452	7462	7457
Volume Tabung, V (cm ³)	5333,197	5333,197	5333,197
Berat Volume Gembur Pasir, $W3 / V$ (gr/cm ³)	1,397	1,399	1,398

Dapat dilihat pada tabel hasil pengujian berat volume gembur agregat halus di atas bahwasannya diperoleh berat volume gembur agregat halus rata-rata yaitu sebesar 1,398 gr/cm³.

4. Pengujian kandungan lumpur agregat halus

Langkah-langkah pengujian kandungan lumpur agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4142-1996. Hasil dari pengujian kandungan lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagaimana berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven, $w1$ (gr)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci, $w2$ (gr)	492	491	491,5
Berat Lolos Ayakan No. 200, $((w1 - w2) / w1) \times 100\%$ (%)	1,6	1,8	1,7

Dapat dilihat pada tabel hasil pengujian kandungan lumpur agregat halus di atas bahwasannya diperoleh hasil pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus rata-rata yaitu sebesar 1,7%, hal ini menunjukkan bahwa kandungan lumpur agregat halus yang diperoleh telah memenuhi ketentuan SK SNI S-04-1989-F yang menyebutkan bahwa agregat halus normal memiliki kandungan lumpur yang diizinkan sebesar 5%.

5.1.3 Air

Air yang digunakan adalah air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi, Universitas Islam Indonesia. Hasil pemeriksaan secara visual menunjukkan bahwa air tersebut memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan *paving block* karena air tersebut bersih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5.1.4 Abu Serbuk Kayu Mahoni

Abu serbuk kayu mahoni yang merupakan bahan substitusi sebagian semen yang digunakan dalam penelitian ini. Abu serbuk kayu mahoni yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pengolahan serbuk kayu mahoni yang didapat dari salah satu industri penggergajian kayu di Yogyakarta, yang kemudian diolah menjadi abu serbuk kayu mahoni yang dilakukan di Pusat Pelatihan Pembuatan Kerajinan Keramik Kasongan Bantul, Yogyakarta. Pada pengamatan secara visual yang dilakukan, abu serbuk kayu mahoni menunjukkan kondisi baik, berbutir halus lolos saringan No. 100, bersih dari kotoran dan terbakar sempurna. Pada pemeriksaan kandungan *silika* yang dilakukan di Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, abu serbuk kayu mahoni mengandung kadar *silika* sebesar 0,034 mg/g.

5.2 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini menggunakan proporsi material dengan perbandingan volume campuran semen:pasir 1pc:6ps, sedangkan untuk abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen.

Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan campuran pembuatan benda uji *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagaimana berikut.

Tabel 5.7 Komposisi Kebutuhan Campuran *Paving Block*

Variasi (%)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Abu Serbuk Kayu Mahoni (gr)	Jumlah Benda Uji Utuh (buah)	Jumlah Benda Uji Setelah Dipotong (buah)	Jumlah Benda Uji Setelah Dipotong untuk Setiap Pengujian (Buah)		
						Kuat Tekan	Keausan	Penyerapan Air
0	1797,145	10782,871	0,000	5	15	5	5	5
5	1707,288	10782,871	89,857	5	15	5	5	5
10	1617,431	10782,871	179,715	5	15	5	5	5
15	1527,573	10782,871	269,572	5	15	5	5	5
20	1437,716	10782,871	359,429	5	15	5	5	5
25	1347,859	10782,871	449,286	5	15	5	5	5
Total	9435,012	64697,225	1347,859	30	90	30	30	30
						90		

Dapat dilihat pada tabel komposisi kebutuhan campuran *paving block* di atas bahwasannya jumlah benda uji utuh dengan ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dibuat sebanyak 5 buah benda uji untuk masing-masing variasi abu serbuk kayu mahoni sehingga totalnya menjadi 30 buah benda uji utuh ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm. Dibuatnya 5 buah benda uji utuh dalam penelitian ini karena mengacu kepada SNI 03-2847-2002 yang menyebutkan bahwasannya jumlah benda uji minimum untuk dilakukan pengujian yaitu sebanyak 5 buah benda uji untuk setiap variasi.

5.3 Kuat Tekan *Paving Block*

Langkah-langkah pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan berdasarkan SNI 03-0691-1996. Pengujian kuat tekan *paving block* dalam penelitian ini dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah untuk 6 variasi yang berbeda-beda. *Paving block* yang semula berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong menggunakan alat pemotong batuan menjadi 60 mm x 60 mm x 60 mm. Proses pengujian kuat tekan *paving block* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagaimana berikut.



Gambar 5.3 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Hasil dari pengujian kuat tekan *paving block* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.8 sampai dengan Tabel 5.13 sebagaimana berikut.

Tabel 5.8 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
A1	6	5,6	6	44,130
A2	6	5,767	6	30,646
A3	5,667	5,4	6,5	37,265
A4	6	5,633	6,4	21,575
A5	6	5,567	6,3	44,865

Tabel 5.9 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
B1	6,2	5,567	6	68,401
B2	6	5,4	6,2	49,278
B3	6	5,5	6,3	61,782
B4	6	5,6	6,267	52,956
B5	5,8	5,5	6,3	60,556

Tabel 5.10 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
C1	6,1	5,6	6	70,362
C2	5,8	5,8	6	66,930
C3	5,667	5,6	6,1	68,891
C4	5,9	5,6	6	73,550
C5	6,1	5,6	6	82,866

Tabel 5.11 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
D1	5,7	5,7	5,9	81,395
D2	6	5,3	6,2	58,595
D3	6	5,767	6,2	76,247
D4	6	5,4	6,033	75,756
D5	6,2	5,667	5,933	82,131

Tabel 5.12 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
E1	6,3	5,4	6	61,292
E2	6,1	5,267	6	55,898
E3	5,933	5,933	6	62,272
E4	6	5,6	6	57,859
E5	5,9	5,5	6	63,008

Tabel 5.13 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
F1	6	5,5	6	50,259
F2	5,867	5,6	6	49,524
F3	5,767	5,833	6	79,434
F4	5,933	5,5	5,867	52,466
F5	6	5,567	6	66,195

Rekapitulasi hasil perhitungan kuat tekan dan kuat tekan rata-rata *paving block* seluruh variasi dapat dilihat pada Tabel 5.14 sampai dengan Tabel 5.19 sebagaimana berikut.

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
A1	33,600	44,130	13,134	10,797
A2	34,602	30,646	8,857	
A3	30,602	37,265	12,177	
A4	33,798	21,575	6,383	
A5	33,402	44,865	13,432	

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
B1	34,515	68,401	19,818	17,699
B2	32,400	49,278	15,209	
B3	33	61,782	18,722	
B4	33,600	52,956	15,761	
B5	31,900	60,556	18,983	

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
C1	34,160	70,362	20,598	21,744
C2	33,640	66,930	19,896	
C3	31,735	68,891	21,708	
C4	33,040	73,550	22,261	
C5	34,160	82,866	24,258	

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
D1	32,490	81,395	25,052	22,454
D2	31,800	58,595	18,426	
D3	34,602	76,247	22,035	
D4	32,400	75,756	23,382	
D5	35,135	82,131	23,375	

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
E1	34,020	61,292	18,016	17,948
E2	32,129	55,898	17,398	
E3	35,200	62,272	17,691	
E4	33,600	57,859	17,220	
E5	32,450	63,008	19,417	

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%

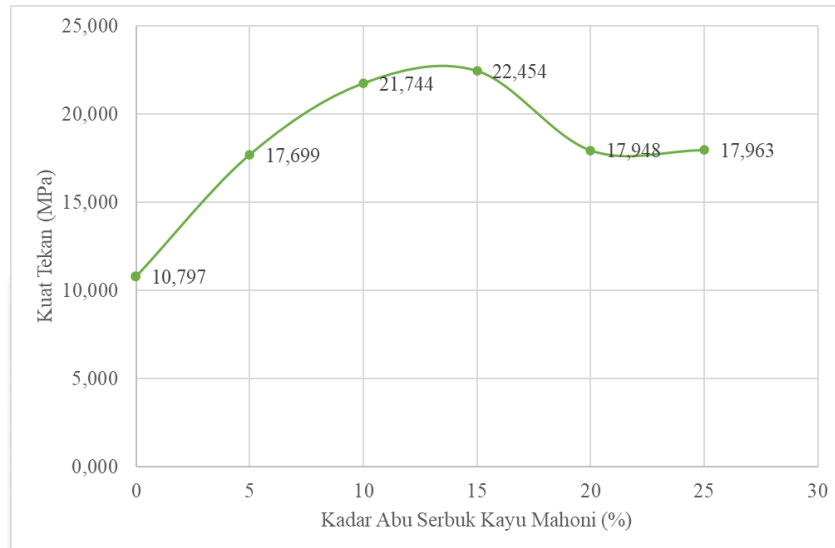
Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
F1	33	50,259	15,230	17,963
F2	32,855	49,524	15,073	
F3	33,639	79,434	23,614	
F4	32,632	52,466	16,078	
F5	33,402	66,195	19,818	

Berdasarkan hasil perhitungan kuat tekan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu *paving block* seluruh variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996. Penggolongan mutu *paving block* seluruh variasi dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagaimana berikut.

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Kuat Tekan Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block* Setiap Variasi

Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Mutu <i>Paving Block</i> Berdasarkan SNI	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	10,797	D	Trotoar pejalan kaki
5	17,699	B	Lahan parkir
10	21,744	B	Lahan parkir
15	22,454	B	Lahan parkir
20	17,948	B	Lahan parkir
25	17,963	B	Lahan parkir

Grafik hasil kuat tekan rata-rata *paving block* seluruh variasi substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni dapat dilihat pada Gambar 5.4 Sebagaimana berikut.

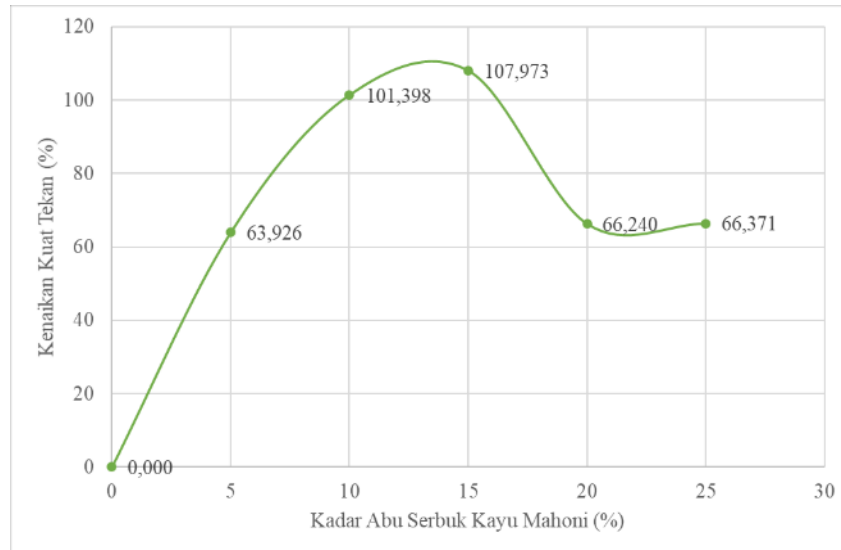


Gambar 5.4 Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block*

Rekapitulasi kenaikan nilai kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan Gambar 5.5 sebagaimana berikut.

Tabel 5.21 Kenaikan Nilai Kuat Tekan *Paving Block*

Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-rata <i>Paving Block</i> (MPa)	Kenaikan Nilai Kuat Tekan (%)
0	10,797	0
5	17,699	63,926
10	21,744	101,398
15	22,454	107,973
20	17,948	66,240
25	17,963	66,371



Gambar 5.5 Kenaikan Nilai Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan pengujian dan analisis di atas, diperoleh hasil bahwasannya nilai kuat tekan rata-rata *paving block* dengan substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni lebih besar dibandingkan dengan *paving block* normal.

Dapat dilihat pada grafik kuat tekan rata-rata *paving block* di atas bahwasannya telah terjadi peningkatan nilai kuat tekan *paving block* secara konstan yang dimulai dari *paving block* normal, kemudian *paving block* dengan variasi 5%, 10%, sampai dengan 15%. Peningkatan nilai kuat tekan ini dapat disebabkan oleh pengaruh *silika*, *selulosa* dan *hemiselulosa* pada abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen. Pada abu serbuk kayu mahoni terdapat kandungan *silika* yang merupakan bahan baku utama dalam pembuatan semen. Selain menjadi substitusi sebagian semen karena kandungan *silika*-nya, abu serbuk kayu mahoni juga berperan sebagai pengisi antara partikel-partikel pembentuk mortar karena butiran-butirannya yang halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm). Dengan begitu porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* menjadi berkurang dan *paving block* menjadi lebih kedap. Sebagai akibatnya, nilai kuat tekan *paving block* meningkat.

Selain *silika*, pada abu serbuk kayu mahoni juga terdapat kandungan *selulosa* dan *hemiselulosa*. Kandungan *selulosa* dan *hemiselulosa* tersebut akan terserap pada permukaan mineral atau partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat *adhesi* dan *dispersi*-nya, serta menghambat *difusi* atau pembauran air dalam material akibat sifat *hidrofob*-nya (Gargulak dkk, 2001).

Peningkatan nilai kuat tekan *paving block* ini tidak terjadi terus menerus ke variasi yang lebih besar, melainkan hanya mencapai nilai kuat tekan *paving block* optimum yaitu sampai dengan *paving block* dengan variasi 15%.

Setelah nilai kuat tekan *paving block* mencapai nilai kuat tekan optimum (*paving block* dengan variasi 15%), terjadi penurunan nilai kuat tekan pada *paving block* dengan variasi 20% dan mengalami sedikit peningkatan pada *paving block* dengan variasi 25%. Namun, nilai kuat tekannya tetap lebih besar dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada *paving block* dengan variasi 15%. Penurunan nilai kuat tekan ini dapat disebabkan oleh abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen berlebihan. Semakin banyak abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block*, maka kadar *silika* yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* juga semakin banyak. Kadar *silika* berlebih yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* tersebut menimbulkan dampak negatif berupa timbulnya reaksi alkali *silika*. Reaksi alkali *silika* merupakan reaksi antar kandungan *silika* aktif dalam agregat dan alkali dalam semen. Reaksi ini membentuk suatu gel alkali *silika* yang menyelimuti butiran-butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen dan karena terjadi pemuaiannya maka terjadilah tegangan internal, yang dapat mengakibatkan retakan atau pecahnya pasta semen sehingga membuat *paving block* menjadi rapuh (Chandra, 2013). Sebagai akibatnya, nilai kuat tekan *paving block* menurun.

Selain kadar *silika* yang berlebih, penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang berlebihan juga dapat menyebabkan terbentuknya ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu ikatan antara abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Karena abu serbuk kayu mahoni mengandung banyak karbon dimana karbon merupakan grafit maka ikatan antar karbon cukup lemah, bahkan lebih lemah dari ikatan antar karbon dan mortar (Abdullah dkk, 2009). Dengan demikian kehadiran ikatan antara karbon-karbon akan memperlemah kekuatan mortar dan porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* menjadi bertambah sehingga nilai kuat tekan *paving block* menurun.

5.4 Keausan *Paving Block*

Langkah-langkah pengujian keausan *paving block* dilakukan berdasarkan SNI 03-0691-1996. Pengujian keausan *paving block* dalam penelitian ini dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah untuk 6 variasi yang berbeda-beda. *Paving block* yang semula berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong menggunakan alat pemotong batuan menjadi 60 mm x 60 mm x 60 mm. Proses pengujian keausan *paving block* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.6 sebagaimana berikut.



Gambar 5.6 Pengujian Keausan *Paving Block*

Hasil dari pengujian keausan *paving block* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.22 sampai dengan Tabel 5.27 sebagaimana berikut.

Tabel 5.22 Hasil Uji Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)
A1	404,02	403,64	5
A2	422,75	421,87	5
A3	443,52	442,95	5
A4	378,65	377,56	5
A5	433,54	432,78	5

Tabel 5.23 Hasil Uji Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)
B1	443,4	442,65	5
B2	435,04	434,45	5
B3	444,333	443,94	5
B4	428,35	427,96	5
B5	456,87	456,2	5

Tabel 5.24 Hasil Uji Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)
C1	450,23	449,71	5
C2	410,62	410,22	5
C3	423,44	422,82	5
C4	443,58	443,21	5
C5	451,71	451,28	5

Tabel 5.25 Hasil Uji Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)
D1	409,08	408,84	5
D2	458,52	458,26	5
D3	450,89	450,13	5
D4	462,12	461,96	5
D5	455,98	455,79	5

Tabel 5.26 Hasil Uji Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)
E1	441,58	440,91	5
E2	387,03	386,85	5
E3	418,6	418,34	5
E4	416,25	416,02	5
E5	420,71	420,38	5

Tabel 5.27 Hasil Uji Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)
F1	381,61	381,4	5
F2	472,81	471,77	5
F3	419,49	419,06	5
F4	413,81	413,54	5
F5	420,17	419,9	5

Rekapitulasi hasil perhitungan keausan dan keausan rata-rata *paving block* seluruh variasi dapat dilihat pada Tabel 5.28 sampai dengan Tabel 5.33 sebagaimana berikut.

Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gr/menit)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-rata (mm/menit)
A1	0,38	5	0,120	0,210
A2	0,88	5	0,246	
A3	0,57	5	0,168	
A4	1,09	5	0,299	
A5	0,76	5	0,216	

Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gr/menit)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-rata (mm/menit)
B1	0,75	5	0,214	0,165
B2	0,59	5	0,173	
B3	0,393	5	0,124	
B4	0,39	5	0,123	
B5	0,67	5	0,193	

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gr/menit)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-rata (mm/menit)
C1	0,52	5	0,156	0,143
C2	0,4	5	0,125	
C3	0,62	5	0,181	
C4	0,37	5	0,118	
C5	0,43	5	0,133	

Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gr/menit)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-rata (mm/menit)
D1	0,24	5	0,085	0,106
D2	0,26	5	0,090	
D3	0,76	5	0,216	
D4	0,16	5	0,065	
D5	0,19	5	0,072	

Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gr/menit)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-rata (mm/menit)
E1	0,67	5	0,193	0,109
E2	0,18	5	0,070	
E3	0,26	5	0,090	
E4	0,23	5	0,083	
E5	0,33	5	0,108	

Tabel 5.33 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%

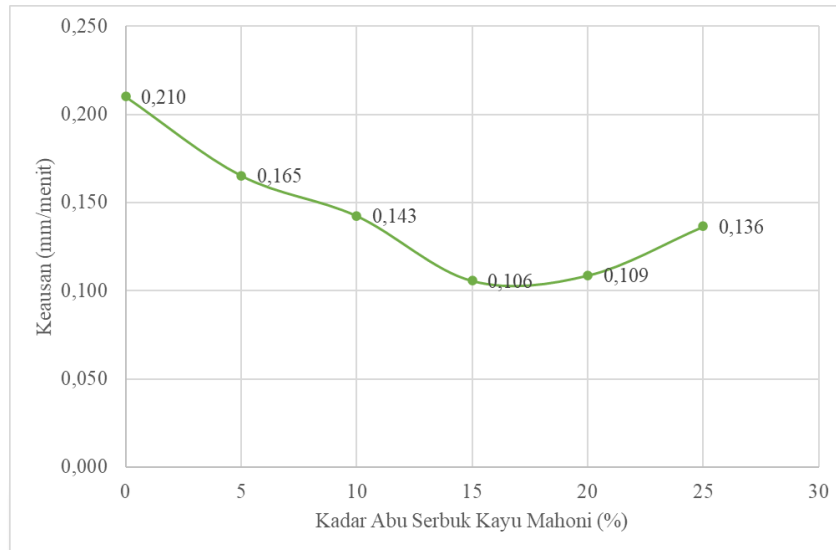
Kode Sampel	Kehilangan Berat (gr/menit)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Keausan Rata-rata (mm/menit)
F1	0,21	5	0,078	0,136
F2	1,04	5	0,287	
F3	0,43	5	0,133	
F4	0,27	5	0,093	
F5	0,27	5	0,093	

Berdasarkan hasil perhitungan keausan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu *paving block* seluruh variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996. Penggolongan mutu *paving block* seluruh variasi dapat dilihat pada Tabel 5.34 sebagaimana berikut.

Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Keausan Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block* Setiap Variasi

Variasi (%)	Keausan Rata-rata (mm/menit)	Mutu <i>Paving Block</i> Berdasarkan SNI	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	0,210	D	Taman dan sejenisnya
5	0,165	C	Trotoar pejalan kaki
10	0,143	B	Lahan parkir
15	0,106	B	Lahan parkir
20	0,109	B	Lahan parkir
25	0,136	B	Lahan parkir

Grafik hasil keausan rata-rata *paving block* seluruh variasi substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebagaimana berikut.

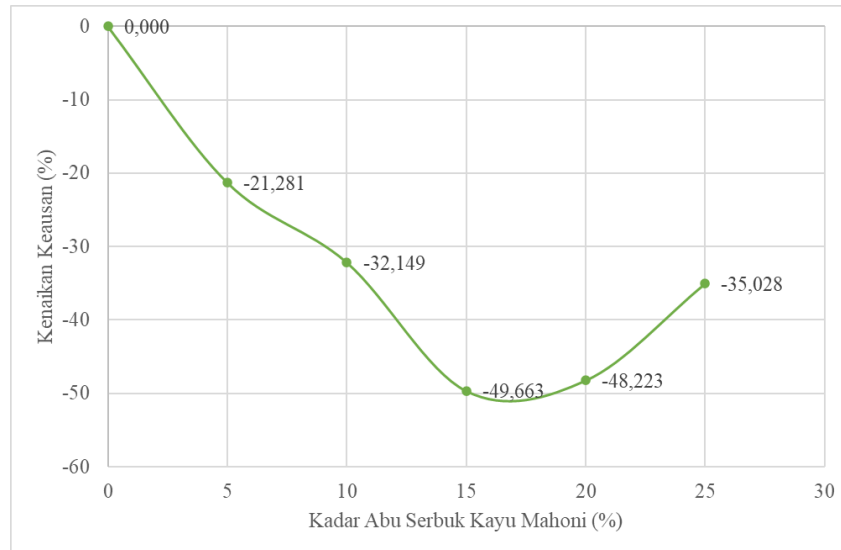


Gambar 5.7 Keausan Rata-rata *Paving Block*

Rekapitulasi peningkatan nilai keausan *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.35 dan Gambar 5.8 sebagaimana berikut.

Tabel 5.35 Kenaikan Nilai Keausan *Paving Block*

Variasi (%)	Keausan Rata-rata <i>Paving Block</i> (mm/menit)	Kenaikan Nilai Keausan (%)
0	0,210	0
5	0,165	-21,281
10	0,143	-32,149
15	0,106	-49,663
20	0,109	-48,223
25	0,136	-35,028



Gambar 5.8 Kenaikan Nilai Keausan *Paving Block*

Berdasarkan pengujian dan analisis di atas, diperoleh hasil bahwasannya nilai keausan rata-rata *paving block* dengan substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni lebih kecil dibandingkan dengan *paving block* normal.

Dapat dilihat pada grafik keausan rata-rata *paving block* di atas bahwasannya telah terjadi penurunan nilai keausan *paving block* secara konstan yang dimulai dari *paving block* normal, kemudian *paving block* dengan variasi 5%, 10%, sampai dengan 15%. Penurunan nilai keausan ini dapat disebabkan oleh abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai pengganti semen tidak berlebihan. Abu serbuk kayu mahoni yang digunakan secara tidak berlebihan dapat mengisi porositas atau ruang kosong pada *paving block* dengan baik karena abu serbuk kayu mahoni memiliki butiran halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm) sehingga dapat menjadi pengisi antara partikel-partikel pembentuk mortar dan tidak membentuk ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu berupa ikatan antar abu serbuk kayu mahoni itu sendiri pada permukaan *paving block*. Penurunan nilai keausan *paving block* ini tidak terjadi terus menerus ke variasi yang lebih besar, melainkan hanya mencapai nilai keausan *paving block* optimum yaitu sampai dengan *paving block* dengan variasi 15%.

Setelah nilai keausan *paving block* mencapai nilai keausan optimum (*paving block* variasi 15%), terjadi peningkatan nilai keausan *paving block* secara konstan yang dimulai dari *paving block* dengan variasi 20% sampai dengan variasi 25%. Peningkatan nilai keausan ini dapat disebabkan oleh abu serbuk kayu mahoni yang

digunakan sebagai pengganti semen berlebihan. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang berlebihan menyebabkan terbentuknya ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu berupa ikatan antar abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Dengan demikian ikatan antar abu serbuk kayu mahoni yang terdapat pada permukaan *paving block* menyebabkan *paving block* dapat dengan mudah diauskan sehingga nilai keausan *paving block* meningkat.

5.5 Penyerapan Air *Paving Block*

Langkah-langkah pengujian penyerapan air *paving block* dilakukan berdasarkan SNI 03-0691-1996. Pengujian penyerapan air *paving block* dalam penelitian ini dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah untuk 6 variasi yang berbeda-beda. *Paving block* yang semula berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong menggunakan alat pemotong batuan menjadi 60 mm x 60 mm x 60 mm. Proses pengujian penyerapan air *paving block* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagaimana berikut.



Gambar 5.9 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Hasil dari pengujian penyerapan air *paving block* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.36 sampai dengan Tabel 5.41 sebagaimana berikut.

Tabel 5.36 Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
A1	417,63	370,3
A2	423,43	379,3
A3	443,17	401,59
A4	427,96	376,23
A5	428,63	388

Tabel 5.37 Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
B1	455,88	418,38
B2	446,84	405,43
B3	464,55	423,07
B4	461,3	416,78
B5	443,02	406,42

Tabel 5.38 Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
C1	462,71	427,95
C2	416,08	383,55
C3	456,96	419,39
C4	441,38	409,07
C5	491,56	456,54

Tabel 5.39 Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
D1	409,44	382,21
D2	482,91	449,28
D3	460,38	429,44
D4	455,94	424,12
D5	429,15	400,03

Tabel 5.40 Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
E1	456,97	417,43
E2	416,61	379,9
E3	421,52	385,77
E4	405,91	371,07
E5	447,37	408,48

Tabel 5.41 Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
F1	412,07	373,82
F2	437,11	403,13
F3	415,53	381,13
F4	432,45	395,87
F5	409,59	374,29

Rekapitulasi hasil perhitungan penyerapan air dan penyerapan air rata-rata *paving block* seluruh variasi dapat dilihat pada Tabel 5.42 sampai dengan Tabel 5.47 sebagaimana berikut.

Tabel 5.42 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
A1	417,63	370,3	12,782	11,798
A2	423,43	379,3	11,635	
A3	443,17	401,59	10,354	
A4	427,96	376,23	13,750	
A5	428,63	388	10,472	

Tabel 5.43 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
B1	455,88	418,38	8,963	9,734
B2	446,84	405,43	10,214	
B3	464,55	423,07	9,805	
B4	461,3	416,78	10,682	
B5	443,02	406,42	9,005	

Tabel 5.44 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 10%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
C1	462,71	427,95	8,122	8,226
C2	416,08	383,55	8,481	
C3	456,96	419,39	8,958	
C4	441,38	409,07	7,898	
C5	491,56	456,54	7,671	

Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 15%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
D1	409,44	382,21	7,124	7,319
D2	482,91	449,28	7,485	
D3	460,38	429,44	7,205	
D4	455,94	424,12	7,503	
D5	429,15	400,03	7,279	

Tabel 5.46 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 20%

Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
E1	456,97	417,43	9,472	9,462
E2	416,61	379,9	9,663	
E3	421,52	385,77	9,267	
E4	405,91	371,07	9,389	
E5	447,37	408,48	9,521	

Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Penyerapan Air *Paving Block* dengan Abu Serbuk Kayu Mahoni Variasi 25%

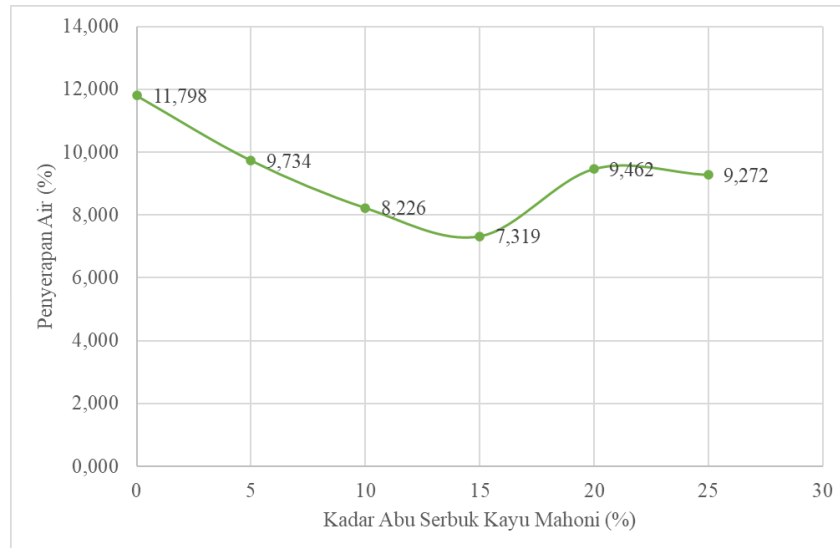
Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
F1	412,07	373,82	10,232	9,272
F2	437,11	403,13	8,429	
F3	415,53	381,13	9,026	
F4	432,45	395,87	9,240	
F5	409,59	374,29	9,431	

Berdasarkan hasil perhitungan penyerapan air rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu *paving block* seluruh variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996. Penggolongan mutu *paving block* seluruh variasi dapat dilihat pada Tabel 5.48 sebagaimana berikut.

Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block* Setiap Variasi

Variasi (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu <i>Paving Block</i> Berdasarkan SNI	Fungsi <i>Paving Block</i>
0	11,798	D	Taman dan sejenisnya
5	9,734	D	Taman dan sejenisnya
10	8,226	D	Taman dan sejenisnya
15	7,319	C	Trotoar pejalan kaki
20	9,462	D	Taman dan sejenisnya
25	9,272	D	Taman dan sejenisnya

Grafik hasil penyerapan air rata-rata *paving block* seluruh variasi substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni dapat dilihat pada Gambar 5.10 Sebagaimana berikut.

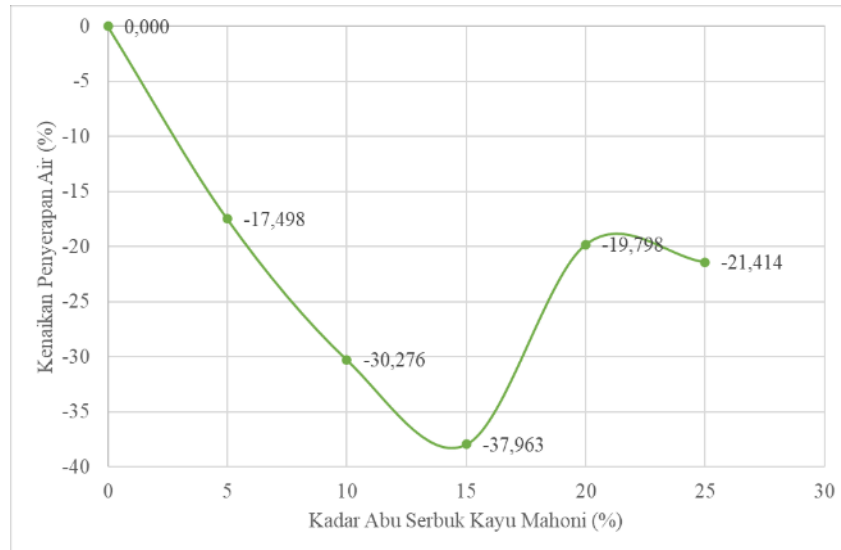


Gambar 5.10 Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block*

Rekapitulasi kenaikan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.49 dan Gambar 5.11 sebagaimana berikut.

Tabel 5.49 Kenaikan Nilai Penyerapan Air *Paving Block*

Variasi (%)	Penyerapan Air Rata-rata <i>Paving Block</i> (%)	Kenaikan Nilai Penyerapan Air (%)
0	11,798	0
5	9,734	-17,498
10	8,226	-30,276
15	7,319	-37,963
20	9,462	-19,798
25	9,272	-21,414



Gambar 5.11 Kenaikan Nilai Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan pengujian dan analisis di atas, diperoleh hasil bahwasannya nilai penyerapan air rata-rata *paving block* dengan substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni lebih kecil dibandingkan dengan *paving block* normal.

Pada *paving block* normal didapatkan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 11,798% yang merupakan nilai penyerapan terbesar di antara nilai-nilai penyerapan air rata-rata *paving block* dengan substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni. Hal ini dapat terjadi karena tanpa adanya abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi sebagian semen dapat menyebabkan porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* tetap besar. Dalam hal ini, ikatan antar material hanya terjadi pada semen dan pasir saja. Tanpa adanya substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni dalam pembuatan *paving block* ini menjadikan ruang kosong di dalamnya tidak ada yang mengisi. Sehingga *paving block* memiliki nilai penyerapan air yang besar.

Dapat dilihat pada grafik penyerapan air rata-rata *paving block* di atas bahwasannya telah terjadi penurunan nilai penyerapan air *paving block* secara konstan yang dimulai dari *paving block* normal, kemudian *paving block* dengan variasi 5%, 10%, sampai dengan 15%. Penurunan nilai penyerapan air ini disebabkan oleh pengaruh *silika*, *selulosa* dan *hemiselulosa* pada abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen. Pada abu serbuk kayu mahoni terdapat kandungan *silika* yang juga merupakan bahan baku utama dalam

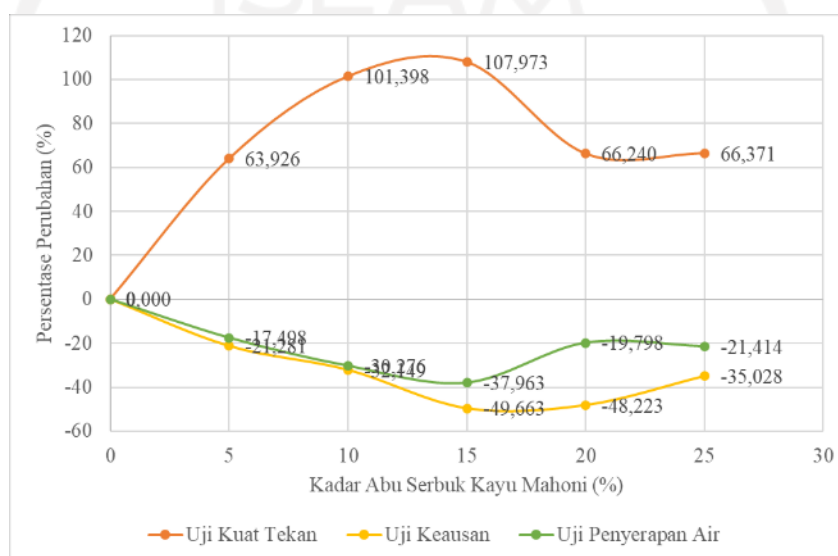
pembuatan semen. Selain menjadi substitusi sebagian semen karena kandungan *silika*-nya, abu serbuk kayu mahoni juga berperan sebagai pengisi antara partikel-partikel pembentuk mortar karena butiran-butirannya yang halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm). Dengan begitu porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* menjadi berkurang dan *paving block* menjadi lebih kedap. Sebagai akibatnya, nilai penyerapan air *paving block* menurun.

Selain *silika*, pada abu serbuk kayu mahoni juga terdapat kandungan *selulosa* dan *hemiselulosa*. Kandungan *selulosa* dan *hemiselulosa* yang terdapat pada abu serbuk kayu mahoni tersebut akan terserap pada permukaan mineral atau partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat *adhesi* dan *dispersi*-nya, serta menghambat *difusi* atau pembauran air dalam material akibat sifat *hidrofob*-nya (Gargulak dkk, 2001). Penurunan nilai penyerapan air *paving block* ini tidak terjadi terus menerus ke variasi yang lebih besar, melainkan hanya mencapai nilai penyerapan air *paving block* optimum yaitu sampai dengan *paving block* dengan variasi 15%.

Setelah nilai penyerapan air *paving block* mencapai nilai penyerapan air optimum (*paving block* dengan variasi 15%), terjadi peningkatan nilai penyerapan air pada *paving block* dengan variasi 20% dan mengalami sedikit penurunan pada *paving block* dengan variasi 25%. Namun, nilai penyerapan airnya tetap lebih besar dibandingkan dengan nilai penyerapan air pada *paving block* pada variasi 15%. Peningkatan nilai penyerapan air ini dapat disebabkan oleh abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen berlebihan. Apabila persentase abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen ditingkatkan penggunaannya secara berlebihan maka akan terbentuk ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu ikatan antara abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Karena abu serbuk kayu mahoni mengandung banyak karbon dimana karbon merupakan grafit maka ikatan antar karbon cukup lemah, bahkan lebih lemah dari ikatan antar karbon dan mortar (Abdullah dkk, 2009). Dengan demikian kehadiran ikatan antara karbon-karbon akan memperlemah kekuatan mortar dan porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* menjadi bertambah sehingga nilai penyerapan air *paving block* meningkat.

5.6 Hubungan Antara Kuat Tekan, Keausan dan Penyerapan Air

Berdasarkan pembahasan mengenai hasil pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block*, diperoleh hubungan yang sinkron di antara ketiganya dalam hal kenaikan nilai hasil pengujian *paving block* dengan variasi substitusi sebagai semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni terhadap nilai hasil pengujian *paving block* normal. Hubungan antara ketiganya dapat dilihat pada Gambar 5.12 sebagaimana berikut.



Gambar 5.12 Hubungan Antara Kuat Tekan, Keausan dan Penyerapan Air *Paving Block*

Dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang telah didapat, diketahui bahwa abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada *paving block* berpengaruh terhadap hasil pengujian mutu *paving block* yang berupa pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air.

Umumnya semakin besar nilai kuat tekan *paving block*, maka nilai penyerapan airnya semakin kecil. Hal ini dapat dibuktikan dengan grafik hubungan antara kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* di atas. Fenomena ini dapat dijelaskan sebagaimana berikut.

Tanpa adanya substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni, maka akan terdapat nilai porositas atau ruang kosong yang besar pada *paving block*, selain itu ikatan yang terbentuk hanya berupa ikatan antara pasir dan semen. Pada abu serbuk kayu mahoni terdapat kandungan *silika* yang juga

merupakan bahan baku utama dalam pembuatan semen. Selain menjadi substitusi sebagian semen karena kandungan *silika*-nya, abu serbuk kayu mahoni juga berperan sebagai pengisi antara partikel-partikel pembentuk mortar karena butiran-butirannya yang halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm). Dengan begitu porositas atau ruang kosong yang ada pada *paving block* menjadi berkurang dan *paving block* menjadi lebih kedap.

Selain *silika*, pada abu serbuk kayu mahoni juga terdapat kandungan *selulosa* dan *hemiselulosa*. Kandungan *selulosa* dan *hemiselulosa* tersebut tersebut akan terserap pada permukaan mineral atau partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat *adhesi* dan *dispersi*-nya, serta menghambat *difusi* atau pembauran air dalam material akibat sifat *hidrofob*-nya (Gargulak dkk, 2001). Sebagai akibatnya, nilai kuat tekan *paving block* meningkat dan nilai penyerapan air menurun sampai dengan nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air *paving block* optimum (*paving block* dengan variasi 15%).

Sebaliknya, jika abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block* berlebihan, maka kadar *silika* yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* juga semakin banyak. Kadar *silika* berlebih yang menyatu dengan material-material penyusun *paving block* tersebut menimbulkan dampak negatif berupa timbulnya reaksi alkali *silika*. Reaksi alkali *silika* merupakan reaksi antar kandungan *silika* aktif dalam agregat dan alkali dalam semen. Reaksi ini membentuk suatu gel alkali *silika* yang menyelimuti butiran-butiran agregat. Gel tersebut dikelilingi oleh pasta semen dan karena terjadi pemuaiannya maka terjadilah tegangan internal, yang dapat mengakibatkan retakan atau pecahnya pasta semen sehingga membuat *paving block* menjadi rapuh (Chandra, 2013).

Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang berlebihan juga dapat menyebabkan terbentuknya ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu ikatan antara abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Karena abu serbuk kayu mahoni mengandung banyak karbon dimana karbon merupakan grafit maka ikatan antar karbon cukup lemah, bahkan lebih lemah dari ikatan antar karbon dan mortar (Abdullah dkk, 2009). Dengan demikian kehadiran ikatan antara karbon-karbon akan memperlemah kekuatan mortar dan porositas atau

ruang kosong yang ada pada *paving block* menjadi bertambah sehingga nilai kuat tekan *paving block* menurun dan nilai penyerapan air *paving block* meningkat.

Nilai keausan bergantung pada seberapa halus butiran agregat penyusun *paving block*. Semakin halus butiran agregat penyusun *paving block*, maka nilai keausannya juga semakin besar. Hal ini dapat dibuktikan dengan grafik hubungan antara kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* di atas. Fenomena ini dapat dijelaskan sebagaimana berikut.

Seperti yang sudah dijelaskan mengenai pengaruh butiran agregat terhadap nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air sebelumnya, hal ini juga terjadi serupa pada nilai keausan *paving block* yang didapatkan. Abu serbuk kayu mahoni yang digunakan secara tidak berlebihan dapat mengisi porositas atau ruang kosong pada *paving block* dengan baik karena abu serbuk kayu mahoni memiliki butiran halus (lolos saringan no. 100 atau berdiameter 0,150 mm) sehingga dapat menjadi pengisi antara partikel-partikel pembentuk mortar dan tidak membentuk ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu berupa ikatan antar abu serbuk kayu mahoni itu sendiri pada permukaan *paving block*. Sebagai akibatnya, nilai kuat tekan meningkat, nilai penyerapan air menurun dan nilai keausan menurun sampai dengan nilai kuat tekan, nilai penyerapan air dan nilai keausan *paving block* optimum (*paving block* dengan variasi 15%).

Sama seperti nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang berlebihan juga dapat mempengaruhi nilai keausan. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni yang berlebihan menyebabkan terbentuknya ikatan baru selain ikatan antara pasir dengan semen dan abu serbuk kayu mahoni, yaitu berupa ikatan antar abu serbuk kayu mahoni itu sendiri. Dengan demikian ikatan antar abu serbuk kayu mahoni yang terdapat pada permukaan *paving block* menyebabkan *paving block* dapat dengan mudah diauskan sehingga nilai keausan *paving block* meningkat.

Dari hasil pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* didapatkan satu kesamaan hasil yang sangat tampak, yaitu berupa kesamaan nilai optimum. Nilai optimum dari masing-masing hasil pengujian parameter mutu *paving block* terjadi pada *paving block* dengan variasi 15%. Rekapitulasi hasil

pengujian parameter mutu *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.50 sebagaimana berikut.

Tabel 5.50 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter Mutu *Paving Block*

Variasi (%)	Mutu <i>Paving Block</i> Berdasarkan SNI		
	Kuat Tekan	Keausan	Penyerapan Air
0	D	D	D
5	B	C	D
10	B	B	D
15	B	B	C
20	B	B	D
25	B	B	D

Dapat dilihat pada tabel rekapitulasi hasil pengujian parameter mutu *paving block* di atas bahwasannya hanya *paving block* normal saja yang memiliki mutu seragam untuk setiap pengujiannya yaitu memiliki mutu D, sedangkan untuk *paving block* dengan substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni tidak terdapat *paving block* yang memiliki mutu seragam, namun terdapat *paving block* dengan mutu terbaik pada *paving block* dengan substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni, yaitu *paving block* dengan variasi 15%.

Paving block dengan variasi 15% memiliki mutu B untuk nilai kuat tekannya, mutu B untuk nilai keausannya dan mutu C untuk nilai penyerapan airnya. Hal ini dapat terjadi karena abu serbuk kayu mahoni yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada *paving block* dengan variasi 15% bekerja dengan baik dan tidak berlebihan, sehingga tidak terjadi reaksi alkali *silika* dan tidak membentuk ikatan baru berupa ikatan antar abu serbuk kayu mahoni itu sendiri yang dapat menurunkan mutu *paving block*.

Untuk menentukan satu mutu *paving block* dari ketiga parameter pengujian *paving block* yang telah dilakukan, terdapat satu hal yang paling umum ditanyakan di lapangan mengenai mutu *paving block* yaitu nilai kuat tekannya. Satuan yang digunakan adalah kg/cm^2 atau MPa, namun kebanyakan orang meringkasnya dengan sebutan 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 5.51 sebagaimana berikut.

Tabel 5.51 Rekapitulasi Mutu K *Paving Block* berdasarkan Nilai Kuat Tekan *Paving Block*

Variasi (%)	Kuat Tekan		Mutu K
	(MPa)	(kg/cm ²)	
0	10,797	110,095	K100
5	17,699	180,475	K170
10	21,744	221,730	K200
15	22,454	228,969	K200
20	17,948	183,023	K170
25	17,963	183,167	K170

Dapat dilihat pada tabel rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan *paving block* berdasarkan mutu K di atas bahwasannya *paving block* dengan nilai kuat tekan terendah terjadi pada *paving block* normal yang memiliki nilai kuat tekan *paving block* sebesar 10,797 MPa dan masuk ke dalam mutu K100, sedangkan *paving block* dengan nilai kuat tekan optimum terjadi pada *paving block* dengan variasi abu serbuk kayu mahoni 15% yang memiliki nilai kuat tekan *paving block* sebesar 22,454 MPa dan masuk ke dalam mutu K200.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagaimana berikut:

1. Substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni pada pembuatan *paving block* dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%, kemudian mengalami penurunan pada variasi 20% dan sedikit meningkat pada variasi 25%. Nilai kuat tekan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,454 MPa yang mengalami peningkatan sebesar 107,973% dari *paving block* normal dan termasuk ke dalam mutu B.
2. Substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni pada pembuatan *paving block* dapat menurunkan nilai keausan *paving block* pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%, kemudian mengalami peningkatan pada variasi 20% dan 25%. Nilai keausan *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai keausan sebesar 0,106 mm/menit yang mengalami penurunan sebesar -49,663% dari *paving block* normal dan termasuk ke dalam mutu B.
3. Substitusi sebagian semen menggunakan abu serbuk kayu mahoni pada pembuatan *paving block* dapat menurunkan nilai penyerapan air *paving block* pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%, kemudian mengalami peningkatan pada variasi 20% dan sedikit menurun pada variasi 25%. Nilai penyerapan air *paving block* optimum terdapat pada *paving block* dengan variasi 15% dengan nilai penyerapan air sebesar 7,319% yang mengalami penurunan sebesar -37,963% dari *paving block* normal dan termasuk ke dalam mutu C.

6.2 Saran

Dengan meninjau hasil penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan adalah sebagaimana berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi persentase abu serbuk kayu mahoni dengan interval lebih rapat sebelum dan sesudah variasi 15% yang merupakan variasi optimum dari setiap pengujian mutu *paving block* yang digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan kimia abu serbuk kayu mahoni yang berpengaruh terhadap mutu *paving block* seperti karbon, silika, selulosa dan hemiselulosa.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai abu serbuk kayu jenis lain yang dapat digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada pembuatan *paving block*.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Sonya, A. D., Nuryadin, B. W., Marully, A. R., Khairuddin dan Khairurrijal. 2009. Sintesis Keramik Berbasis Komposit Clay-Karbon dan Karakterisasi Kekuatan Mekaniknya. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, Vol. 2 No. 2. Bandung.
- Adi Chandra, R. 2013. Kajian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Penambahan Abu Bonggol Jagung Sebagai Zat Additive. *Tugas Akhir*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Ansori, M. 2018. Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan, Porositas dan Beban Impact *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat.
- ASTM C-150. *Standard Specification for Portland Cement*. ASTM International.
- Astuti, K. T. 2007. Pengaruh Limbah Gergajian Batu Andesit Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Desak, Daya Serap Air dan Kekesatan *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Ayu Widari, L., Debrina, I. dan Fasdarsyah. 2015. Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada *Paving Block*. *Teras Jurnal*, Vol. 5. Aceh.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, PUBI-1982. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Fajar, H. N. 2018. Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla king*) Sebagai Energi Alternatif Dengan Metode Pirolisis. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar.
- Fengel, D. dan Wegenre, G. 1995. *Kayu, kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gargulak, J.D., Bushar, L.L. dan Sengupta, A.K. 2001. Amoxidized Lignosulfonate Cement Dispersant. US-Patent: US 6,238,475 B1.
- Gustan, P. dan Hartoyo. 1990. Analisis Kimia 9 Jenis Kayu Indonesia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol. 7 No. 4.

- Harsono, H. 2002. Pembuatan *Silika* Amorf dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Ilmu dasar*. Vol. 3 No. 2. Jawa Timur.
- Jauzi, I., Prihantono dan S, D. S. 2012. Studi Deskriptif Analitis Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Bahan Tambah Pembuatan *Paving Block* Untuk Mencari Kuat Tekan Optimum Berdasarkan SNI 03-0691-1996. *Tugas Akhir*. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Lehninger, L. Albert, L. N. David. dan M. C. Michael. 2000. *Lehninger Principles of Biochemistry*. Worth Publisher. New York.
- Mindawati, N. dan Megawati. 2013. *Manual Budidaya Mahoni (Swietenia macrophylla, King)*. Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Mujahidin, M. N. 2013. Pengaruh Pemasangan Baut di Sisi Muka Terhadap Daya Dukung Sambungan Gigi Tunggal pada Konstruksi Kuda-kuda Kayu. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Naelufar, A. 2014. Zat Ekstraktif Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla King*) dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kalor. *Tugas Akhir*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Neville, A. M. 2011. *Properties of Concrete*. British Library. London.
- Pari, G. dan Hartoyo. 1990. Analisis Kimia 9 Jenis Kayu Indonesia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol. 7 No. 4. Jakarta.
- Qiram, I., Widhiyanuriyawan, D. dan Wijayanti, W. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Pada Rotary Kiln. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 6 No. 1. Malang.
- Ruswanto, T. A. dan Setiawan, B. 2017. Pengaruh Penambahan Abu Pembakaran Serbuk Kayu Jati Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Setiawan, I. 2018. Potensi Ekonomi Limbah Arang Tempurung Kelapa Sawit untuk Bahan Tambah *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- SII. 1980. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia. SII 0052-80.

- SK SNI. 1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam)*. Standar Nasional Indonesia. SK SNI S-04-1989-F.
- SK SNI. 1990. *Tata Cara Pemasangan Blok Beton Terkunci Untuk Permukaan Jalan*. Standar Nasional Indonesia. SK SNI T-04-1990-F.
- SNI. 1987. *Ubin Semen Polos*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-0028-1987.
- SNI. 1990. *Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-1968-1990.
- SNI. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-1970-1990.
- SNI. 1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-1971-1990
- SNI. 1992. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-2834-1992.
- SNI. 1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-0691-1996.
- SNI. 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-4142-1996.
- SNI. 1998. *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-4804-1998.
- SNI. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Standar Nasional Indonesia. SNI 03-2847-2002.
- SNI. 2004. *Semen Portland*. Standar Nasional Indonesia. SNI 15-2049-2004.
- SNI. 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Standar Nasional Indonesia. SNI 1970-2008.
- Soeparno. 1993. Pengaruh tekanan waktu kempa dan jenis serbuk pada pembuatan arang gergajian terhadap rendemen dan nilai panas. *Laporan Penelitian*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sucahyo, I. A., Agustapraja, H. R. dan Damara, B. 2020. Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Campuran *Paving Block* (Ditinjau dari Kuat Tekan dan Resapan Air). *Jurnal Ukarst : Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil*, Vol. 4 No. 1. Kediri.

- Tjokrodimuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 2021. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Yahya, A. N. I. 2018. Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik *Paving Block*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.



The image features a large, faint watermark of the Universitas Islam Indonesia logo in the background. The logo is a shield-shaped emblem with a central stylized symbol resembling a flame or a calligraphic element. The text "UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA" is written around the shield, and below it is the Arabic name "الجامعة الإسلامية الأندونيسية".

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan



Gambar L-1.1 Timbangan



Gambar L-1.2 Cetok



Gambar L-1.3 Saringan No. 1 – No. 200



Gambar L-1.4 Oven



Gambar L-1.5 Tungku Pembakaran Keramik



Gambar L-1.6 Cetakan Silinder Beton



Gambar L-1.7 Mixer



Gambar L-1.8 Mesin Cetak *Paving Block*



Gambar L-1.9 Mesin Pemotong *Paving Block*



Gambar L-1.10 Mesin Uji Kuat Tekan *Paving Block*



Gambar L-1.11 Mesin Uji Keausan *Paving Block*

Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-2.1 Serbuk Kayu Mahoni Sebelum Dilakukan Pembakaran



Gambar L-2.2 Abu Serbuk Kayu Mahoni Sesudah Dilakukan Pembakaran dan Penyaringan



Gambar L-2.3 Semen *Portland*



Gambar L-2.4 Pasir



Gambar L-2.5 Air

Lampiran 3 Gambar Proses Pengujian Bahan



Gambar L-3.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus



Gambar L-3.2 Modulus Halus Butir (MHB) / Analisis Saringan Agregat Halus



Gambar L-3.3 Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus



Gambar L-3.4 Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus



Gambar L-3.5 Pemeriksaan Butiran Yang Lolos Ayakan No. 200 / Uji Kandungan Lumpur Dalam Pasir

Lampiran 4 Gambar Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-4.1 Proses Pencampuran



Gambar L-4.2 Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-4.3 Proses Pematangan Benda Uji

Lampiran 5 Gambar Proses Pengujian Benda Uji



Gambar L-5.1 Proses Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

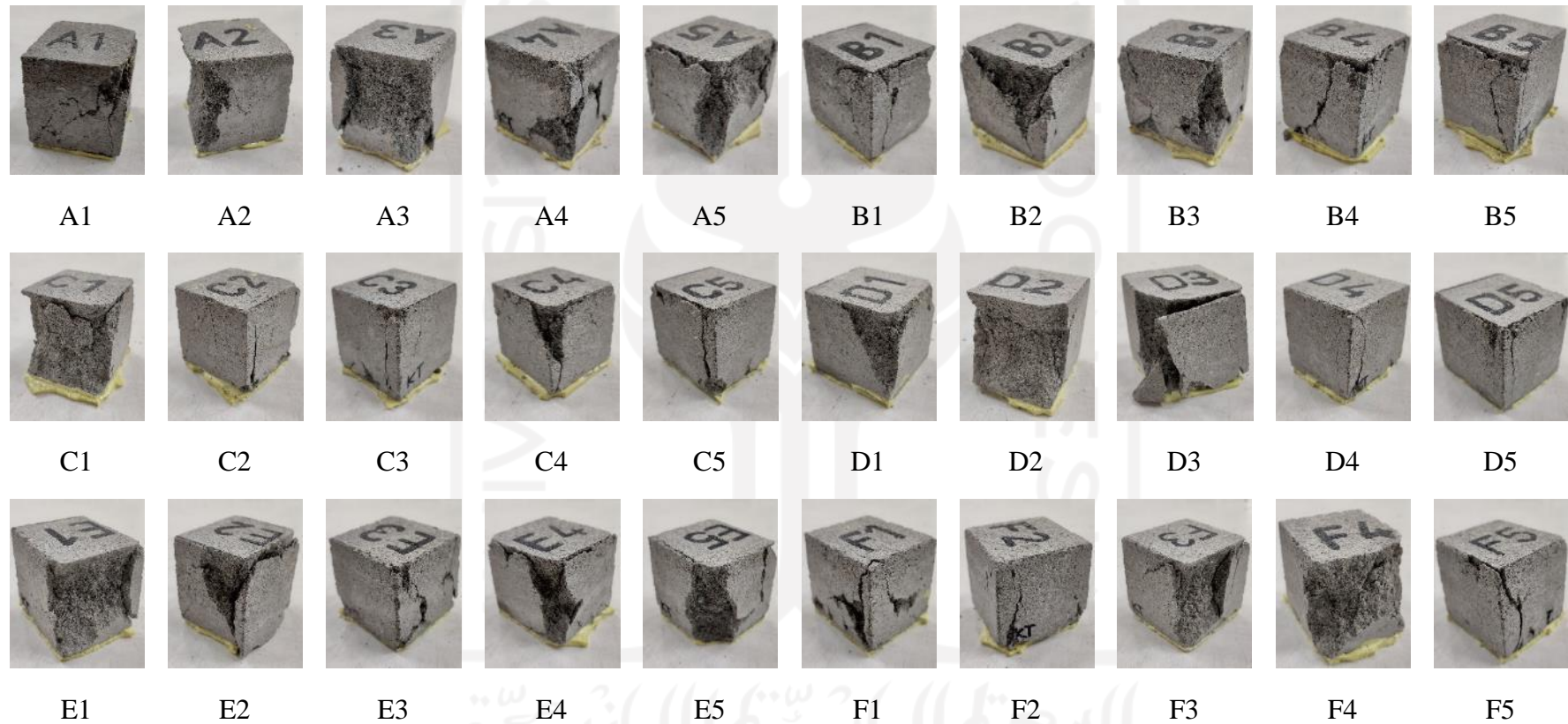


Gambar L-5.2 Proses Pengujian Keausan *Paving Block*

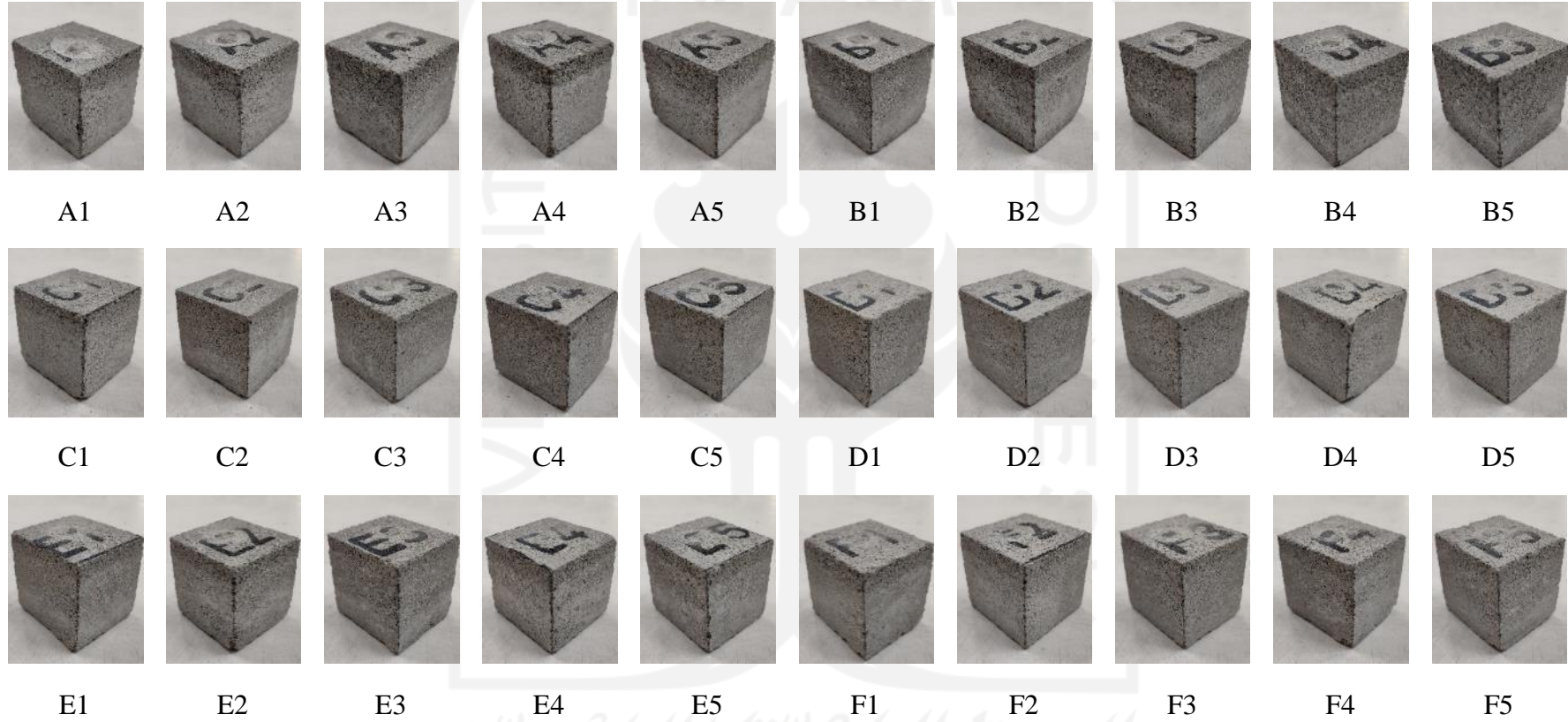


Gambar L-5.3 Proses Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

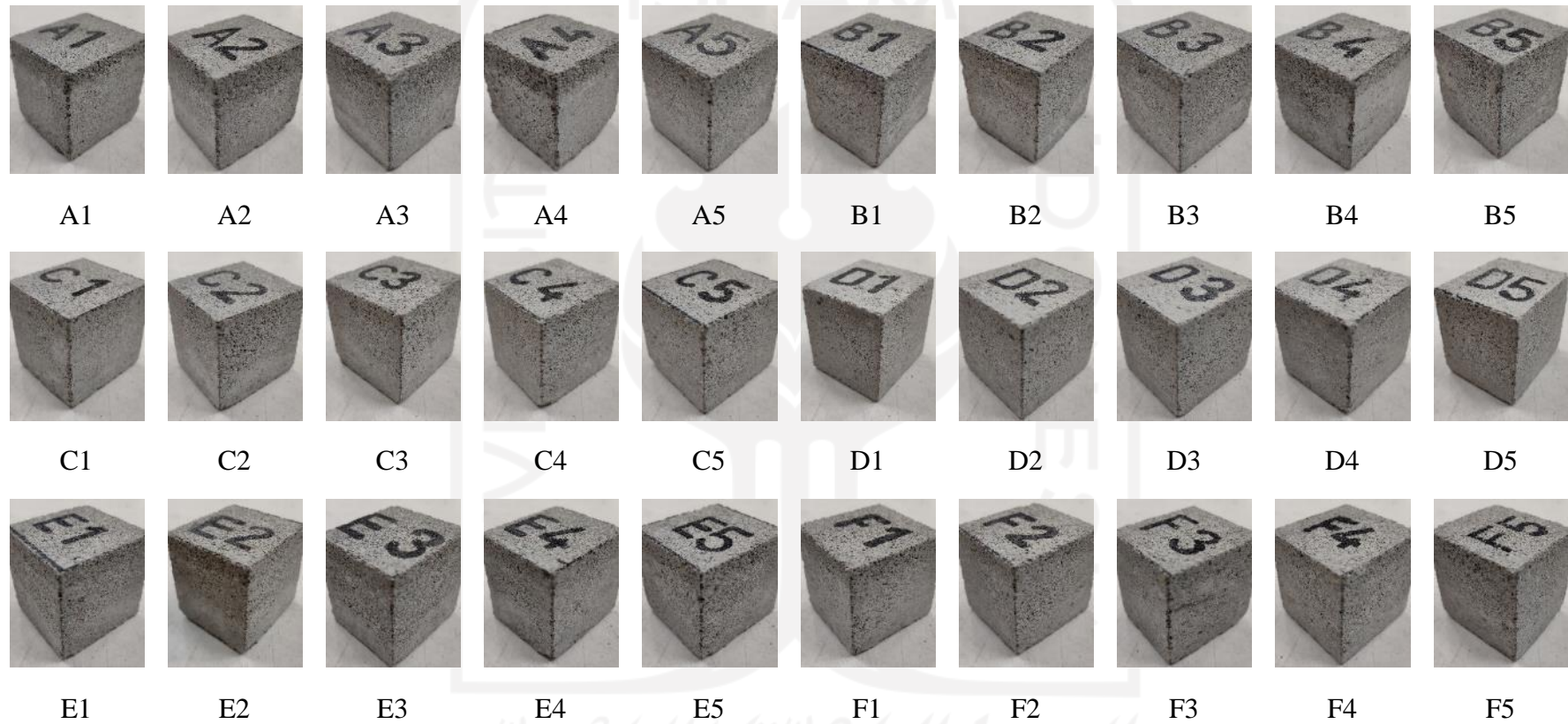
Lampiran 6 Gambar Benda Uji Setelah Dilakukan Pengujian



Gambar L-6.1 Benda Uji Setelah Dilakukan Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-6.2 Benda Uji Setelah Dilakukan Pengujian Keausan



Gambar L-6.3 Benda Uji Setelah Dilakukan Pengujian Penyerapan Air

Lampiran 7 Form Hasil Pengujian Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpou (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03-1970-1990)

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, Bk (gr)	491	489	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, SSD (gr)	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, Bt (gr)	1150	1150	1150
Berat piknometer berisi air, B (gr)	837	837	837
Berat jenis curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,626	2,615	2,620
Berat jenis jenuh kering muka, $500 / (B + 500 - Bt)$	2,674	2,674	2,674
Berat jenis semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,758	2,778	2,768
Penyerapan Air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	1,833	2,249	2,041

Keterangan:

- 500 = Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka (gr)

Kesimpulan	Berat jenis dan Penyerapan air pada agregat halus rata-rata yang diperoleh telah memenuhi ketentuan SNI 03-1970-1990 dan SNI 03-1971-1990.
------------	--

Gambar L-7.1 Form Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Sampel 1 dan Sampel 2



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

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,40	82	4,104	4,104	95,896
1,20	311	15,566	19,670	80,330
0,60	526	26,326	45,996	54,004
0,30	490	24,525	70,521	29,479
0,15	399	19,970	90,490	9,510
Pan	190	9,510		
Jumlah	1998	100	230,781	369,219

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{230,781}{100} = 2,308$$

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	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

Keterangan:

Daerah I = Pasir Kasar

Daerah II = Pasir Agak Kasar

Daerah III = Pasir Agak Halus

Daerah IV = Pasir Halus

Gambar L-7.2 Form Hasil Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) / Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1

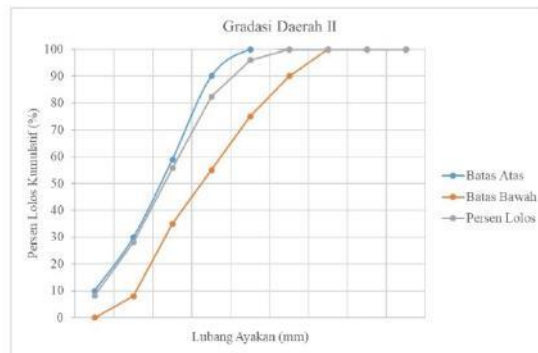


**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah: Daerah II
- Jenis pasir : Pasir agak kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Gambar L-7.3 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1



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

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,40	80	4,006	4,006	95,994
1,20	273	13,671	17,677	82,323
0,60	532	26,640	44,316	55,684
0,30	549	27,491	71,808	28,192
0,15	398	19,930	91,738	8,262
Pan	165	8,262		
Jumlah	1997	100	229,544	370,456

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{229,544}{100} = 2,295$$

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	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

Keterangan:

Daerah I = Pasir Kasar

Daerah II = Pasir Agak Kasar

Daerah III = Pasir Agak Halus

Daerah IV = Pasir Halus

Gambar L-7.4 Form Hasil Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) / Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2

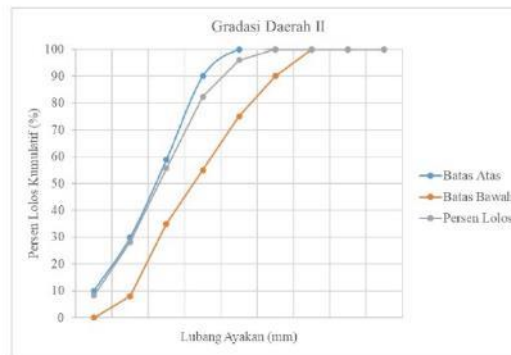


**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah: Daerah II
- Jenis pasir : Pasir agak kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Gambar L-7.5 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	12118	12118	12118
Berat Tabung + Agregat, W2 (gr)	20713	20726	20720
Berat Agregat, W3 = W2 - W1 (gr)	8595	8608	8602
Volume Tabung, V (cm ³)	5333,197	5333,197	5333,197
Berat Volume Padat Pasir, W3 / V (gr/cm ³)	1,612	1,614	1,613

Gambar L-7.6 Form Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus Sampel 1 dan Sampel 2



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	12118	12118	12118
Berat Tabung + Agregat, W2 (gr)	19570	19580	19575
Berat Agregat, W3 = W2 - W1 (gr)	7452	7462	7457
Volume Tabung, V (cm ³)	5333,197	5333,197	5333,197
Berat Volume Gembur Pasir, W3 / V (gr/cm ³)	1,397	1,399	1,398

Gambar L-7.7 Form Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus Sampel 1 dan Sampel 2



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200 / UJI
KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR
(SNI 03-4142-1996)**

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

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

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven, W1 (gr)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci, W2 (gr)	492	491	491,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200, $((W1 - W2) / W1) \times 100\%$ (%)	1,6	1,8	1,7

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

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

Gambar L-7.8 Form Hasil Pengujian Pemeriksaan Butiran yang Lolos Ayakan No. 200 / Uji Kandungan Lumpur Dalam Pasir Sampel 1 dan Sampel 2

Lampiran 8 Form Hasil Pengujian Kandungan *Silika* Abu Serbuk Kayu Mahoni



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LABORATORIUM TERPADU

LAB. INSTRUMENTASI, FISIKA DASAR DAN KIMIA DASAR
Jl Kallurang Km 14,5 Yogyakarta 55584 Telp./WA: 0856-4021-4627
Website: <http://labterpadu.uil.ac.id>, e-mail: lab.terpadu@uil.ac.id

No. Dok : Form-37/Sert. Uji Rev. 0
Tgl. Terbit : 24 Oktober 2018

Nomor : 00280122/L.T.-UII/II/2022
Number
Halaman : 1 dari 2
Page 1 of 2

SERTIFIKAT PENGUJIAN *Certificate of Testing*

Dibuat untuk : Alip Nur Muhamad
Certified to

Jenis>Nama Sampel : Cair/ Abu serbuk kayu hasil pembakaran
Type/Name of sample

Asal Sampel : Universitas Islam Indonesia
Origin of sample

Jumlah Sampel : 2
Amount of sample

Kode Sampel : 00280122/P/L.T.-UII/2022
Sample code

Parameter : Si
Parameters

Tanggal Pengambilan Sampel : -
Sample taken on

Tanggal Penerimaan Sampel : 07 Januari 2022
Sample received on

Tanggal Pengujian Sampel : 03 Januari 2022
Sample received on

Gambar L-8.1 Sertifikat Pengujian Abu Serbuk Kayu Mahoni



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LABORATORIUM TERPADU

LAB. INSTRUMENTASI, FISIKA DASAR DAN KIMIA DASAR

Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584 Telp./WA: 0856-4021-4627
Website: <http://labterpadu.uil.ac.id>, e-mail: labterpadu@uil.ac.id

Nomor : 00280122/1.T-UII/II/2022

Number

Halaman : 2 dari 2

Page 2 of 2

HASIL PENGUJIAN TEST RESULT

No	Label Pelanggan	Label Lab. Terpadu	Parameter	Hasil Uji	Satuan	Metode
1	UJI KANDUNGAN SILIKA ABU SERBUK KAYU MAHONI SAMPEL 1	00280122-1	Si	0,032	mg/g	Spektroskopi Serapan Atom
2	UJI KANDUNGAN SILIKA ABU SERBUK KAYU MAHONI SAMPEL 2	00280122-2	Si	0,036	mg/g	Spektroskopi Serapan Atom



Yogyakarta, 09 Februari 2022

Koordinator Teknis

Thorikul Huda, S.Si., M.Sc.
NIP. 052316003

Catatan : 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

Notes : *The results are available exclusively to the tested samples*

2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa izin dari Manajer Teknis Laboratorium

The certificate shall not be reproduced (copied) without written permission from the laboratory Technical Manager.

3. Pengambilan sampel diluar tanggung jawab Laboratorium Terpadu UII

The Integrated Laboratory of UII disclaims all responsibility for the sampling

Gambar L-8.2 Hasil Pengujian Kandungan Silika Abu Serbuk Kayu Mahoni

Lampiran 9 Form Hasil Pengujian Mutu *Paving Block*



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN *PAVING BLOCK* (SNI 03-0691-1996)

Pengirim : Alip Nur Muhamad
NIM : 17511037
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran			Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Beban Maksimal		Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)			(Kgf)	(kN)		
1	A1	6	5,6	6	22/12/2021	26/01/2022	4500	44,130	13,134	Mutu D
2	A2	6	5,767	6	22/12/2021	26/01/2022	3125	30,646	8,857	
3	A3	5,667	5,4	6,5	22/12/2021	26/01/2022	3800	37,265	12,177	
4	A4	6	5,633	6,4	22/12/2021	26/01/2022	2200	21,575	6,383	
5	A5	6	5,567	6,3	22/12/2021	26/01/2022	4575	44,865	13,432	
Nilai Rerata									10,797	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran			Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Beban Maksimal		Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)			(Kgf)	(kN)		
1	B1	6,2	5,567	6	22/12/2021	26/01/2022	6975	68,401	19,818	Mutu B
2	B2	6	5,4	6,2	22/12/2021	26/01/2022	5025	49,278	15,209	
3	B3	6	5,5	6,3	22/12/2021	26/01/2022	6300	61,782	18,722	
4	B4	6	5,6	6,267	22/12/2021	26/01/2022	5400	52,956	15,761	
5	B5	5,8	5,5	6,3	22/12/2021	26/01/2022	6175	60,556	18,983	
Nilai Rerata									17,699	

Gambar L-9.1 Form Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Sampel A dan Sampel B



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN PAVING BLOCK
(SNI 03-0691-1996)

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran			Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Beban Maksimal		Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)			(Kgf)	(kN)		
1	C1	6,1	5,6	6	22/12/2021	26/01/2022	7175	70,362	20,598	Mutu B
2	C2	5,8	5,8	6	22/12/2021	26/01/2022	6825	66,930	19,896	
3	C3	5,667	5,6	6,1	22/12/2021	26/01/2022	7025	68,891	21,708	
4	C4	5,9	5,6	6	22/12/2021	26/01/2022	7500	73,550	22,261	
5	C5	6,1	5,6	6	22/12/2021	26/01/2022	8450	82,866	24,258	
Nilai Rerata									21,744	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran			Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Beban Maksimal		Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)			(Kgf)	(kN)		
1	D1	5,7	5,7	5,9	22/12/2021	26/01/2022	8300	81,395	25,052	Mutu B
2	D2	6	5,3	6,2	22/12/2021	26/01/2022	5975	58,595	18,426	
3	D3	6	5,767	6,2	22/12/2021	26/01/2022	7775	76,247	22,035	
4	D4	6	5,4	6,033	22/12/2021	26/01/2022	7725	75,756	23,382	
5	D5	6,2	5,667	5,933	22/12/2021	26/01/2022	8375	82,131	23,375	
Nilai Rerata									22,454	

Gambar L-9.2 Form Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Sampel C dan Sampel D



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran			Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Beban Maksimal		Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)			(Kgf)	(kN)		
1	E1	6,3	5,4	6	22/12/2021	26/01/2022	6250	61,292	18,016	Mutu B
2	E2	6,1	5,267	6	22/12/2021	26/01/2022	5700	55,898	17,398	
3	E3	5,933	5,933	6	22/12/2021	26/01/2022	6350	62,272	17,691	
4	E4	6	5,6	6	22/12/2021	26/01/2022	5900	57,859	17,220	
5	E5	5,9	5,5	6	22/12/2021	26/01/2022	6425	63,008	19,417	
Nilai Rerata									17,948	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Beban Maksimal		Kuat Tekan (MPa)	Keterangan
1	F1	6	5,5	6	22/12/2021	26/01/2022	5125	50,259	15,230	Mutu B
2	F2	5,867	5,6	6	22/12/2021	26/01/2022	5050	49,524	15,073	
3	F3	5,767	5,833	6	22/12/2021	26/01/2022	8100	79,434	23,614	
4	F4	5,933	5,5	5,867	22/12/2021	26/01/2022	5350	52,466	16,078	
5	F5	6	5,567	6	22/12/2021	26/01/2022	6750	66,195	19,818	
Nilai Rerata									17,963	

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
Kepala Laboratorium

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROF. DR. H. NOVI RAHMAYANTI, S.T., M.Eng.
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Gambar L-9.3 Form Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Sampel E dan Sampel F



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

Pengirim : Alip Nur Muhamad
NIM : 17511037
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)	Keterangan
1	A1	22/12/2021	27/01/2022	404,02	403,64	5	0,38	0,120	Mutu D
2	A2	22/12/2021	27/01/2022	422,75	421,87	5	0,88	0,246	
3	A3	22/12/2021	27/01/2022	443,52	442,95	5	0,57	0,168	
4	A4	22/12/2021	27/01/2022	378,65	377,56	5	1,09	0,299	
5	A5	22/12/2021	27/01/2022	433,54	432,78	5	0,76	0,216	
Nilai Rerata								0,210	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)	Keterangan
1	B1	22/12/2021	27/01/2022	443,4	442,65	5	0,75	0,214	Mutu C
2	B2	22/12/2021	27/01/2022	435,04	434,45	5	0,59	0,173	
3	B3	22/12/2021	27/01/2022	444,333	443,94	5	0,393	0,124	
4	B4	22/12/2021	27/01/2022	428,35	427,96	5	0,39	0,123	
5	B5	22/12/2021	27/01/2022	456,87	456,2	5	0,67	0,193	
Nilai Rerata								0,165	

Gambar L-9.4 Form Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Sampel A dan Sampel B



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Kausan (mm/menit)	Keterangan
1	C1	22/12/2021	27/01/2022	450,23	449,71	5	0,52	0,156	Mutu B
2	C2	22/12/2021	27/01/2022	410,62	410,22	5	0,4	0,125	
3	C3	22/12/2021	27/01/2022	423,44	422,82	5	0,62	0,181	
4	C4	22/12/2021	27/01/2022	443,58	443,21	5	0,37	0,118	
5	C5	22/12/2021	27/01/2022	451,71	451,28	5	0,43	0,133	
Nilai Rerata								0,143	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Kausan (mm/menit)	Keterangan
1	D1	22/12/2021	27/01/2022	409,08	408,84	5	0,24	0,085	Mutu B
2	D2	22/12/2021	27/01/2022	458,52	458,26	5	0,26	0,090	
3	D3	22/12/2021	27/01/2022	450,89	450,13	5	0,76	0,216	
4	D4	22/12/2021	27/01/2022	462,12	461,96	5	0,16	0,065	
5	D5	22/12/2021	27/01/2022	455,98	455,79	5	0,19	0,072	
Nilai Rerata								0,106	

Gambar L-9.5 Form Hasil Pengujian Kausan *Paving Block* Sampel C dan Sampel D



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN KEAUSAN *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)	Keterangan
1	E1	22/12/2021	27/01/2022	441,58	440,91	5	0,67	0,193	Mutu B
2	E2	22/12/2021	27/01/2022	387,03	386,85	5	0,18	0,070	
3	E3	22/12/2021	27/01/2022	418,6	418,34	5	0,26	0,090	
4	E4	22/12/2021	27/01/2022	416,25	416,02	5	0,23	0,083	
5	E5	22/12/2021	27/01/2022	420,71	420,38	5	0,33	0,108	
Nilai Rerata									0,109
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)	Keterangan
1	F1	22/12/2021	27/01/2022	381,61	381,4	5	0,21	0,078	Mutu B
2	F2	22/12/2021	27/01/2022	472,81	471,77	5	1,04	0,287	
3	F3	22/12/2021	27/01/2022	419,49	419,06	5	0,43	0,133	
4	F4	22/12/2021	27/01/2022	413,81	413,54	5	0,27	0,093	
5	F5	22/12/2021	27/01/2022	420,17	419,9	5	0,27	0,093	
Nilai Rerata									0,136

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dijetujui,
Kepala Laboratorium

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.)
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Gambar L-9.6 Form Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* Sampel E dan Sampel F



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN PENYERAPAN AIR *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

Pengirim : Alip Nur Muhamad
NIM : 17511037
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Keterangan
1	A1	22/12/2021	25-27/01/2022	417,63	370,3	12,782	Mutu D
2	A2	22/12/2021	25-27/01/2022	423,43	379,3	11,635	
3	A3	22/12/2021	25-27/01/2022	443,17	401,59	10,354	
4	A4	22/12/2021	25-27/01/2022	427,96	376,23	13,750	
5	A5	22/12/2021	25-27/01/2022	428,63	388	10,472	
Nilai Rerata						11,798	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Keterangan
1	B1	22/12/2021	25-27/01/2022	455,88	418,38	8,963	Mutu D
2	B2	22/12/2021	25-27/01/2022	446,84	405,43	10,214	
3	B3	22/12/2021	25-27/01/2022	464,55	423,07	9,805	
4	B4	22/12/2021	25-27/01/2022	461,3	416,78	10,682	
5	B5	22/12/2021	25-27/01/2022	443,02	406,42	9,005	
Nilai Rerata						9,734	

Gambar L-9.7 Form Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Sampel A dan Sampel B



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN PENYERAPAN AIR *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Keterangan
1	C1	22/12/2021	25-27/01/2022	462,71	427,95	8,122	Mutu D
2	C2	22/12/2021	25-27/01/2022	416,08	383,55	8,481	
3	C3	22/12/2021	25-27/01/2022	456,96	419,39	8,958	
4	C4	22/12/2021	25-27/01/2022	441,38	409,07	7,898	
5	C5	22/12/2021	25-27/01/2022	491,56	456,54	7,671	
Nilai Rerata						8,226	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Keterangan
1	D1	22/12/2021	25-27/01/2022	409,44	382,21	7,124	Mutu C
2	D2	22/12/2021	25-27/01/2022	482,91	449,28	7,485	
3	D3	22/12/2021	25-27/01/2022	460,38	429,44	7,205	
4	D4	22/12/2021	25-27/01/2022	455,94	424,12	7,503	
5	D5	22/12/2021	25-27/01/2022	429,15	400,03	7,279	
Nilai Rerata						7,319	

Gambar L-9.8 Form Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Sampel C dan Sampel D



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274)898471, 898472 eks. 3250 email : lab.bkt@uii.ac.id

HASIL PENGUJIAN PENYERAPAN AIR *PAVING BLOCK*
(SNI 03-0691-1996)

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Keterangan
1	E1	22/12/2021	25-27/01/2022	456,97	417,43	9,472	Mutu D
2	E2	22/12/2021	25-27/01/2022	416,61	379,9	9,663	
3	E3	22/12/2021	25-27/01/2022	421,52	385,77	9,267	
4	E4	22/12/2021	25-27/01/2022	405,91	371,07	9,389	
5	E5	22/12/2021	25-27/01/2022	447,37	408,48	9,521	
Nilai Rerata						9,462	
No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Tanggal Produksi	Tanggal diuji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Keterangan
1	F1	22/12/2021	25-27/01/2022	412,07	373,82	10,232	Mutu D
2	F2	22/12/2021	25-27/01/2022	437,11	403,13	8,429	
3	F3	22/12/2021	25-27/01/2022	415,53	381,13	9,026	
4	F4	22/12/2021	25-27/01/2022	432,45	395,87	9,240	
5	F5	22/12/2021	25-27/01/2022	409,59	374,29	9,431	
Nilai Rerata						9,272	

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
Kepala Laboratorium

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.)

Gambar L-9.9 Form Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Sampel E dan Sampel F