

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERAT
BAMBU ORI TERHADAP KARAKTERISTIK *PAVING
BLOCK*
(*THE EFFECT OF ADDING VARIATION OF BAMBOO
ORI FIBER TO THE CHARACTERISTIC OF PAVING
BLOCK*)**

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



**AHMAD NUR ILHAM YAHYA
12511325**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERAT
BAMBU ORI TERHADAP KARAKTERISTIK PAVING
BLOCK
(THE EFFECT OF ADDING VARIATION OF BAMBOO
ORI FIBER TO THE CHARACTERISTIC OF PAVING
BLOCK)

Disusun oleh :

Ahmad Nur Ilham Yahya
12511325

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

diuji pada tanggal :

Oleh Dewan Penguji



Pembimbing

Yunalia Muntafi S.T., M.T.

Penguji I

Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng.

Penguji II

M. Teguh, Prof. Ir., MSCE., Ph.D.

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti Dr., Ir., M.T.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 17 September 2018

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Nur Ilham Yahya

(12511325)

DEDIKASI

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik *Paving Block*”. Tugas akhir ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, tugas akhir ini dapat terselesaikan. Berkaitan dengan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua (Ahmad Dai & Siti Umi Muallimah), adik-adik (Ahmad Syahrul Amir Yahya & Siti Qonita Adillia Daima) serta keluarga tercinta yang telah membantu do'a, materil serta selalu menjadi penyemangat untuk dapat terselesainya penelitian ini.
2. Ibu Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Sri Amini Yuni Astuti Dr., Ir., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Yunalia Muntafi ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat, serta saran-saran hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Mbah Rohmah, Mbah Supadi, Pak de Panto, Bu de Umi, Novi, Raga, Yudha dan Elsa yang senantiasa memberi semangat dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-teman kontrakan MABES 2012 (Ardhan, Andri, Irfan, Tarmizi, Fido, Nugie, Rajulun) yang senantiasa membantu dalam penelitian ini.

7. Dimiyati, Galih, Ade, Septa, Azmi, Hafidz, Aji, Vido, Kurniawan, Huda, Eri, Indah, Gery, Aziz, Helmi, yang telah memberikan bantuan berupa tenaga dan informasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Pak Suluk dan Mas Andi yang telah membantu dalam pembuatan sampel di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.
9. Pak Suwarno dan Pak Darussalam selaku laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.
10. Pak Zamzuri selaku laboran di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Gajah Mada.
11. Mbak Kafiati yang telah membantu dalam penyediaan serat bambu ori.
12. Teman-teman KAMABA-YK, FOKSMABA-UII, Sedulur Sikep Blora Yogyakarta yang telah membantu do'a untuk kesuksesan penelitian ini.
13. Teman-teman Civil Rollas, terima kasih atas segala dukungan, kerjasama dan doanya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik dalam bentuk tenaga maupun dukungan moril dan doa yang sangat penulis perlukan dalam menyusun tugas akhir ini.

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

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

Yogyakarta, 17 September 2018
Penulis,

Ahmad Nur Ilham Yahya
12511325

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Perbandingan Penelitian	6
2.3 Keaslian Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 <i>Paving Block</i>	10
3.1.1 Definisi <i>Paving Block</i>	10
3.1.2 Metode Pembuatan <i>Paving Block</i>	10
3.1.3 Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	11
3.1.4 Keunggulan Dan Kelemahan <i>Paving Block</i>	12

3.2	Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	13
3.2.1	Semen Portland	13
3.2.2	Agregat Halus (Pasir)	15
3.2.3	Air	16
3.2.4	Serat Bambu Ori Sebagai Bahan Tambah	17
3.3	Pengujian <i>Paving Block</i>	18
3.3.1	Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	18
3.3.2	Keausan <i>Paving Block</i>	19
3.3.3	Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	19
3.3.4	Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	20
BAB IV METODE PENELITIAN		22
4.1	Umum	22
4.2	Lokasi Penelitian	22
4.3	Waktu Penelitian	22
4.4	Alat Dan Bahan	23
4.4.1	Alat	23
4.4.2	Bahan	28
4.5	Pelaksanaan Penelitian	30
4.5.1	Persiapan Bahan	30
4.5.2	Proses Pencampuran	34
4.5.3	Pembuatan Benda uji	34
4.5.4	Perawatan Benda Uji	35
4.5.5	Pemotongan Benda Uji	36
4.5.6	Pengujian Benda Uji	37
4.6	Bagan Alir Penelitian	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		40
5.1	Hasil Pemeriksaan Bahan	40
5.1.1	Agregat Halus (Pasir)	40
5.1.2	Semen	45
5.1.3	Air	45
5.1.4	Serat Bambu Ori	45

5.2 Perhitungan Kebutuhan Campuran	45
5.3 Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	46
5.4 Keausan <i>Paving Block</i>	53
5.5 Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	59
5.6 Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	63
5.7 Hubungan Antara Kuat Tekan, Keausan, Penyerapan Air Dan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	74
6.1 Kesimpulan	74
6.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	78

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pembagian Benda Uji Dari Masing-Masing Variasi	4
Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya Dengan Penelitian Yang Dilakukan	7
Tabel 3.1 Sifat-sifat Fisika <i>Paving Block</i>	12
Tabel 3.2 Komposisi Umum Oksida Semen Portland	14
Tabel 3.3 Jenis-jenis Semen Portland Dengan Sifat-sifatnya	15
Tabel 3.4 Nilai k untuk $t \leq 140$ mm	21
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus	40
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Dan Berat Volume Padat Agregat Halus	43
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200 (Uji Kandungan Lumpur) Agregat Halus	44
Tabel 5.4 Komposisi Campuran <i>Paving Block</i>	46
Tabel 5.5 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0%	47
Tabel 5.6 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0,5%	47
Tabel 5.7 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1%	47
Tabel 5.8 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1,5%	48
Tabel 5.9 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2%	48
Tabel 5.10 Hasil Uji Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2,5%	48
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0%	49
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0,5%	49
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1%	49
Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1,5%	49

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2%	50
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2,5%	50
Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Kuat Tekan Rata-Rata Dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Tiap Variasi	51
Tabel 5.18 Kenaikan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Serat Terhadap <i>Paving Block</i> Normal	52
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0%	53
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0,5%	54
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1%	54
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1,5%	54
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2%	54
Tabel 5.24 Hasil Pengujian Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2,5%	54
Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0%	55
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0,5%	55
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1%	55
Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1,5%	55
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2%	56
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Keausan <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2,5%	56
Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Keausan Rata-Rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Tiap Variasi	57
Tabel 5.32 Kenaikan Keausan <i>Paving Block</i> Serat Terhadap <i>Paving Block</i> Normal	58
Tabel 5.33 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Dengan Kadar Serat Bambu 0%	59

Tabel 5.34 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Dengan Kadar Serat Bambu 0,5%	59
Tabel 5.35 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Dengan Kadar Serat Bambu 1%	59
Tabel 5.36 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Dengan Kadar Serat Bambu 1,5%	60
Tabel 5.37 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Dengan Kadar Serat Bambu 2%	60
Tabel 5.38 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Dengan Kadar Serat Bambu 2,5%	60
Tabel 5.39 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rata-Rata Dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Tiap Variasi	61
Tabel 5.40 Kenaikan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Serat Terhadap <i>Paving Block</i> Normal	62
Tabel 5.41 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0%	63
Tabel 5.42 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0,5%	64
Tabel 5.43 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1%	64
Tabel 5.44 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1,5%	64
Tabel 5.45 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2%	64
Tabel 5.46 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2,5%	65
Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0%	65
Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 0,5%	66

Tabel 5.49 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1%	66
Tabel 5.50 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 1,5%	66
Tabel 5.51 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2%	66
Tabel 5.52 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Dengan Serat Bambu 2,5%	67
Tabel 5.53 Kenaikan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Serat Terhadap <i>Paving Block</i> Normal	68
Tabel 5.54 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Paving Block</i>	72
Tabel 5.55 Persentase Kenaikan <i>Paving Block</i> Serat Terhadap <i>Paving Block</i> Normal	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Paving Block</i>	10
Gambar 3.2 Prinsip Kerja Metode Konvensional	11
Gambar 3.3 Prinsip Kerja Metode Mekanis	11
Gambar 3.4 Prosedur Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	18
Gambar 3.5 Prosedur Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	20
Gambar 4.1 Dimensi <i>Paving Block</i>	22
Gambar 4.2 Timbangan	23
Gambar 4.3 Cetok	23
Gambar 4.4 Oven Merek <i>Memmert</i>	24
Gambar 4.5 Ayakan	24
Gambar 4.6 Jangka Sorong	25
Gambar 4.7 Cetakan Silinder Beton	25
Gambar 4.8 Mesin Cetak <i>Paving Block</i>	26
Gambar 4.9 Alat Pemotong <i>Paving Block</i>	26
Gambar 4.10 Mesin Uji Kuat Tekan Merek <i>Avery-Denison</i>	27
Gambar 4.11 Mesin Uji Kuat Tarik Belah <i>Universal Testing Machine (UTM)</i>	27
Gambar 4.12 Mesin Uji Keausan <i>Soiltest, INC</i>	28
Gambar 4.13 Serat Bambu Ori	28
Gambar 4.14 Semen Portland Merek Tiga Roda	29
Gambar 4.15 Pasir Merapi	29
Gambar 4.16 Pengujian Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus	31
Gambar 4.17 Pengujian Berat Volume Gembur Dan Berat Volume Padat Agregat Halus	32
Gambar 4.18 Pengujian Lolos Saringan No.200 (Kandungan Lumpur) Agregat Halus	33
Gambar 4.19 Proses Pencampuran Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	34
Gambar 4.20 Proses Pencetakan <i>Paving Block</i>	35

Gambar 4.21 Proses Perawatan <i>Paving Block</i>	36
Gambar 4.22 Proses Pemotongan <i>Paving Block</i>	36
Gambar 4.23 Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 5.1 Batas Gradasi Agregat Halus Daerah I	42
Gambar 5.2 Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	47
Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata <i>Paving Block</i>	51
Gambar 5.4 Pengujian Keausan <i>Paving Block</i>	53
Gambar 5.5 Grafik Keausan Rata-Rata <i>Paving Block</i>	57
Gambar 5.6 Grafik Penyerapan Air Rata-Rata <i>Paving Block</i>	61
Gambar 5.7 Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	63
Gambar 5.8 Grafik Kuat Tarik Belah Rata-Rata <i>Paving Block</i>	67
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kuat Tekan, Keausan, Penyerapan Air Dan Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Alat yang Digunakan	79
Lampiran 2	Gambar Bahan yang Digunakan	84
Lampiran 3	Gambar Proses Pengujian Bahan	85
Lampiran 4	Gambar Proses Pembuatan Benda Uji	87
Lampiran 5	Gambar Proses Pengujian Benda Uji	89
Lampiran 6	Gambar Pola Kerusakan <i>Paving Block</i> Di Lapangan	91
Lampiran 7	Gambar Pola Kerusakan <i>Paving Block</i> Di Laboratorium	93
Lampiran 8	Hasil Modulus Halus Butir (MHB)/Analisa Saringan Agregat Halus	94
Lampiran 9	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus	95
Lampiran 10	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus	96
Lampiran 11	Hasil Pemeriksaan Butiran Yang Lolos Ayakan No.200/Uji Kandungan Lumpur Dalam Pasir	97
Lampiran 12	Surat Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Bangunan UGM	98
Lampiran 13	Hasil Pengujian Bata Lantai (<i>Paving Block</i>)	99
Lampiran 14	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i>	101

DAFTAR NOTASI

σ	= kuat tekan (MPa)
P	= beban tekan (N)
A	= luas bidang tekan (mm^2)
σ_m	= kuat tekan rata-rata (MPa)
D	= keausan (mm/menit)
G	= kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)
D_m	= keausan rata-rata (mm/menit)
DSA	= penyerapan air (%)
Wb	= berat <i>paving block</i> basah (gram)
Wk	= berat <i>paving block</i> kering (gram)
DSAm	= penyerapan air rata-rata (%)
T	= kuat tarik belah (Mpa)
P	= beban maksimal (N)
S	= luas bidang keruntuhan tarik belah (mm^2)
K	= faktor koreksi
T_m	= kuat tarik belah rata-rata (MPa)

ABSTRAK

Paving block merupakan salah satu alternatif penutup permukaan tanah yang dapat digunakan untuk perkerasan jalan, pelataran parkir, pejalan kaki dan taman. Secara struktural *paving block* mempunyai kekuatan cukup besar terutama pada kuat tekannya, tetapi sebagaimana beton biasa *paving block* mempunyai kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah dan bersifat getas. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menambah kuat tarik *paving block*, salah satunya ialah menambah serat bambu pada campuran. Bambu merupakan tanaman ordo *Bambooidae* yang pertumbuhannya cepat dan populasinya tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia. Di dalam bambu terdapat serabut sklerekin yang menyebabkan bambu mempunyai kuat tarik yang tinggi.

Penelitian ini menggunakan komposisi campuran semen dan pasir 1:7,4 dengan perbandingan berat. Variasi penambahan serat bambu ori dalam campuran *paving block* sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% dari berat semen. Dimensi *paving block* yang digunakan 20 cm x 10 cm x 6 cm. Total sampel 54 buah dengan jumlah sampel untuk setiap variasi adalah 9 buah yang dilakukan pengujian kuat tekan, keausan, penyerapan air dan kuat tarik belah. Serat bambu yang digunakan berasal dari Blora, Jawa Tengah.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata *paving block* pada variasi kadar serat bambu ori 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% yaitu 14,02 MPa; 17,93 MPa; 16,26 MPa; 15,28 MPa; 16,96 MPa dan 12,65 MPa. Nilai keausan rata-rata *paving block* pada variasi kadar serat bambu ori 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% yaitu 0,117 mm/menit; 0,092 mm/menit; 0,176 mm/menit; 0,184 mm/menit; 0,151 mm/menit dan 0,268 mm/menit. Nilai penyerapan air rata-rata *paving block* pada variasi kadar serat bambu ori 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% yaitu 9,22%; 7,84%; 8,71%; 7,26%; 9,31% dan 8,39%. Nilai kuat tarik belah rata-rata *paving block* pada variasi kadar serat bambu ori 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% yaitu 1,92 MPa; 2,08 MPa; 2,22 MPa; 2,59 MPa; 2,26 MPa dan 2,00 MPa.

Kata kunci : *paving block*, serat bambu ori, kuat tekan, keausan, penyerapan air, kuat tarik belah.

ABSTRACT

*Paving block is one of the alternative ground cover that can be used for road pavement, parking area, pedestrian and garden. Structural of paving block has considerable strength, especially in compressive strength, but as a simple concrete, paving block has weakness that are low tensile strength and brittle. Therefore, research is needed to increase the tensile strength of paving block, one of them is by adding bamboo fiber into the mixture. Bamboo is a *Bambooidae* organs whose growth is fast and its population is spreaded almost throughout of Indonesia. Inside the bamboo, there is sclerekin fibers that cause bamboo has a high tensile strength.*

This research used a mixture of cement and sand was 1: 7,4 composition with weight ratio. Variation of bamboo ori fiber addition in blend of paving block was about 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; 2% and 2.5% of the weight of cement. Dimension of paving block was 20 cm x 10 cm x 6 cm. The number of samples was 9 pieces for each variation and will be tested by compressive strength test, degradation resistance test, water absorption test and tensile strength test. The bamboo fiber which was used is from Blora, Central Java.

The results of this research reveals that the average compressive strenght of the paving block on variation of bamboo ori fiber-that are 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; 2% and 2.5%- in sequence are 14.02 MPa; 17.93 MPa; 16.26 MPa; 15.28 MPa; 16.96 MPa and 12.65 MPa. Mean degradation resistance value of paving block on variation of 0% bamboo ori fiber content; 0.5%; 1%; 1.5%; 2% and 2.5% ie 0.117 mm / min; 0.092 mm / min; 0.176 mm / min; 0.184 mm / min; 0.151 mm / min and 0.268 mm / min. Average water absorption rate of paving block on variation of bamboo ori fiber content 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; 2% and 2.5% ie 9.22%; 7.84%; 8.71%; 7.26%; 9.31% and 8.39%. Value of tensile strength of paving block average on variation of bamboo ori fiber content 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; 2% and 2.5% sequencely are 1.92 MPa; 2.08 MPa; 2.22 MPa; 2.59 MPa; 2.26 MPa and 2.00 MPa.

Keywords: *paving block, bamboo ori fiber, compressive strength, degradation resistance, water absorption, tensile strength..*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya kegiatan pembangunan infrastruktur di Indonesia sangat mempengaruhi perkembangan dunia teknologi bahan bangunan. Salah satu bahan bangunan yang sering dipakai di Indonesia yaitu *paving block* atau bata beton. *Paving block* atau bata beton adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *Paving block* itu. *Paving block* dapat menjadi salah satu alternatif penutup permukaan tanah yang dapat digunakan untuk perkerasan jalan, pelataran parkir, pejalan kaki, taman dll.

Paving block memiliki kelebihan yaitu material ini mudah dipasang dan tidak memerlukan alat berat serta dapat diproduksi secara masal. Pemeliharaannya pun mudah dan dapat dibongkar dan dipasang kembali. Secara struktural *paving block* mempunyai kekuatan yang cukup besar terutama pada kuat tekannya, tetapi sebagaimana beton biasa *paving block* mempunyai kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah dan bersifat getas. Rata-rata kerusakan *paving block* terjadi ketika menerima beban yang melebihi kapasitas, maka akan terjadi *crack* dan jika berlanjut *paving block* akan patah atau rusak. Selain itu, banyak ditemukan pola retak *paving block* di lapangan adalah melintang di bagian tengah *paving block*. Agar tidak terjadi kerusakan yang mendadak serta menambah kuat tarik pada *paving block*, maka diperlukan sebuah penelitian penambahan serat dalam campuran *paving block*.

Paving block serat didefinisikan sebagai *paving block* yang terbuat dari campuran semen, agregat halus dan serat. Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan pada *paving block* serat antara lain baja, plastik, limbah kain serta serat dari bahan alami seperti ijuk, serabut kelapa, rami, bambu maupun serat dari tumbuhan lain.

Bambu merupakan tanaman ordo *Bambooidae* yang pertumbuhannya cepat dan dapat dipanen pada umur sekitar 3 tahun. Pada masa pertumbuhan, bambu dapat tumbuh vertikal 5 cm perjam atau 120 cm perhari. Morisco dalam Suhardiman (1999) menyatakan adanya serabut sklerekin di dalam batang bambu menyebabkan bambu mempunyai kekuatan dan dapat digunakan untuk keperluan bahan bangunan. Kekuatan bambu umumnya dipengaruhi oleh jumlah serat sklerekin dan selulosa di dalam bambu. Kekuatan bambu bagian luar jauh lebih tinggi dibanding bambu bagian dalam.

Penggunaan kulit bambu sebagai bahan serat *paving block* didasarkan pada pertimbangan bahwa kuat tariknya cukup tinggi, pembuatan dari bahan baku menjadi serat cukup mudah dan tidak perlu peralatan khusus, serta populasi bambu yang banyak serta tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia sehingga mudah diperoleh. Selain itu menurut penelitian yang dilakukan oleh Suhardiman (1999) serat bambu ori yang terdapat dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan tekannya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian tentang penambahan serat bambu ori pada *paving block* perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap karakteristik *paving block*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat bambu ori terhadap karakteristik *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 (kuat tekan, keausan dan penyerapan air)?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serat bambu ori terhadap kuat tarik belah *paving block* dengan metode BS EN 1338?
3. Berapa persentase penambahan serat bambu ori pada *paving block* yang paling optimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh pengaruh penambahan serat bambu ori terhadap karakteristik *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 (kuat tekan, keausan dan penyerapan air).
2. Memperoleh pengaruh penambahan serat bambu ori terhadap kuat tarik belah *paving block* dengan metode BS EN 1338.
3. Mendapatkan persentase penambahan serat bambu ori pada *paving block* yang paling optimum.

1.4 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut.

1. Bambu yang digunakan adalah bambu ori berasal dari daerah Blora, Jawa Tengah.
2. Serat bambu yang digunakan adalah bagian kulit bambu dimensi 20 mm x 2 mm x 1 mm.
3. Pasir yang digunakan adalah pasir merapi lolos saringan 4,75 mm.
4. Semen yang digunakan adalah semen jenis PCC merek Semen Tiga Roda (STR).
5. Komposisi campuran semen : pasir = 1 : 7,4.
6. Pencampuran bahan dilakukan secara manual.
7. Dimensi *paving block* yang digunakan 20 cm x 10 cm x 6 cm.
8. Persentase penambahan serat bambu ori yang digunakan sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dari berat semen.
9. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 54 buah dengan rincian disajikan pada Tabel 1.1 berikut ini.

Tabel 1.1 Pembagian Benda Uji Dari Masing-Masing Variasi

<i>Paving Block</i>	Persentase Serat Bambu (%)	Jumlah Sampel		
		Kuat Tekan (buah)	keausan & Penyerapan Air (buah)	Kuat Tarik Belah (buah)
A	0%	3	3	3
B	0,5%	3	3	3
C	1%	3	3	3
D	1,5%	3	3	3
E	2%	3	3	3
F	2,5%	3	3	3

10. Benda uji dirawat dengan cara merendam atau menggenangi permukaan *paving block* selama 28 hari.
11. Pengujian benda uji meliputi kuat tekan, keausan, penyerapan air dan kuat tarik belah.
12. Penelitian ini tidak menghitung efisiensi biaya produksi *paving block*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan tambahan wawasan untuk pengembangan ilmu teknologi bahan di masa yang akan datang, khususnya bahan serat bambu yang masih jarang digunakan di Indonesia.
2. Mengolah bambu menjadi bahan yang dapat dimanfaatkan terutama di bidang konstruksi.
3. Menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang akan membahas masalah penggunaan serat bambu dengan mengkombinasikan dengan bahan-bahan lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini mengacu dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Referensi penggunaan serat bambu pada *paving block* sejauh ini belum ditemukan, oleh karena itu diambil referensi yang mendekati dengan penelitian yang akan dilakukan.

1. Marza (2008) telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Ijuk Sebagai Serat Terhadap Kuat Lentur, Kuat Desak dan Kuat Geser Pada *Conblock* (Beton Pasir)”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk terhadap kuat lentur, kuat desak dan kuat geser pada *conblock*. Panjang serat ijuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 cm dan telah diurai. Persentase penambahan serat ijuk pada penelitian ini sebesar 0%; 0,1%; 0,2% dan 0,3% dari berat benda uji. Pada penelitian ini digunakan *conblock* tipe *holland* berbentuk persegi panjang dengan dimensi 10 cm x 20 cm x 8 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk 0%; 0,1%; 0,2% dan 0,3% pada *conblock* dengan umur 28 hari dapat meningkatkan kuat lentur, kuat desak dan kuat geser pada *conblock*. Dengan kuat lentur hasilnya berturut-turut sebagai berikut : 4,09 MPa; 4,19 MPa; 5,27 MPa dan 4,96 MPa. Hasil pengujian kuat desak berturut-turut adalah sebagai berikut : 35,11 MPa; 38,67 MPa; 41,02 MPa dan 39,54 MPa. Hasil pengujian kuat geser berturut-turut sebagai berikut : 4,08 MPa; 3,91 MPa; 3,63 MPa dan 3,37 MPa.
2. Sarjono dan Wahjono (2008) telah melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir Dan Kemungkinan Aplikasinya”. Penelitian ini menggunakan serat ijuk sebagai bahan tambah pada campuran semen-pasir. Perbandingan (volume) semen-pasir pada penelitian ini menyesuaikan dengan kondisi pengusaha *paving block* dilapangan yaitu sebesar 1 : 11. Serat ijuk yang digunakan dipotong-potong sepanjang $\pm 2,5$ cm, dan persentase penambahan serat ijuk

sebesar 0%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5% dari berat semen. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tarik belah berturut-turut sebagai berikut : 0,807 MPa; 0,865 MPa; 0,932 MPa; 1,048 MPa; 1,088 MPa dan 0,850 MPa. Hasil pengujian kuat desak berturut-turut adalah sebagai berikut : 7,440 MPa; 8,073 MPa; 8,094 MPa; 8,104 MPa; 8,174 MPa dan 7,584 MPa.

3. Suhardiman (1999) melakukan penelitian tentang “Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bambu ori terhadap kuat tarik dan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Serat bambu ori yang digunakan adalah bagian kulitnya dengan dimensi 2 cm x 1 mm x 1 mm. Variasi penambahan serat bambu pada beton sebesar 0 %, 1 %, 1,5 % dan 2 % dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton serat bambu berturut-turut sebagai berikut : 20,67 MPa; 24,36 MPa; 24,067 MPa dan 21,32 MPa. Hasil pengujian kuat tarik beton rata-rata beton serat bambu berturut-turut adalah sebagai berikut : 2,06 MPa; 2,16 MPa; 2,69 MPa dan 2,46 MPa. Pada penelitian ini berkesimpulan bahwa penambahan serat bambu ori pada campuran beton sampai sejumlah 2 % dari berat semen, mampu meningkatkan kuat tekan maupun kuat tarik beton tanpa serat. Pada penambahan serat sebanyak 2 %, kelecakan beton menurun cukup besar, sehingga pelaksanaan pencampuran, pencetakan dan pemampatannya agak mengalami kesulitan.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Yang Dilakukan

Perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya Dengan Penelitian Yang Dilakukan

Peneliti (Tahun)	Penelitian Sebelumnya			Penelitian Yang Dilakukan
	Andreo Marza (2008)	Wiryawan Sarjono P & Agt. Wahjono (2008)	Mudji Suhardiman (1999)	Ahmad Nur Ilham Yahya (2017)
Judul	Pengaruh Ijuk Sebagai Serat Terhadap Kuat Lentur, Kuat Desak dan Kuat Geser <i>Conblock</i> (Beton Pasir)	Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir Dan Kemungkinan Aplikasinya	Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton	Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik <i>Paving Block</i>
Metode Penelitian	Variasi penambahan serat ijuk pada pembuatan <i>conblock</i> sebesar 0 %, 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 % dari berat <i>conblock</i> dan diuji pada umur perendaman 28 hari.	Serat ijuk yang digunakan dipotong-potong $\pm 2,5$ cm. Variasi penambahan serat ijuk pada campuran semen-pasir sebesar 0%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5% dari berat semen. Perbandingan volume semen : pasir adalah 1 : 11.	Serat bambu ori yang digunakan adalah bagian kulitnya dengan dimensi 2 cm x 1 mm x 1 mm. Variasi penambahan serat bambu pada beton sebesar 0 %, 1 %, 1,5 % dan 2 % dari berat semen. Pengujian dilakukan setelah perendaman selama 28 hari.	Perbandingan berat semen : pasir 1 : 7,4. Serat bambu ori yang digunakan adalah bagian kulitnya dengan dimensi 20 mm x 2 mm x 1 mm. Variasi penambahan serat bambu pada <i>paving block</i> sebesar 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 % , 2 % dan 2,5 % dari berat semen. Pengujian dilakukan setelah <i>paving block</i> berumur 28 hari.
Macam Pengujian	Kuat lentur, kuat desak dan kuat geser	Kuat tarik belah dan kuat desak	Kuat tekan dan kuat tarik	Kuat tekan, keausan, peyerapan air dan kuat tarik belah

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya Dengan Penelitian Yang Dilakukan

Peneliti (tahun)	Penelitian Sebelumnya			Penelitian Yang Dilakukan
	Andreo Marza (2008)	Wirawan Sarjono P & Agt. Wahjono (2008)	Mudji Suhardiman (1999)	Ahmad Nur Ilham Yahya (2017)
Hasil Penelitian	Hasil pengujian kuat lentur berturut-turut sebagai berikut : 4,09 MPa; 4,19 MPa; 5,27 MPa dan 4,96 MPa. Hasil pengujian kuat desak berturut-turut adalah sebagai berikut : 35,11 MPa; 38,67 MPa; 41,02 MPa dan 39,54 MPa. Hasil pengujian kuat geser berturut-turut sebagai berikut : 4,08 MPa; 3,91 MPa; 3,63 MPa dan 3,37 MPa.	Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata adalah berturut-turut sebagai berikut : 0,807 MPa; 0,865 MPa; 0,932 MPa; 1,048 MPa; 1,088 MPa dan 0,850 MPa. Hasil pengujian kuat desak rata-rata adalah berturut-turut sebagai berikut : 7,440 MPa; 8,073 MPa; 8,094 MPa; 8,104 MPa; 8,174 MPa dan 7,584 MPa.	Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton serat bambu berturut-turut sebagai berikut : 20,67 MPa; 24,36 MPa; 24,067 MPa dan 21,32 MPa. Hasil pengujian kuat tarik beron rata-rata beton serat bambu berturut-turut adalah sebagai berikut : 2,06 Mpa; 2,16 MPa; 2,69 MPa dan 2,46 MPa.	Hasil pengujian kuat tekan rata-rata berturut-turut adalah : 14,02 MPa; 17,93 MPa; 16,26 MPa; 15,28 MPa dan 12,65 MPa. Nilai keausan rata-rata berturut-turut adalah : 0,117 mm/menit; 0,092 mm/menit; 0,176 mm/menit; 0,184 mm/menit; 0,151 mm/menit dan 0,268 mm/menit. Nilai penyerapan air rata-rata berturut-turut adalah : 9,22%; 7,84%; 8,71%; 7,26%; 9,31% dan 8,39%. Nilai kuat tarik belah rata-rata berturut-turut adalah : 1,92 MPa; 2,08 MPa; 2,22 MPa; 2,59 MPa; 2,26 MPa dan 2,00 MPa.

2.3 Keaslian Penelitian

Dari penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa pemanfaatan serat bambu ori sebagai bahan tambah sudah pernah dilakukan pada beton, namun belum pernah dilakukan pada *paving block*. Begitu juga penelitian tentang *paving block* serat sudah banyak dilakukan, tetapi penelitian tentang “Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik *Paving Block*” belum pernah dilakukan, sehingga keaslian penelitian dapat dipertanggungjawabkan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

3.1.1 Definisi *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 dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu. *Paving block* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 *Paving Block*

3.1.2 Metode Pembuatan *Paving Block*

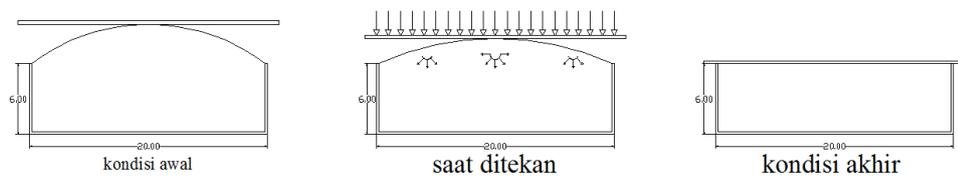
Cara pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dalam masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu sebagai berikut ini.

1. Metode Konvensional

Pembuatan *paving block* dengan menggunakan alat tradisional dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakannya. Metode ini banyak digunakan sebagai industri rumahan oleh masyarakat karena alatnya yang sederhana serta proses pembuatannya yang mudah sehingga dapat dikerjakan oleh siapapun. Semakin kuat tenaga orang tersebut maka semakin padat dan kuat *paving block* yang akan dihasilkan. Metode ini akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan dengan menghantamkan alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan.

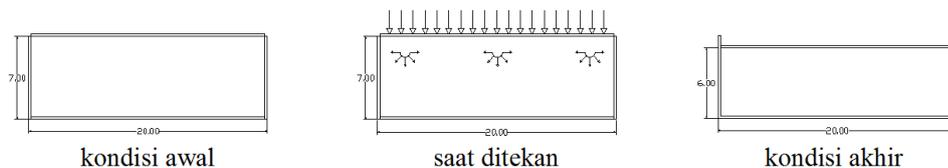
2. Metode Mekanis

Metode mekanis ini masyarakat biasa menyebutnya dengan metode press. Metode ini masih jarang digunakan karena pembuatan *paving block* membutuhkan alat mesin (*compression apparatus*) dengan harga yang relatif tinggi, sehingga metode mekanis ini biasanya digunakan oleh pabrik dengan skala industri sedang atau besar.



Gambar 3.2 Prinsip Kerja Metode Konvensional

(Sumber : Penulis, 2017)



Gambar 3.3 Prinsip Kerja Metode Mekanis

(Sumber : Penulis, 2017)

3.1.3 Syarat Mutu *Paving Block*

Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut ini.

1. Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
2. Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.
3. Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Sifat–sifat Fisika *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		keausan (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
	Rata – rata	Min	Rata – rata	Min	
A	40	35	0,09	0,103	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

Keterangan.

1. Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan.
2. Bata beton mutu B : digunakan untuk peralatan parkir.
3. Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki.
4. Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

3.1.4 Keunggulan Dan Kelemahan *Paving Block*

Keunggulan dan kelemahan dalam penggunaan *paving block* adalah sebagai berikut.

1. Keunggulan *paving block* adalah sebagai berikut ini.
 - a. *Paving block* lebih mudah dihamparkan dan langsung dapat digunakan tanpa harus menunggu pengerasan seperti pada beton.
 - b. Perbandingan harganya yang lebih rendah daripada jenis perkerasan yang lain.
 - c. Penyerapan air tinggi sehingga dapat mengurangi genangan air.
 - d. Bentuk yang beragam menjadikan perkerasan yang menggunakan *paving block* mempunyai banyak pilihan bentuk, sehingga bentuk estetis perkerasan dapat diperlihatkan.
 - e. Pelaksanaannya mudah serta tidak membutuhkan alat berat, sehingga dapat diproduksi secara massal.

2. Kelemahan *paving block* adalah sebagai berikut ini.
 - a. Pasangan *paving block* mudah bergelombang apabila pondasinya tidak terlalu kuat.
 - b. *Paving block* kurang cocok digunakan untuk lahan yang dilalui dengan kendaraan berkecepatan tinggi dan perkotaan yang padat.
 - c. Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan jalan yang tidak merata.

3.2 Bahan Penyusun *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 bahan penyusun *paving block* adalah sebagai berikut ini.

3.2.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan penyusun utama *paving block*. Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Menurut Standar Industri Indonesia, SII 0013-1981, definisi semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum (Nugraha dan Antoni, 2007).

Beton mulai ditinggalkan orang seiring dengan mundurnya kerajaan Romawi. Baru sekitar tahun 1790, J. Smeaton dari Inggris menemukan bahwa kapur yang mengandung lempung dan dibakar akan mengeras di dalam air. Bahan ini mirip dengan semen yang dibuat oleh bangsa Romawi. Penyelidikan lebih lanjut yang mengarah pada kepentingan komersial dilakukan oleh J. Parker pada masa yang sama. Bahan tersebut mulai digunakan sekitar awal abad ke-19 di Inggris dan kemudian di Prancis. Karya konstruksi sipil pertama dikerjakan pada tahun 1816 di Souillac, Prancis berupa jembatan yang dibuat dengan beton tak bertulang. Nama semen portland (*Portland Cement*) diusulkan oleh Joseph Aspdin pada 1824 karena campuran air, pasir, dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali diolah di Pula Portland, dekat pantai Dorset, Inggris. Semen Portland pertama kali diproduksi di pabrik oleh David Saylor di Copley

Pennsylvania, Amerika Serikat pada tahun 1875. Sejak saat itu, semen portland berkembang dan terus dibuat sesuai dengan kebutuhan (Mulyono, 2004).

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat (Tjokrodimuljo, 1992).

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO₃), alumina (Al₂O₃), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambah kanoksida besi, sedangkan gipsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Tabel 3.2 Komposisi Umum Oksida Semen Portland

Oksida	Nama Umum	Berat (%)
CaO	Kapur	31 – 57
SiO ₂	Silika	22 – 29
Al ₂ O ₃	Alumina	5,2 – 8,8
Fe ₂ O ₃	Oksida Besi	1,5 – 3,2
MgO	Magnesia	1,5 – 2,2

Sumber : Teknologi Beton, Mulyono (2004)

Menurut Mulyono (2004), secara garis besar ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu sebagai berikut.

1. Trikalsium Silikat (3CaO.SiO₂) yang disingkat menjadi C₃S.
Senyawa C₃S jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke-14.
2. Dikalsium Silikat (2CaO. SiO₂) yang disingkat menjadi C₂S.
Senyawa C₂S lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. Senyawa C₂S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia (*chemical attack*) dan mempengaruhi susut terhadap pengaruh panas akibat lingkungan.

3. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A .
Senyawa C_3A bereaksi secara *exothermic* dan bereaksi sangat cepat pada 24 jam pertama. C_3A bereaksi dengan air yang jumlahnya sekitar 40% dari beratnya. Karena persentasinya dalam semen yang kecil sekitar (10%), maka pengaruhnya pada jumlah air untuk reaksi menjadi kecil. Unsur ini sangat berpengaruh pada nilai panas hidrasi tertinggi, baik pada saat awal maupun pada saat pengerasan berikutnya yang sangat panjang.
4. Tetrakalsium aluminoforit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

Senyawa C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton sehingga kontribusinya dalam peningkatan kekuatan kecil.

Melihat sifat yang berbeda dari masing-masing komponen ini kita dapat membuat bermacam jenis semen hanya dengan mengubah kadar masing-masing komponennya. Misalnya kita ingin mendapatkan semen yang mempunyai kekuatan awal yang tinggi maka kita perlu menambah kadar C_3S dan mengurangi kadar C_2S . ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen berbagai tipe sebagaimana tampak pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Jenis-jenis Semen Portland Dengan Sifat-sifatnya

Tipe	Sifat pemakaian	Kadar senyawa (%)				Kehalusan blaine (m ² /kg)	Kuat 1 hari (kg/cm ²)	Panas hidrasi (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF			
I	Umum	50	24	11	8	350	1000	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	350	900	250
III	Kekuatan awal tinggi	60	13	9	8	450	2000	500
IV	Panas hidrasi tinggi	25	50	5	12	300	450	210
V	Tahan sulfat	40	40	9	9	350	900	250

Sumber: Teknologi Beton, Nugraha dan Antoni (2007)

3.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Menurut Peraturan Beton Indonesia 1971, agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa

pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Syarat mutu agregat halus menurut SII.0052 dalam Mulyono (2004) adalah sebagai berikut ini.

1. Modulus halus butir 1,5 sampai 3,8.
2. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5%.
3. Kadar zat organik yang terkandung ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (NaSO_4) 3%, jika dibandingkan dengan warna standar tidak lebih dari pada warna standar.
4. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir perbandingannya yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka tidak lebih dari 2,20.
5. Kekekalan (jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika magnesium sulfat maksimum 15%)

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3.5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garaman dalam

air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra-tegang ataupun beton bertulang karena resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan (Mulyono, 2004).

3.2.4 Serat Bambu Ori Sebagai Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. (Mulyono, 2004)

Bambu merupakan tanaman ordo *Bambooidae* yang pertumbuhannya cepat dan dapat dipanen pada umur sekitar 3 tahun. Pada masa pertumbuhan, bambu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam atau 120 cm per hari (Morisco dalam Suhardiman, 1999). Umur panen yang relatif singkat tersebut memberikan optimisme bahwa pemakaian bambu untuk berbagai keperluan dapat dengan mudah tercukupi. Morisco dalam Suhardiman (1999) menyatakan, adanya serabut sklerenkin di dalam batang bambu menyebabkan bambu mempunyai kekuatan dan dapat digunakan untuk keperluan bahan bangunan. Kekuatan bambu umumnya dipengaruhi oleh jumlah serat sklerenkin dan selulosa di dalam bambu. Kekuatan bambu bagian luar jauh lebih tinggi dibandingkan bambu bagian dalam. Penelitian Morisco dalam Suhardiman (1999) menyatakan bahwa pada bambu ori kering tungku menunjukkan kuat tarik sebesar 4170 kg/cm^2 pada bambu bagian luar dan 1640 kg/cm^2 pada bambu bagian dalam.

Penggunaan kulit bambu ori sebagai bahan serat *paving block* didasarkan pada pertimbangan bahwa kuat tarik serat bambu yang cukup tinggi, proses pembuatan dari bahan baku menjadi serat cukup mudah dan tidak perlu peralatan khusus, serta populasi bambu yang cukup banyak dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia sehingga mudah diperoleh. Bambu ori sebagai salah satu jenis bambu di Indonesia, meskipun jarang dibudidayakan secara khusus, namun banyak tumbuh di lahan-lahan liar seperti di tepi sungai, tebing-tebing dan sebagainya. Bambu jenis

tersebut juga jarang dimanfaatkan sebagai bahan pokok bangunan, sehingga harga di pasaran relatif murah dibanding bambu jenis lain.

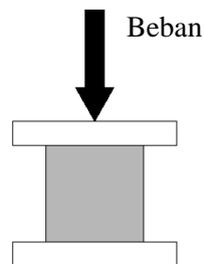
3.3 Pengujian *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* harus memenuhi sifat-sifat fisika yang berupa kuat tekan, keausan dan penyerapan air. Karena pada penelitian ini digunakan serat sebagai bahan tambah pada *paving block* yang bertujuan untuk menambah kuat tarik *paving block*, maka dilakukan pula pengujian kuat tarik. Pengujian *paving block* disajikan dalam subbab-subbab berikut ini.

3.3.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* adalah nilai beban yang mampu ditahan dalam suatu luasan bidang *paving block* hingga *paving block* tersebut hancur. Pada umumnya kekuatan utama *paving block* ditinjau dari kuat tekannya, oleh karena itu diharapkan dengan adanya serat bambu pada penambahan campuran *paving block* ini akan menambah kuat tekan pada *paving block*.

Prosedur pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Prosedur Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pada SNI 03-0691-1996 kuat tekan *paving block* dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.1) berikut ini.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

dengan :

- σ = kuat tekan (N/mm²)
 P = beban tekan (N)
 A = luas bidang tekan (mm²)

3.3.2 Keausan

Keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Definisi gesekan itu sendiri adalah gaya tahan yang menahan gerakan antara 2 permukaan solid yang bersentuhan maupun solid dengan liquid (Octoviawan, 2010). Ketahanan aus permukaan *paving block* sangat penting karena perkerasan lantai atau jalan sering terkena gesekan roda kendaraan (Cahyaningrum dalam Fitalaka, 2012).

Untuk memperoleh nilai keausan *paving block* menggunakan Persamaan (3.2) berikut ini.

$$D = 1,2 G + 0,0246 \quad (3.2)$$

dengan :

- D = keausan (mm/menit)
 G = kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)

Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan, Universitas Gajah Mada

3.3.3 Penyerapan Air *Paving Block*

Penyerapan air *paving block* merupakan persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Hasil ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* kering dan *paving block* basah (setelah direndam air). Berat *paving block* kering didapatkan dari pengovenan benda uji pada suhu 100±5°C dalam waktu 24 jam.

Untuk memperoleh nilai penyerapan air pada *paving block* dapat menggunakan Persamaan (3.3) berikut ini.

$$DSA = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan :

DSA = penyerapan air (%)

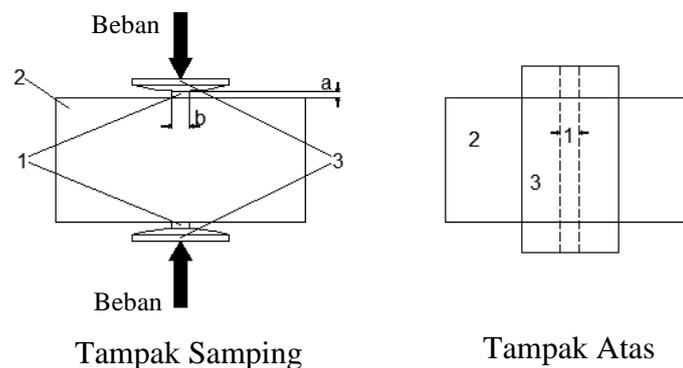
Wb = berat *paving block* basah (gram)

Wk = berat *paving block* kering (gram)

3.3.4 Kuat Tarik Belah *Paving Block*

Metode pengujian kuat tarik belah *paving block* merupakan pemberian beban tekan sepanjang bidang melebar *paving block* sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar yang diberi beban. Keruntuhan tarik terjadi akibat dari keruntuhan tekan karena area beban dalam keadaan tekan triaksial, sehingga memungkinkan mendapatkan tegangan tekan lebih tinggi daripada kekuatan tekan uniaksial.

Prosedur pengujian kuat tarik belah *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Prosedur Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block*

keterangan :

- 1 = potongan pelat baja dengan tebal a (4 ± 5) mm; lebar b (15 ± 5) mm dan minimal 10 mm lebih panjang dari panjang bidang keruntuhan
- 2 = benda uji *paving block*
- 3 = balok melintang pembebanan

Perhitungan kuat tarik belah *paving block* dihitung berdasarkan BS EN 1338 dalam Purwanto dan Priastiwi (2008) pada Persamaan (3.6) berikut ini.

$$T = 0,637 \times \frac{P}{S} \times k \quad (3.6)$$

dengan :

T = kuat tarik belah *paving block* (N/mm²)

P = beban maksimal (N)

S = luas bidang keruntuhan tarik belah (mm²)

k = faktor koreksi

Nilai faktor koreksi k dapat ditentukan sebagai berikut ini.

1. Untuk $140 \text{ mm} < t < 180 \text{ mm}$, maka : $k = 1,3 - 30 \left(0,18 - \frac{t}{1000}\right)^2$
2. Untuk $t > 180 \text{ mm}$, maka : $k = 1,3$
3. Untuk $t \leq 140 \text{ mm}$, maka : nilai k sesuai Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Nilai k untuk $t \leq 140 \text{ mm}$

t (mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
K	0,71	0,79	0,87	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

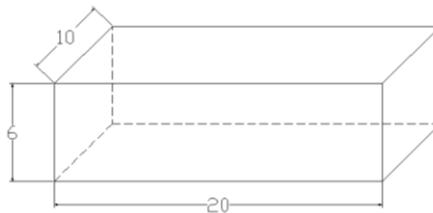
Sumber : BS EN 1338 dalam Purwanto dan Priastiwi (2008)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan adalah *paving block* yang dibuat dengan jenis *holand* atau bentuk persegi panjang dengan dimensi 20 x 10 x 6 cm seperti pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Dimensi *Paving Block*

(Sumber : Penulis, 2017)

Paving Block dibuat dengan campuran semen : pasir = 1 : 7,4 dengan variasi persentase penambahan serat bambu ori sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dari berat semen. Sampel yang digunakan setiap variasi sebanyak 3 buah, sehingga total sampel dalam penelitian ini sebanyak 54 buah.

4.2 Lokasi Penelitian

Pembuatan sampel benda uji *paving block* di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia. Sedangkan lokasi pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.

4.3 Waktu Penelitian

Dari tahap awal penelitian ini dimulai dari bulan September 2017 dan direncanakan akan selesai pada bulan Juni 2018.

4.4 Alat Dan Bahan

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

4.4.1 Alat

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

1. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0,1 gram. Timbangan berfungsi untuk menimbang bahan susun yang digunakan dalam pembuatan *paving block*.



Gambar 4.2 Timbangan

2. Cetok

Cetok digunakan untuk mengambil, memindahkan dan mencampur bahan penyusun *paving block*. Cetok juga digunakan untuk memasukkan dan meratakan campuran yang dimasukkan pada cetakan.



Gambar 4.3 Cetok

3. Oven

Oven yang digunakan adalah oven merek *Memmert*. Oven digunakan untuk pengujian kadar lumpur agregat, pengujian penyerapan air *paving block*, dan lain sebagainya.



Gambar 4.4 Oven Merek *Memmert*

4. Ayakan

Ayakan dengan diameter 0,475 mm digunakan untuk menyaring agregat halus. Selain itu ayakan digunakan untuk pengujian Modulus Halus Butir (MHB) pasir.



Gambar 4.5 Ayakan

5. Jangka sorong

Alat ini digunakan untuk mengukur dimensi *paving block*.



Gambar 4.6 Jangka Sorong

6. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder beton digunakan untuk pengujian berat volume semen dan berat volume pasir.



Gambar 4.7 Cetakan Silinder Beton

7. Mesin cetak *paving block*

Mesin cetak yang digunakan adalah mesin *press* pembuatan *paving block* yang dioperasikan dengan sistem hidrolik dan dilengkapi *vibrator* (penggetar). Cetakan *paving block* yang digunakan sudah terpasang pada alat ini dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Sistem hidrolik digunakan untuk mengangkat cetakan dan memberikan tekanan (pemadatan) pada saat pencetakan.

Sedangkan *vibrator* yang diletakkan di bawah meja mesin berfungsi untuk menggerakkan butir-butir campuran yang telah dituangkan pada cetakan sehingga bergerak mengisi celah-celah yang masih kosong. Hal ini dilakukan agar sebelum proses penekanan campuran sudah pada keadaan padat di dalam cetakan.



Gambar 4.8 Mesin Cetak *Paving Block*

8. Alat Pemotong *Paving Block*

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



Gambar 4.9 Alat Pemotong *Paving Block*

9. Mesin uji kuat tekan

Menggunakan alat uji kuat tekan digital dengan merek *Avery-Denison type PSL.I – PH SI.21-002*.



Gambar 4.10 Mesin Uji Kuat Tekan Merek *Avery-Denison*

10. Mesin uji kuat tarik belah

Mesin yang digunakan untuk pengujian kuat tarik belah *paving block* adalah *Universal Testing Machine (UTM)*.



Gambar 4.11 Mesin Uji Kuat Tarik Belah *Universal Testing Machine (UTM)*

11. Mesin uji keausan

Mesin yang digunakan untuk pengujian keausan adalah mesin Abrasi *Dressing Whelli Soiltest, INC type CT 420-8*.



Gambar 4.12 Mesin Uji Keausan *Soiltest, INC*

12. Peralatan pendukung

Peralatan pendukung yang lain seperti ember, sikat, penggaris, cat, karung, dan bak perendaman.

4.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bambu Ori

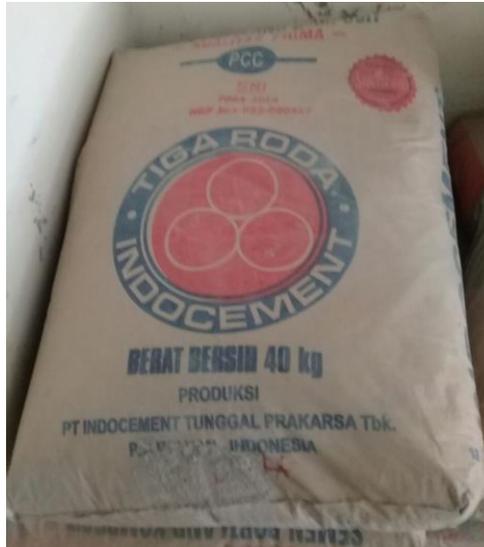
Bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu jenis ori yang berasal dari Blora, Jawa Tengah dengan dimensi 20 mm x 2 mm x 1 cm.



Gambar 4.13 Serat Bambu Ori

2. Semen portland

Semen portland yang digunakan merek Tiga Roda kemasan 40 kg.



Gambar 4.14 Semen Portland Merek Tiga Roda

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan berupa pasir yang berasal dari merapi dan diayak lolos ayakan dengan diameter 4,75 mm.



Gambar 4.15 Pasir Merapi

4. Air

Air yang digunakan dalam campuran adalah air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian berupa persiapan, proses pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji dan pengujian benda uji.

4.5.1 Persiapan Bahan

Dalam tahap ini yang dilakukan adalah mempersiapkan bahan-bahan penyusun *paving block*, yaitu sebagai berikut.

1. Serat Bambu Ori
 - a. Pilihlah bambu yang sudah kering dan tidak terdapat cacat fisik.
 - b. Bersihkan bambu dari kotoran yang menempel.
 - c. Bambu diserut menjadi serat berukuran sekitar 20 mm x 2 mm x 1 cm.
 - d. Serat bambu kemudian dibersihkan dari sisa-sisa serutan tipis yang masih menempel.
2. Pasir
 - a. Pengujian analisa saringan/Modulus Halus Butir (MHB) pasir
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus, sehingga dapat di klasifikasikan kedalam jenis pasir halus, agak halus, agak kasar atau pasir kasar. Langkah-langkah pengujian analisis saringan/Modulus Halus Butir (MHB) sesuai dengan SNI 03-1968-1990 adalah sebagai berikut ini.
 - 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
 - 2) Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - 3) Susun saringan dari yang lubangnya paling besar (9,5 mm) sampai lubang yang terkecil (no. 100) dan masukkan benda uji kemudian langsung di ayak/saring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
 - 4) Keluarkan benda uji pada masing-masing saringan dan masukkan dalam masing-masing wadah kemudian ditimbang dan catat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan.

Proses pengujian analisa saringan/Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut ini.



Gambar 4.16 Pengujian Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus

- b. Pengujian berat volume padat dan berat volume gembur agregat halus
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume padat dan gembur agregat halus. Langkah-langkah pengujian berat volume padat dan berat volume gembur agregat halus sesuai dengan SNI 03-4804-1998 adalah sebagai berikut ini.
- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 - 2) Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - 3) Letakkan silinder ukur pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tiap bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh. Sedang untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh (tanpa pemadatan) lalu diratakan.
 - 4) Timbang berat silinder berisi benda uji dan dicatat beratnya.
 - 5) Hitung volume silinder.

Proses pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut ini.



Gambar 4.17 Pengujian Berat Volume Gembur Dan Berat Volume Padat Agregat Halus

- c. Uji lolos saringan no. 200 (kandungan lumpur dalam pasir)
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur dalam pasir. Menurut Mulyono (2004) kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5%. Langkah-langkah pengujian lolos saringan no. 200 (kandungan lumpur) pasir sesuai SNI 03-4142-1996 adalah sebagai berikut ini.
- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap. Kemudian rendam dalam air selama 24 ± 4 jam.
 - 2) Buang air rendaman dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ada yang terbang. Keringkan benda uji di udara panas dengan cara membolak-balikan benda uji sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
 - 3) Apabila telah mencapai keadaan permukaan jenuh, segera masukan benda uji sebanyak 500 gram kedalam pikometer. Lalu masukan air sampai 90% isi pikometer, putar pikometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelombang udara didalamnya.
 - 4) Tambahkan air pada pikometer hingga penuh.

- 5) Timbang pikometer yang berisi benda uji dan air (W1)
- 6) Keluarkan benda uji dari pikometer, kemudian keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator.
- 7) Setelah benda uji dingin timbang (W2).
- 8) Timbang pikometer berisi air penuh (W3).
- 9) Berat jenis adalah perbandingan berat kering mutlak dengan berat pikometer yang berisi air ditambah berat pasir dalam keadaan jenuh kering muka dan dikurangi dengan berat pikometer yang berisi air penuh.

Proses pengujian lolos saringan no. 200 (kandungan lumpur) agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut ini.



Gambar 4.18 Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Kandungan Lumpur) Agregat Halus

3. Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen dalam keadaan terbungkus rapat dan setelah dibuka butirannya halus tidak ada gumpalan. Semen yang digunakan adalah semen Tiga Roda tipe 1 dengan berat bersih 40 kg.

4. Air

Air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum.

4.5.2 Proses Pencampuran

Dengan menggunakan perbandingan berat semen 1 : 7,4 berat pasir dengan variasi penambahan serat bambu ori sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dari berat semen. Dalam proses ini termasuk proses penimbangan dan pencampuran bahan. Masing-masing bahan ditimbang sesuai dengan variasi komposisinya lalu dicampur menggunakan sekop sekitar 10 - 15 menit sampai campuran sudah tercampur secara merata. Proses pencampuran bahan penyusun *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut ini.



Gambar 4.20 Proses Pencampuran Bahan Penyusun *Paving Block*

4.5.3 Pembuatan Benda Uji

Pada proses penelitian ini dilakukan 5 pengujian yaitu kuat tekan, keausan, penyerapan air dan kuat tarik belah pada *paving block*, dengan variasi serat bambu ori sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dan direndam selama 28 hari. Setiap variasi bahan tersebut menggunakan 3 buah sampel untuk pengujian kuat tekan, 3 buah sampel untuk pengujian keausan dan penyerapan air dan 3 buah sampel untuk pengujian kuat tarik belah sehingga total 54 buah sampel benda uji. Pembuatan benda uji menggunakan mesin pres yang biasa digunakan dalam pembuatan *paving*

block. Mesin ini menggunakan sistem hidrolik dan dilengkapi sistem vibrator sehingga membantu pada saat pemadatan agar agregat saling mengisi celah atau mengisi rongga.

Berikut ini langkah-langkah pencetakan atau proses pembuatan *paving block* dengan menggunakan mesin press adalah sebagai berikut.

1. Letakkan alas (triplek tebal 20 mm) pada meja mesin.
2. Atur mesin pada posisi cetakan membuka sehingga campuran bisa dimasukan kedalam cetakan.
3. Masukkan campuran kedalam cetakan sampai penuh.
4. Nyalakan sistem getar pada mesin.
5. Penuhi kembali isi cetakan yang turun akibat penggetaran dengan campuran yang sama.
6. Tekan tuas pemadat sehingga bagian sampel turun dan melakukan proses pemadatan sambil sistem getar dijalankan.
7. Tekan tuas untuk mengangkat kedua bagian cetakan.

Proses pembuatan/pencetakan *paving block* dengan mesin hidraulik dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut ini.



Gambar 4.21 Proses Pencetakan *Paving Block*

4.5.4 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan setelah satu hari dari pencetakan *paving block*. Pada umur satu hari atau benda uji cukup keras dilakukan perendaman untuk

menjaga kelembabannya selama 28 hari. Proses perawatan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut ini.



Gambar 4.22 Proses Perawatan *Paving Block*

4.5.5 Pemotongan Benda Uji

Paving block yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* semula berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dipotong menggunakan alat pemotong batuan menjadi berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Sementara *paving block* yang digunakan untuk uji kuat tarik belah *paving block* tidak perlu dipotong. Pemotongan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Proses pemotongan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut ini.



Gambar 4.23 Proses Pemotongan *Paving Block*

4.5.6 Pengujian Benda Uji

Proses pengujian dilakukan setelah *paving block* setelah berumur 28 hari. Pengujian *paving block* meliputi sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan

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

- a. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
- b. Ukur dimensi benda uji dengan menggunakan kaliper atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
- c. Benda uji diletakan tepat di tengah alat uji.
- d. Mesin dinyalakan dengan pemberian beban yang terus meningkat.
- e. Pembebanan dilakukan sampai bebannya turun dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

2. Pengujian Keausan

Mengacu pada SNI 03-0691-1996 langkah-langkah pengujian keausan *paving block* adalah sebagai berikut.

- a. Tiga benda uji yang telah diangin-anginkan selama satu hari dibersihkan permukaannya dari kotoran yang menempel.
- b. Benda uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm.
- c. Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03-0028-1987, cara uji ubin semen.

3. Pengujian Penyerapan Air

Langkah-langkah pengujian penyerapan air mengacu SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

- a. Benda uji direndam dalam air hingga jenuh selama 24 jam kemudian timbang beratnya dalam keadaan basah menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.

- b. Kemudian keringkan dalam dapur pengering 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.
- c. Timbang dalam keadaan kering oven.

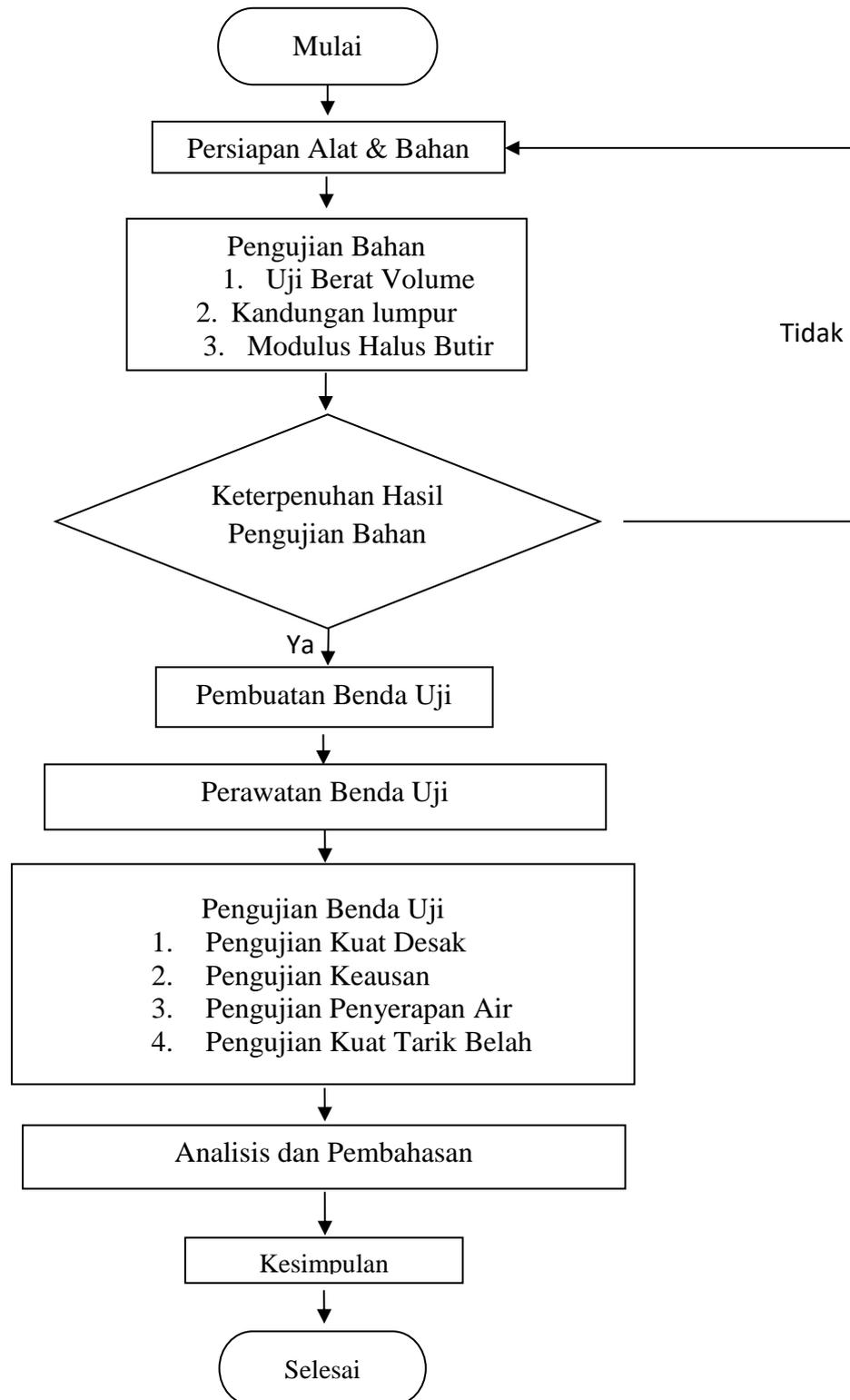
4. Pengujian Kuat Tarik Belah

Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah *paving block* adalah sebagai berikut ini.

- a. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- b. Letakkan benda uji pada tumpuan dan beban segaris lurus pada bagian tengah benda uji.
- c. Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- d. Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya $8 \text{ kg/cm}^2 - 10 \text{ kg/cm}^2$ tiap menit.
- e. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- f. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.
- g. Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakkan benda uji atau menaikan alat pembebanan.
- h. Ukur dan catat lebar serta tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah (bagan alir) pada penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut ini.



Gambar 4.24 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

Pembuatan *paving block* pada penelitian ini menggunakan 3 bahan utama yaitu semen, pasir dan air, serta bahan tambah berupa serat bambu ori. Hasil pemeriksaan bahan sebagai berikut ini.

5.1.1 Agregat Halus (Pasir)

Penelitian ini menggunakan Pasir Merapi. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian analisa saringan/Modulus Halus Butir (MHB), pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus, dan pengujian lolos saringan no. 200 (uji kadar lumpur dalam pasir).

1. Pengujian Analisa Saringan/Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus

Pengujian analisa saringan/Modulus Halus Butir (MHB) menggunakan metode SNI 03-1968-1990. Hasil pengujian analisa saringan/Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus didapatkan pada Tabel 5.1 berikut ini.

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

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00	0	0	0	100
4,80	31	1,55	1,55	98,45
2,40	278,3	13,915	15,465	84,535
1,20	431,1	21,555	37,02	62,98
0,60	657,8	32,89	69,91	30,09
0,30	340,5	17,025	86,935	13,065
0,15	261,3	13,065	100	0
Jumlah	2000		310,88	

a. Analisis Perhitungan

1) Berat tertinggal, gram (diperoleh dari pengujian)

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

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = \frac{31}{2000} \times 100\% = 1,55 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = \frac{278,3}{2000} \times 100\% = 13,915 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 1,20 mm} = \frac{431,1}{2000} \times 100\% = 21,555 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,60 mm} = \frac{657,8}{2000} \times 100\% = 32,89 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,30 mm} = \frac{340,5}{2000} \times 100\% = 17,025 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = \frac{261,3}{2000} \times 100\% = 13,065 \%$$

3) Berat tertinggal kumulatif (%)

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

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = 0 + 1,55 = 1,55 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = 1,55 + 13,915 = 15,465 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 1,20 mm} = 15,465 + 21,555 = 37,02 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,60 mm} = 37,02 + 32,89 = 69,91 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,30 mm} = 69,91 + 17,025 = 86,935 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = 86,935 + 13,065 = 100 \%$$

4) Porsen lolos kumulatif (%)

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

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = 100 - 1,55 = 98,45 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = 100 - 15,465 = 84,535 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 1,20 mm} = 100 - 37,02 = 62,98 \%$$

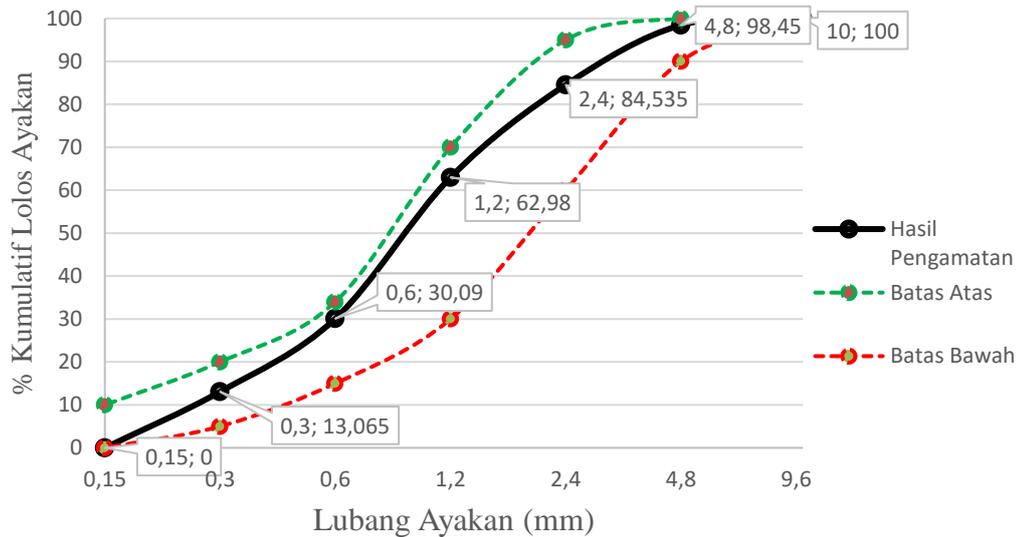
$$\text{Lubang ayakan 0,60 mm} = 100 - 69,91 = 30,09 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,30 mm} = 100 - 86,935 = 13,065 \%$$

$$\text{Lubang ayakan 0,15 mm} = 100 - 100 = 0 \%$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\Sigma \text{ Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{310,88}{100} \\
 &= 3,1088
 \end{aligned}$$

Kurva gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Batas Gradasi Agregat Halus Daerah I

b. Pembahasan

Berdasarkan pengujian dan analisis di atas, diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus sebesar 3,1088 dan masuk dalam kategori Daerah I (pasir kasar). Berdasarkan SII.0052 agregat halus normal memiliki Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 1,5 – 3,8. Hasil pengujian laboratorium pengujian analisa saringan/Modulus Halus Butir (MHB) dapat dilihat pada Lampiran 8.

2. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus

Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan metode SNI 03-4804-1998. Hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Gembur	Padat
Berat tabung, gram (w1)	12505	12505
Berat tabung + pasir, gram (w2)	20863	21589
Berat pasir, gram (w3 = w2 - w1)	8358	9084
Volume tabung, cm ³ (V)	5430,826	5430,826
Berat volume pasir, gram/cm ³ (w3/V)	1538,992	1672,674

a. Analisis Perhitungan

1) Berat volume gembur agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pasir, } w_3 &= w_2 - w_1 \\
 &= 20863 - 12505 \\
 &= 8358 \text{ gram} \\
 \text{Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (15,17)^2 \times 30,0625 \\
 &= 5430,826 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume gembur} &= \frac{w_3}{V} \\
 &= \frac{8358}{5430,826} \\
 &= 1538,992 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

2) Berat volume padat pasir

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pasir, } w_3 &= w_2 - w_1 \\
 &= 21589 - 12505 \\
 &= 9084 \text{ gram} \\
 \text{Volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (15,17)^2 \times 30,0625 \\
 &= 5430,826 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume gembur} &= \frac{w_3}{V} \\
 &= \frac{9084}{5430,826} \\
 &= 1672,674 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan di atas, maka berat volume gembur agregat halus diperoleh sebesar 1538,992 gram/cm³ dan berat volume padat agregat halus diperoleh sebesar 1672,674 gram/cm³. Hasil tersebut menunjukkan bahwa berat volume padat lebih besar dari berat volume gembur agregat halus karena pada pengujian berat volume padat dilakukan pemadatan dengan cara ditumbuk sehingga pori-pori yang kosong terisi. Hasil pengujian laboratorium berat volume gembur dan berat volume padat pasir dapat dilihat pada Lampiran 9 dan Lampiran 10.

3. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir)

Pengujian lolos saringan no. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir) menggunakan metode SNI 03-4142-1996. Hasil pengujian lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur) Agregat Halus

Uraian	Hasil
Berat Agregat Kering Oven, gram (w1)	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci, gram (w2)	493,9
Berat yang Lolos Ayakan No. 200, % [(w1 – w2)/w1] x 100%	1,22

a. Analisis Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Berat yang lolos ayakan No. 200} &= \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 493,9}{500} \times 100\% \\
 &= 1,22 \%
 \end{aligned}$$

b. Pembahasan

Berdasarkan pengujian lolos saringan No.200 didapatkan nilai kadar lumpur dalam pasir sebesar 1,22 %. Hasil tersebut sudah memenuhi standar SK SNI S-04-1989-F dimana kadar lumpur maksimal pada agregat halus yang diizinkan sebesar 5 %. Hasil pengujian lolos saringan No. 200 (uji kandungan lumpur pasir) dapat dilihat pada Lampiran 11.

5.1.2 Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC Tipe 1 merk Semen Tiga Roda (STR) kemasan 40 kg. Pada pengamatan visual semen menunjukkan kondisi baik, kemasan yang tertutup rapat serta tidak adanya gumpalan pada butiran partikel semen.

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 Serat Bambu Ori

Serat bambu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan serat bambu jenis bambu ori yang berasal dari Blora, Jawa Tengah. Pemeriksaan bambu secara visual menunjukkan bahwa bambu dapat digunakan untuk campuran karena permukaannya halus, tidak lapuk dan tidak ada cacat fisik.

5.2 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Benda uji dibuat dengan menggunakan proporsi material dengan perbandingan berat 1 semen : 7,4 pasir, sedangkan kebutuhan serat bambu diperoleh dari persentase serat bambu terhadap berat semen. Perhitungan kebutuhan campuran *paving block* adalah sebagai berikut ini.

$$\text{Volume paving} = 20 \times 10 \times 6 = 1200 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat volume pasir} = 1,672 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Faktor pemadatan mesin hidrolis} = 1,3$$

Kebutuhan pasir untuk 1 *paving block*

$$= \frac{7,4}{8,4} \times \text{B.V pasir} \times \text{V paving block} \times 1,3$$

$$= \frac{7,4}{8,4} \times 1,672 \times 1200 \times 1,3$$

$$= 2298,731 \text{ gram}$$

Kebutuhan pasir untuk 9 *paving block*

$$= 9 \times 2298,731 \text{ gram}$$

$$= 20688,583 \text{ gram}$$

Kebutuhan semen untuk 1 *paving block*

$$= \text{kebutuhan pasir}/7,4$$

$$= 2298,731/7,4$$

$$= 310,639 \text{ gram}$$

Kebutuhan semen untuk 9 *paving block*

$$= 9 \times 310,639 \text{ gram}$$

$$= 2795,755 \text{ gram}$$

Contoh perhitungan serat bambu ori variasi 0,5% sebagai bahan tambah.

$$\text{Kebutuhan serat bambu ori } 0,5\% = 0,5\% \times 2795,755 \text{ gram}$$

$$= 13,979 \text{ gram}$$

Kebutuhan komposisi semen, pasir dan serat bambu dalam *paving block* pada penelitian ini dapat ditampilkan pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Komposisi Campuran *Paving Block*

Variasi (%)	Semen (gram)	Pasir (gram)	Serat bambu (gram)	Jumlah benda uji (buah)
0	2795,755	20688,583	0	9
0,5	2795,755	20688,583	13,979	9
1	2795,755	20688,583	27,958	9
1,5	2795,755	20688,583	41,936	9
2	2795,755	20688,583	55,915	9
2,5	2795,755	20688,583	69,894	9

5.3 Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah dengan 6 variasi. Benda uji dipotong menjadi berbentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan,

Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada. Pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* ditampilkan pada Tabel 5.5 sampai dengan Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.5 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 0%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
A1	5,81	6,26	5,79	56
A2	6,11	6,35	5,83	56
A3	5,91	6,29	5,8	45,5

Tabel 5.6 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 0,5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
B1	6	6,33	6,11	72
B2	5,93	6,41	5,83	67
B3	6,09	6,39	5,98	67

Tabel 5.7 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 1%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
C1	5,84	6,31	6,25	58
C2	5,94	6,22	6,31	66
C3	5,98	6,49	5,95	59

Tabel 5.8 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 1,5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
D1	6,22	6,32	6,27	67
D2	6,15	6,3	6,09	55
D3	6,19	6,31	6,15	57

Tabel 5.9 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
E1	6,31	6,29	6,3	67
E2	6,14	6,2	6,14	64
E3	6,13	6,26	6,2	66

Tabel 5.10 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kN)
F1	6,44	6,42	6,22	49
F2	6,05	6,38	6,22	52
F3	6,23	6,17	6,18	48,5

Sebagai contoh perhitungan kuat tekan, diambil hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* tipe A1 dengan serat bambu sebagai bahan tambah sebesar 0% dari berat semen sebagai berikut ini.

$$\text{Panjang (p)} = 5,81 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 6,11 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (L)} &= p \times l \\ &= 5,81 \times 6,11 \\ &= 36,37 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban Maksimal (P)} = 56 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan } (\sigma) &= \frac{P}{L} = \frac{56}{36,37} \\ &= 1539,71 \text{ kN/cm}^2 \\ &= 15,40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kuat tekan seluruh variasi *paving block* ditampilkan pada Tabel 5.11 sampai Tabel 5.16 berikut ini.

**Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat
Bambu 0%**

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
A1	36,37	56	15,40	14,02
A2	38,80	56	14,43	
A3	37,17	45,5	12,24	

**Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat
Bambu 0,5%**

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
B1	37,98	72	18,96	17,93
B2	38,01	67	17,63	
B3	38,92	67	17,22	

**Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat
Bambu 1%**

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
C1	36,88	58	15,73	16,26
C2	36,95	66	17,86	
C3	38,81	59	15,20	

**Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat
Bambu 1,5%**

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
D1	39,31	67	17,04	15,28
D2	38,75	55	14,20	
D3	39,06	57	14,59	

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
E1	39,69	67	16,88	16,96
E2	38,07	64	16,81	
E3	38,37	66	17,20	

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Luas (cm ²)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
F1	41,34	49	11,85	12,65
F2	38,60	52	13,47	
F3	38,44	48,5	12,62	

Sebagai contoh perhitungan mencari kuat tekan rata-rata *paving block*, dihitung kuat tekan rata-rata *paving block* kode sampel A. Setelah diperoleh hasil perhitungan kuat tekan *paving block* pada setiap variasi bahan tambah serat bambu, kemudian dicari nilai rata-rata dengan menggunakan rumus berikut ini.

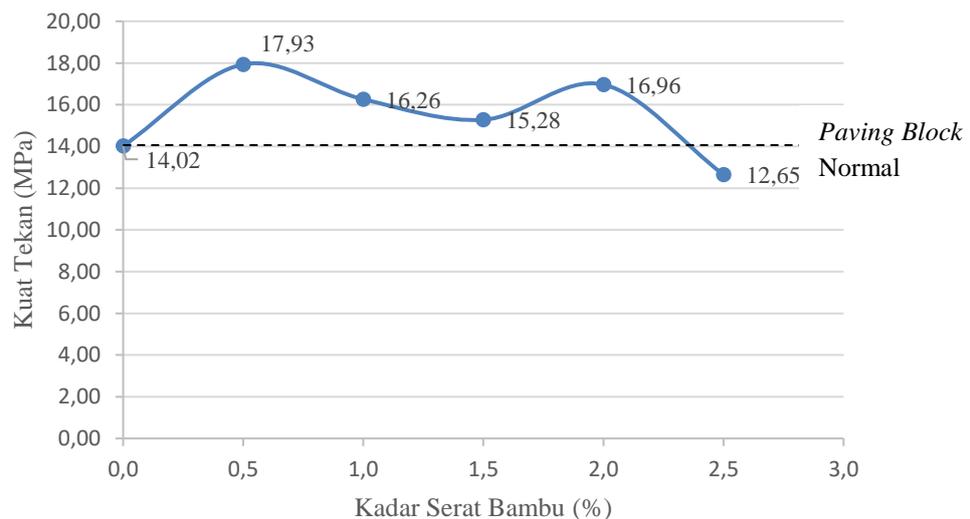
$$\begin{aligned}
 \sigma_m &= \frac{\sum \sigma}{n} \\
 &= \frac{15,40 + 14,43 + 12,24}{3} \\
 &= 14,02 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kuat tekan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0961-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Kuat Tekan Rata-Rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block* Tiap Variasi

No	Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
1	0	14,02	D	Taman & penggunaan lain
2	0,5	17,93	C	Pejalan kaki
3	1	16,26	C	Pejalan kaki
4	1,5	15,28	C	Pejalan kaki
5	2	16,96	C	Pejalan kaki
6	2,5	12,65	D	Taman & penggunaan lain

Grafik hasil kuat tekan rata-rata *paving block* pada masing-masing variasi penambahan serat bambu dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata *Paving Block*

Dari hasil pengujian didapatkan data kenaikan dan penurunan kuat tekan *paving block* serat terhadap *paving block* normal, dengan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan *paving block* yang disajikan pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Kenaikan Kuat Tekan *Paving Block* Serat Terhadap *Paving Block* Normal

<i>Paving Block</i> Serat		Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Normal (MPa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
Persentase Serat (%)	Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Serat (MPa)		
0,5	17,93	14,02	27,88
1	16,26		15,95
1,5	15,28		8,94
2	16,96		20,97
2,5	12,65		-9,82

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan *paving block* didapat nilai kuat tekan *paving block* serat lebih tinggi dari kuat tekan *paving block* normal, kecuali pada kuat tekan *paving block* dengan penambahan serat sebesar 2,5% yang lebih rendah dari kuat tekan *paving block* normal. Pada penambahan serat bambu sebesar 0,5% terjadi peningkatan kuat tekan dikarenakan serat bambu yang ditambahkan dalam campuran tidak mudah menggumpal. Pada penambahan serat bambu sebesar 1% dan 1,5% terjadi penurunan kuat tekan dari *paving block* dengan penambahan serat 0,5% dikarenakan proses pencampuran yang dilakukan secara manual sehingga menjadikan campuran *paving block* yang tidak homogen dan terjadi penggumpalan serat di dalam campuran *paving block*. Pada penambahan serat bambu sebesar 2% terjadi peningkatan kuat tekan dari *paving block* dengan penambahan serat 1,5% dikarenakan proses pencampuran yang dilakukan secara manual sehingga menjadikan campuran *paving block* yang tidak homogen. Sedangkan pada penambahan serat bambu sebesar 2,5% terjadi penurunan kuat tekan dari *paving block* dengan penambahan serat 2% dikarenakan kandungan serat pada campuran ini sudah berlebihan sehingga antara semen dan agregat kurang maksimal dalam proses pengikatan.

Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suhardiman (1999) tentang “Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton” yang menyatakan bahwa

penambahan serat bambu ori pada campuran beton sampai sejumlah 2 % dari berat semen, mampu meningkatkan kuat tekan maupun kuat tarik beton tanpa serat. Pada penambahan serat sebanyak 2 %, kelecakan beton menurun besar, sehingga pelaksanaan pencampuran, pencetakan dan pemampatannya agak mengalami kesulitan.

5.4 Keausan *Paving Block*

Pengujian keausan *paving block* setelah umur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah dengan 6 variasi. Benda uji dipotong menjadi berbentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Pengujian keausan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Pengujian Keausan *Paving Block*

Hasil pengujian keausan keseluruhan ditampilkan pada Tabel 5.19 sampai Tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 0%

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)
A1	386,4	386	5
A2	427,1	426,8	5
A3	402,8	402,4	5

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)
B1	464,8	464,6	5
B2	432,8	432,4	5
B3	442,5	442,3	5

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 1%

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)
C1	446	445,5	5
C2	437,3	436,5	5
C3	421,5	421	5

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 1,5%

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)
D1	476	475,7	5
D2	446,4	445,8	5
D3	452	451	5

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)
E1	469,9	469,2	5
E2	434,7	434,3	5
E3	445,4	445	5

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Waktu (menit)
F1	470,6	469	5
F2	451,6	450,9	5
F3	443,9	443,3	5

Sebagai contoh perhitungan keausan, diambil hasil pengujian keausan pada *paving block* tipe A1 dengan penambahan serat bambu sebesar 0% sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat awal} &= 386,4 \text{ gram} \\
 \text{Berat akhir} &= 386 \text{ gram} \\
 \text{Kehilangan berat} &= \text{Berat awal} - \text{berat akhir} \\
 &= 386,4 - 386 \\
 &= 0,4 \text{ gram} \\
 \text{Waktu} &= 5 \text{ menit} \\
 \text{Kehilangan berat/waktu (G)} &= \frac{0,4}{5} = 0,08 \text{ gram/menit} \\
 \text{Keausan (D)} &= 1,26G + 0,0246 \\
 &= (1,26 \times 0,08) + 0,0246 \\
 &= 0,1254 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan keausan seluruh variasi *paving block* ditampilkan pada Tabel 5.25 sampai Tabel 5.30 berikut ini.

Tabel 5.25 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 0%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
A1	0,08	0,1254
A2	0,06	0,1002
A3	0,08	0,1254

Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
B1	0,04	0,075
B2	0,08	0,1254
B3	0,04	0,075

Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 1%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
C1	0,1	0,1506
C2	0,16	0,2262
C3	0,1	0,1506

Tabel 5.28 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 1,5%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
D1	0,06	0,1002
D2	0,12	0,1758
D3	0,2	0,2766

Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
E1	0,14	0,201
E2	0,08	0,1254
E3	0,08	0,1254

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Keausan *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
F1	0,32	0,4278
F2	0,14	0,201
F3	0,12	0,1758

Setelah diperoleh hasil perhitungan keausan *paving block*, kemudian dihitung nilai rata-rata keausan *paving block* tiap-tiap variasi. Sebagai contoh perhitungan pada *paving block* dengan penambahan serat bambu sebesar 0% dihitung keausan rata-rata dengan rumus berikut ini.

$$D_m = \frac{\sum D}{n}$$

$$= \frac{0,1254 + 0,1002 + 0,1254}{3}$$

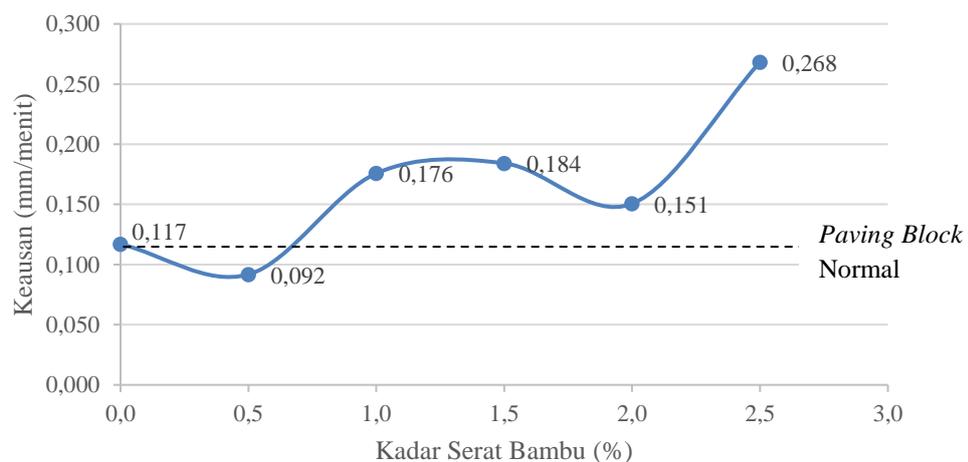
$$= 0,117 \text{ mm/menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan keausan rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0961-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.31 berikut ini.

Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Keausan Rata-Rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block* Tiap Variasi

No	Variasi (%)	Keausan Rata-Rata (mm/menit)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi <i>Paving Block</i>
1	0	0,117	B	Pelataran Parkir
2	0,5	0,092	B	Pelataran Parkir
3	1	0,176	D	Taman & penggunaan lain
4	1,5	0,184	D	Taman & penggunaan lain
5	2	0,151	C	Pejalan kaki
6	2,5	0,268	D	Taman & penggunaan lain

Grafik hasil keausan rata-rata *paving block* pada masing-masing variasi penambahan serat bambu dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Grafik Keausan Rata-Rata *Paving Block*

Dari hasil pengujian didapatkan data kenaikan dan penurunan keausan *paving block* serat terhadap *paving block* normal, dengan rekapitulasi hasil pengujian keausan *paving block* yang disajikan pada Tabel 5.32 berikut ini.

Tabel 5.32 Kenaikan Keausan *Paving Block* Serat Terhadap *Paving Block* Normal

<i>Paving Block</i> Serat		Keausan <i>Paving Block</i> Normal (mm/menit)	Kenaikan Keausan (%)
Persentase Serat (%)	Keausan <i>Paving Block</i> Serat (mm/menit)		
0,5	0,092	0,117	-21,538
1	0,176		50,256
1,5	0,184		57,436
2	0,151		28,718
2,5	0,268		129,231

Berdasarkan hasil pengujian keausan *paving block* didapatkan trend nilai keausan *paving block* serat lebih tinggi dibandingkan nilai keausan *paving block* normal. Pada penambahan serat bambu sebesar 0,5% terjadi penurunan keausan *paving block* dikarenakan serat yang dicampurkan dalam campuran mengisi rongga pada *paving block*. Pada penambahan serat bambu sebesar 1% dan 1,5% terjadi kenaikan keausan *paving block* dari *paving block* serat 0,5% dikarenakan proses pencampuran dilakukan secara manual sehingga campuran *paving block* tidak homogen dan terjadi penggumpalan serat di bagian atas *paving block*. Pada penambahan serat bambu sebesar 2% terjadi penurunan keausan *paving block* dari *paving block* dengan penambahan serat 1,5% dikarenakan proses pencampuran dilakukan secara manual sehingga campuran *paving block* tidak homogen. Sedangkan pada penambahan serat bambu sebesar 2,5% terjadi peningkatan keausan dari *paving block* dengan penambahan serat 2% dikarenakan kandungan serat pada campuran ini sudah berlebihan sehingga antara semen dan agregat kurang maksimal dalam proses pengikatan.

5.5 Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air *paving block* setelah umur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah dengan 6 variasi. Benda uji dipotong menjadi terbentuk kubus berukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Hasil penyerapan air keseluruhan ditampilkan pada Tabel 5.33 sampai Tabel 5.38 berikut ini.

Tabel 5.33 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 0%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
A1	422,7	383,6	10,19
A2	465,8	427,1	9,06
A3	439,6	402,7	9,16
Rata-rata			9,47

Tabel 5.34 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
B1	498,7	462,4	7,85
B2	463,8	430,5	7,74
B3	474,7	439,8	7,94
Rata-rata			7,84

Tabel 5.35 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 1%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
C1	480	443,7	8,18
C2	471,8	434,5	8,58
C3	458,7	419,4	9,37
Rata-rata			8,71

Tabel 5.36 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 1,5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
D1	510,6	473	7,95
D2	474,7	443,3	7,08
D3	478,7	448,4	6,76
Rata-rata			7,26

Tabel 5.37 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
E1	508,5	467,1	8,86
E2	472,1	432,1	9,26
E3	485,8	442,4	9,81
Rata-rata			9,31

Tabel 5.38 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* dengan Kadar Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
F1	509,9	467,1	9,16
F2	485,4	448,2	8,30
F3	474,9	440,9	7,71
Rata-rata			9,39

Sebagai contoh perhitungan penyerapan air, diambil hasil pengujian penyerapan air pada *paving block* tipe A1 dengan kadar penambahan serat bambu 0%, yaitu sebagai berikut ini.

Berat basah = 422,7 gram

Berat kering = 386,3 gram

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air} &= \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \\ &= \frac{422,7 - 386,3}{422,7} \times 100\% = 9,22\% \end{aligned}$$

Setelah diperoleh ketiga hasil perhitungan penyerapan air pada *paving block* tipe A1 dengan kadar penambahan serat bambu 0%, kemudian dicari nilai rata-rata dengan menggunakan rumus berikut ini.

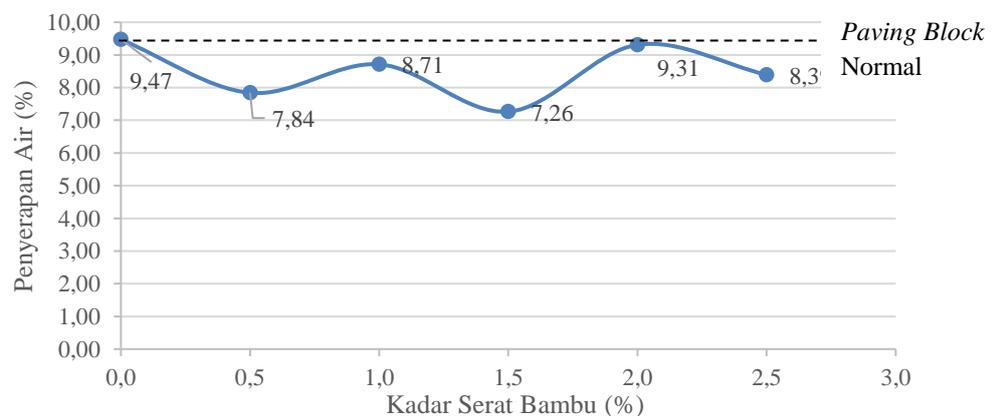
$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air } m &= \frac{\Sigma \text{ penyerapan air}}{n} \\ &= \frac{10,19+9,06+9,16}{3} \\ &= 9,47\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan penyerapan air rata-rata seluruh variasi, kemudian dilakukan penggolongan mutu *paving block* tiap variasi berdasarkan SNI 03-0961-1996 yang ditampilkan pada Tabel 5.39 berikut ini.

Tabel 5.39 Hasil Perhitungan Penyerapan Air Rata-Rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block* Tiap Variasi

Persentase Serat (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Paving Block (SNI-03-0691-1996)
0	9,47	D
0,5	7,84	C
1	8,71	D
1,5	7,26	C
2	9,31	D
2,5	8,39	D

Grafik hasil penyerapan air rata-rata *paving block* pada masing-masing variasi penambahan serat bambu dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Grafik Penyerapan Air Rata-Rata *Paving Block*

Dari hasil pengujian didapatkan data kenaikan dan penurunan penyerapan air *paving block* serat terhadap *paving block* normal, dengan rekapitulasi hasil pengujian penyerapan air *paving block* yang disajikan pada Tabel 5.40 berikut ini.

Tabel 5.40 Kenaikan Penyerapan Air *Paving Block* Serat Terhadap *Paving Block* Normal

<i>Paving Block</i> Serat		Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Normal (%)	Kenaikan Penyerapan Air (%)
Persentase Serat (%)	Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Serat (%)		
0,5	7,84	9,47	-17,230
1	8,71		-8,026
1,5	7,26		-23,321
2	9,31		-1,713
2,5	8,39		-11,412

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air *paving block* didapat kesimpulan bahwa penyerapan air *paving block* serat lebih rendah dibandingkan dengan *paving block* normal. Penurunan daya serap air pada *paving block* serat dikarenakan pasir yang dipakai dalam campuran ini masuk dalam kategori pasir kasar, sehingga mengakibatkan banyak rongga dalam *paving block*, dengan adanya serat mampu mengisi rongga-rongga udara dalam *paving block* sehingga akan mengurangi nilai penyerapan air.

Pada penelitian ini didapatkan hasil daya serap air yang naik turun setiap variasinya, hal tersebut dikarenakan proses pencampuran yang secara manual sehingga susah mendapatkan benda uji yang homogen serta penggunaan timbangan yang tidak terkalibrasi dengan baik sehingga didapatkan perbedaan selisih dalam proses penimbangan.

Nilai penyerapan air *paving block* minimum terdapat pada kadar penambahan serat bambu sebesar 1,5 % dengan nilai penyerapan air 7,26 % dan masuk ke dalam *paving block* mutu C sesuai SNI 03-0691-1996. Pada penelitian ini didapatkan sebagian besar *paving block* masuk dalam kategori mutu D. Hal tersebut

dikarenakan agregat halus yang dipakai adalah pasir kasar (Daerah I), oleh karena itu masih terdapat banyak rongga dalam *paving block*.

5.6 Kuat Tarik Belah *Paving Block*

Pengujian kuat tarik belah dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan benda uji sebanyak 3 buah dengan 6 variasi. Pengujian kuat tarik belah di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian kuat tarik belah *paving block* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5.7 Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block*

Hasil pengujian kuat tarik belah *paving block* ditampilkan pada Tabel 5.41 sampai Tabel 5.46 berikut ini.

Tabel 5.41 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 0%

Kode Sampel	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kgf)
A1	10,15	5,51	2200
A2	10,1	5,73	1820
A3	10,14	7,93	2130

Tabel 5.42 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 0,5%

Kode Sampel	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kgf)
B1	10,24	6,12	2340
B2	10,27	6,04	2500
B3	10,15	6,11	2310

Tabel 5.43 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 1%

Kode Sampel	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kgf)
C1	10,26	6,26	2590
C2	10,2	6,13	2670
C3	10,11	6,34	2540

Tabel 5.44 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 1,5%

Kode Sampel	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kgf)
D1	10,35	6,1	3020
D2	10,2	5,9	2950
D3	10,25	6,11	2890

Tabel 5.45 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kgf)
E1	10,08	6,25	2280
E2	10,25	5,43	2330
E3	10,32	5,81	2800

Tabel 5.46 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal (kgf)
F1	10,17	6,04	2010
F2	10,14	6,07	2670
F3	10,05	6,11	2120

Sebagai contoh perhitungan kuat tarik belah, diambil hasil pengujian kuat tarik belah pada *paving block* tipe A1 dengan serat bambu sebagai bahan tambah sebesar 0% dari berat semen sebagai berikut ini.

$$\text{Lebar (l)} = 10,15 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal (t)} = 5,51 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (S)} &= l \times t \\ &= 10,15 \times 5,51 = 55,93 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban maksimal (P)} = 2200 \text{ kgf}$$

$$\text{Faktor koreksi (k)} = 0,87$$

$$T = 0,637 \times k \times \frac{P}{S}$$

$$\begin{aligned} T &= 0,637 \times 0,87 \times \frac{2200}{55,93} = 21,80 \text{ kgf/cm}^2 \\ &= 2,14 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kuat tarik belah seluruh variasi *paving block* ditampilkan pada Tabel 5.47 sampai Tabel 5.52 berikut ini.

Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 0%

Kode Sampel	Beban Maksimal (kgf)	k	S (cm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
A1	2200	0,87	55,93	2,14	1,92
A2	1820	0,87	57,87	1,71	
A3	2130	0,87	60,13	1,93	

Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 0,5%

Kode Sampel	Beban Maksimal (kgf)	k	S (cm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
B1	2340	0,87	62,67	2,03	2,08
B2	2640	0,87	62,03	2,31	
B3	2310	0,87	62,02	2,02	

Tabel 5.49 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 1%

Kode Sampel	Beban Maksimal (kgf)	k	S (cm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
C1	2590	0,87	64,23	2,19	2,22
C2	2670	0,87	62,53	2,32	
C3	2540	0,87	64,10	2,15	

Tabel 5.50 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 1,5%

Kode Sampel	Beban Maksimal (kgf)	k	S (cm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
D1	3020	0,87	63,14	2,60	2,56
D2	2950	0,87	60,18	2,66	
D3	2890	0,87	62,63	2,51	

Tabel 5.51 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2%

Kode Sampel	Beban Maksimal (kgf)	k	S (cm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
E1	2280	0,87	63,00	1,97	2,26
E2	2330	0,87	55,66	2,28	
E3	2800	0,87	59,96	2,54	

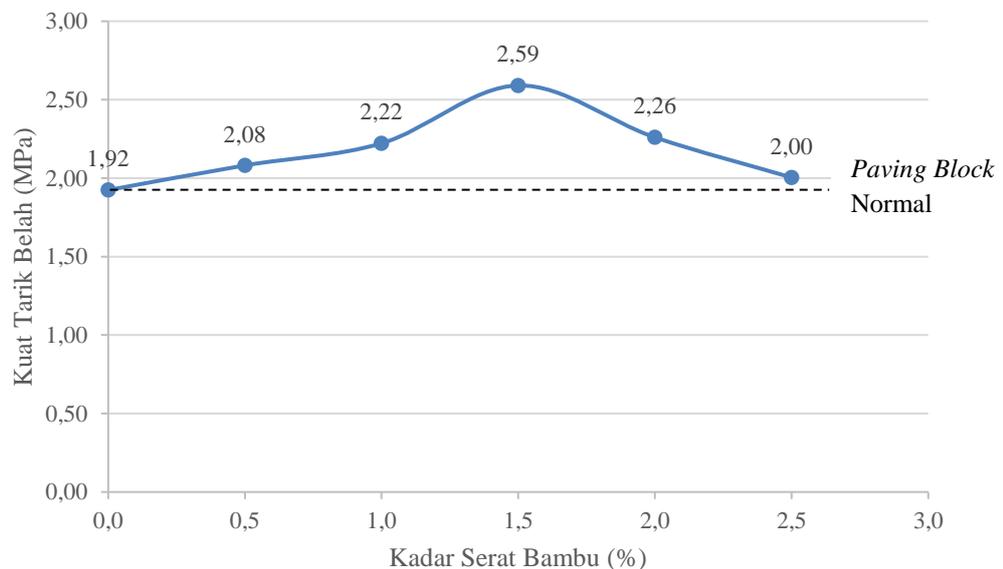
Tabel 5.52 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Dengan Serat Bambu 2,5%

Kode Sampel	Beban Maksimal (kgf)	k	S (cm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
F1	2010	0,87	61,43	1,78	2,00
F2	2670	0,87	61,55	2,36	
F3	2120	0,87	61,41	1,88	

Sebagai contoh perhitungan mencari kuat tarik belah rata-rata *paving block*, dihitung kuat tarik belah rata-rata *paving block* kode sampel A. Setelah diperoleh hasil perhitungan kuat tarik belah *paving block* pada setiap variasi bahan tambah serat bambu, kemudian dicari nilai rata-rata dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\begin{aligned}
 T_m &= \frac{\sum T}{n} \\
 &= \frac{2,14 + 1,71 + 1,93}{3} \\
 &= 1,92 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Grafik hasil kuat tarik belah rata-rata *paving block* pada masing-masing variasi penambahan serat bambu dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5.8 Grafik Kuat Tarik Belah Rata-Rata *Paving Block*

Dari hasil pengujian didapatkan data kenaikan dan penurunan kuat tarik belah *paving block* serat terhadap *paving block* normal, dengan rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah *paving block* yang disajikan pada Tabel 5.53 berikut ini.

Tabel 5.53 Kenaikan Kuat Tarik Belah *Paving Block* Serat Terhadap *Paving Block* Normal

<i>Paving Block</i> Serat		Kuat Tarik Belah <i>Paving Block</i> Normal (Mpa)	Kenaikan Kuat Tarik Belah (%)
Persentase Serat (%)	Kuat Tarik Belah <i>Paving</i> <i>Block</i> Serat (MPa)		
0,5	2,08	1,92	8,174
1	2,22		15,485
1,5	2,59		34,640
2	2,26		17,459
2,5	2,00		4,159

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah *paving block* didapat nilai kuat tarik belah *paving block* serat lebih besar dari kuat tarik belah *paving block* normal, hal tersebut disebabkan karena serat bambu dalam *paving block* dapat menahan retakan pada *paving block*. Kuat tarik belah *paving block* terbesar pada penambahan serat bambu sebesar 1,5% yaitu sebesar 2,67 Mpa. Semakin besar penambahan serat bambu diatas 1,5% pada *paving block* akan mengurangi kuat tarik belah *paving block* tersebut, walaupun masih lebih tinggi dari kuat tarik belah *paving block* normal.

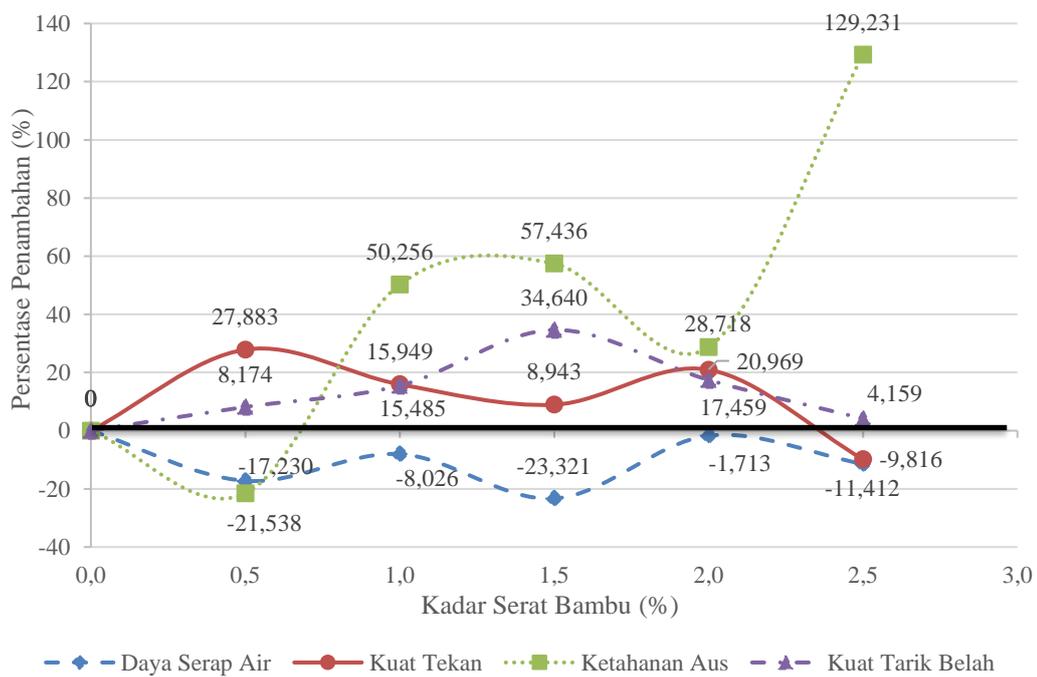
Peningkatan kuat tarik belah *paving block* dengan penambahan serat bambu sebesar 1,5% disebabkan komposisi penambahan serat bambu pada campuran ini sudah optimum, seperti halnya penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Suhardiman (1999) tentang “Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton” yang menyatakan bahwa penambahan serat bambu ori pada campuran beton sampai sejumlah 2 % dari berat semen, mampu meningkatkan kuat tekan maupun kuat tarik beton tanpa serat. Pada penambahan serat sebanyak 2 %, kelecakan beton menurun besar, sehingga

pelaksanaan pencampuran, pencetakan dan pemampatannya agak mengalami kesulitan.

Penurunan kuat tarik belah *paving block* dengan penambahan serat bambu 2% dan 2,5% disebabkan karena serat bambu yang diberikan dalam campuran tersebut terlalu banyak sehingga pengikatan antara semen dan agregat halus kurang maksimal.

5.7 Hubungan Antara Kuat Tekan, Keausan, Penyerapan Air Dan Kuat Tarik Belah Pada *Paving Block*

Hubungan antara kuat tekan, keausan, penyerapan air dan kuat tarik belah *paving block* digunakan untuk menentukan kadar persentase penambahan serat bambu pada *paving block* yang paling optimum. Dari hasil pengujian kuat tekan, keausan, penyerapan air dan kuat tarik belah *paving block*, keempat grafik pengujian tersebut digabungkan dan ditampilkan pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Persentase Kenaikan Kuat Tekan, Keausan, Penyerapan Air Dan Kuat Tarik *Paving Block*

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan *paving block* didapatkan hasil bahwa kuat tekan *paving block* serat sebagian besar lebih besar dari kuat tekan *paving block* normal, kecuali pada *paving block* dengan penambahan serat bambu 2,5%. Sesuai dengan SNI 03-0691-1996 bahwa *paving block* dengan kuat tekan semakin tinggi maka akan meningkatkan kualitas *paving block*. Beban terbesar yang diterima *paving block* adalah pada kuat tekannya, sehingga untuk menghitung persentase penambahan serat bambu yang paling optimum pada *paving block* digunakan persentase pengaruh kuat tekan terhadap kekuatan *paving block* sebesar 30%.

Berdasarkan hasil pengujian keausan *paving block* didapatkan hasil bahwa keausan *paving block* serat sebagian besar lebih besar dari keausan *paving block* normal, kecuali pada *paving block* dengan penambahan serat bambu 0,5% keausannya lebih kecil dari *paving block* normal. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, semakin kecil nilai keausan *paving block*, maka kualitas *paving block* semakin baik. Pada penelitian ini digunakan persentase pengaruh keausan terhadap kekuatan *paving block* sebesar 20%.

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air *paving block* didapatkan hasil bahwa penyerapan air *paving block* serat sebagian besar lebih kecil dari penyerapan air *paving block* normal, kecuali pada *paving block* dengan penambahan serat bambu 2% yang penyerapan airnya lebih besar dari *paving block* normal. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, semakin kecil nilai penyerapan air *paving block*, maka kualitas *paving block* semakin baik. Pada penelitian ini digunakan persentase pengaruh penyerapan air terhadap kekuatan *paving block* sebesar 20%.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah *paving block* didapatkan hasil bahwa kuat tarik belah *paving block* serat lebih besar dari kuat tarik belah *paving block* normal. Seperti halnya pada beton, *paving block* mempunyai kuat tarik belah yang kecil, sehingga apabila kuat tarik belah *paving block* meningkat maka akan meningkatkan kualitas *paving block*. Dikarenakan pola retak yang banyak terjadi dilapangan adalah melintang dibagian tengah *paving block*, maka pada penelitian ini digunakan persentase pengaruh kuat tarik belah terhadap kekuatan *paving block* sebesar 30%.

Sebagai contoh perhitungan hubungan antara kuat tekan, keausan, penyerapan air dan kuat tarik belah *paving block* sebagai acuan penentuan kadar serat bambu optimum dalam campuran, diambil contoh perhitungan pada *paving block* tipe B dengan penambahan serat bambu sebesar 0,5% berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \sigma_m \text{ paving block tipe A} &= 14,02 \text{ MPa} \\
 D_m \text{ paving block tipe A} &= 0,117 \text{ mm/menit} \\
 DSAm \text{ paving block tipe A} &= 9,22\% \\
 T_m \text{ paving block tipe A} &= 1,92 \text{ MPa} \\
 \sigma_m \text{ paving block tipe B} &= 17,93 \text{ MPa} \\
 D_m \text{ paving block tipe B} &= 0,092 \text{ mm/menit} \\
 DSAm \text{ paving block tipe B} &= 7,84\% \\
 T_m \text{ paving block tipe B} &= 2,08 \text{ MPa} \\
 \text{Persentase kenaikan } \sigma_m \text{ B0,5} &= \frac{\sigma_m \text{ B0,5} - \sigma_m \text{ A0}}{\sigma_m \text{ A0}} * 100 \\
 &= \frac{17,93 - 14,02}{14,02} * 100 \\
 &= 27,883\% \\
 \text{Persentase kenaikan } D_m \text{ B0,5} &= \frac{D_m \text{ B0,5} - D_m \text{ A0}}{D_m \text{ A0}} * 100 \\
 &= \frac{0,092 - 0,117}{0,117} * 100 \\
 &= -21,538\% \\
 \text{Persentase kenaikan } DSAm \text{ B0,5} &= \frac{DSAm \text{ B0,5} - DSAm \text{ A0}}{DSAm \text{ A0}} * 100 \\
 &= \frac{7,84 - 9,22}{9,22} * 100 \\
 &= -14,924\% \\
 \text{Persentase kenaikan } T_m \text{ B0,5} &= \frac{T_m \text{ B0,5} - T_m \text{ A0}}{T_m \text{ A0}} * 100 \\
 &= \frac{2,08 - 1,92}{1,92} * 100 \\
 &= 8,174\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah persentase kenaikan *paving block* serat tipe B0,5 terhadap *paving block* normal tipe A0 sebagai berikut ini.

Jumlah persentase kenaikan B0,5

$$\begin{aligned}
&= \sigma B_{0,5} \times 30\% - D B_{0,5} \times 20\% - DSA B_{0,5} \times 20\% + T B_{0,5} \times 30\% \\
&= 27,883\% \times 30\% - (-21,538\%) \times 20\% - (-14,924\%) \times 20\% + 8,174\% \times 30\% \\
&= 18,571\%
\end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil pengujian *paving* block dapat dilihat pada Tabel 5.54 berikut ini.

Tabel 5.54 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Paving Block*

Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Keausan (mm/menit)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tarik Belah (MPa)
A	14,02	0,117	9,22	1,92
B	17,93	0,092	7,84	2,08
C	16,26	0,176	8,71	2,22
D	15,28	0,184	7,26	2,59
E	16,96	0,151	9,31	2,26
F	12,65	0,268	8,39	2,00

Hasil perhitungan jumlah persentase kenaikan *paving block* serat terhadap *paving block* normal ditampilkan pada Tabel 5.55 berikut ini.

Tabel 5.55 Persentase Kenaikan Masing-masing Hasil Uji *Paving Block* Serat Terhadap *Paving Block* Normal

Kode Sampel	Kuat Tekan (%)	Keausan (%)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tarik Belah (%)	Jumlah (%)
Bobot	30%	20%	20%	30%	
B	27,883	-21,538	-17,230	8,174	18,571
C	15,949	50,256	-8,026	15,485	0,984
D	8,943	57,436	-23,321	34,640	6,252
E	20,969	28,718	-1,713	17,459	6,128
F	-9,816	129,231	-11,412	4,159	-25,261

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah persentase kenaikan *paving block* serat terhadap *paving block* normal didapatkan kesimpulan bahwa kadar serat bambu

yang paling optimum untuk campuran *paving block* adalah *paving block* dengan penambahan serat bambu sebesar 0,5% dari berat semen.

Hal ini berarti bahwa penambahan serat bambu ori sebesar 0,5% dari berat semen mampu menaikkan kuat tekan dan kuat tarik *paving block* dan mengurangi keausan serta penyerapan air *paving block*. Hasil tersebut sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-0691-1996 yang pada intinya menyatakan bahwa semakin tinggi kuat tekan *paving block*, semakin rendah keausan dan penyerapan air *paving block*, maka akan semakin tinggi mutunya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Terhadap Karakteristik *Paving Block*” dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pengaruh penambahan serat bambu terhadap karakteristik *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

- a. kuat tekan

Penambahan serat bambu pada campuran *paving block* secara umum dapat meningkatkan kuat tekan *paving block*, dengan nilai kuat tekan terbesar yaitu 17,93 MPa pada penambahan serat bambu sebesar 0,5% (meningkat 27,883% dari kuat tekan *paving block* normal, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suhardiman (1999) tentang “Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton” yang dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 17,852% dari beton normal dengan penambahan serat bambu ori sebesar 1%) dan berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk dalam mutu C.

- b. keausan

Penambahan serat bambu pada campuran *paving block* secara umum dapat meningkatkan keausan *paving block*, dengan nilai keausan terkecil yaitu 0,092 mm/menit pada penambahan serat bambu sebesar 0,5% (menurun 0,025% dari keausan *paving block* normal) dan berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk dalam mutu B.

- c. penyerapan air

Penambahan serat bambu pada campuran *paving block* secara umum dapat menurunkan penyerapan air *paving block*, dengan nilai penyerapan air terkecil yaitu 7,26% pada penambahan serat bambu sebesar 1,5%

(menurun 1,95% dari penyerapan air *paving block* normal) dan berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk dalam mutu C.

2. Penambahan serat bambu pada campuran *paving block* secara umum dapat meningkatkan kuat tarik belah *paving block*, dengan nilai kuat tarik belah terbesar yaitu 2,59 MPa pada penambahan serat bambu sebesar 1,5% (meningkat 34,640% dari kuat tarik belah *paving block* normal), hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suhardiman (1999) tentang “Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton” yang dapat meningkatkan kuat tarik sebesar 30,583% dari beton normal dengan penambahan serat bambu ori sebesar 1,5%.
3. Kadar penambahan serat bambu paling optimum pada campuran *paving block* yaitu pada penambahan serat bambu sebesar 0,5% dari berat semen.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya perlu menggunakan tipe pasir yang lebih halus. Penelitian ini menggunakan pasir dengan analisis saringan masuk tipe pasir kasar, sehingga masih terdapat banyak rongga udara didalam *paving block*.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu digunakan variasi dimensi serat bambu yang berbeda, sehingga dapat mengetahui kadar optimum serat bambu sebagai bahan tambah dalam *paving block*.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan limbah tusuk sate dari bambu dan memperhitungkan aspek ekonomis produksi pembuatan *paving block*.
4. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan variasi perbandingan semen : pasir yang berbeda untuk memperoleh kualitas *paving block* yang lebih baik dan sesuai dengan target kegunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SK SNI S-04-1989-F Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam*. Badan Standarisasi Nasional. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990 Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996a. *Standar Nasional Indonesia 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block)*. Badan Standarisasi Nasional. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996b. *Standar Nasional Indonesia 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 MM)*. Badan Standarisasi Nasional. Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *Standar Nasional Indonesia 03-4804-1998 Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional. Indonesia.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1979. *Peraturan Beton Indonesia 1971*. Penerbit Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Fitalaka, S. 2012. *Paving Block Mutu Tinggi Dengan Bahan Campur Abu Batu. Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Marza, A. 2008. Pengaruh Ijuk Sebagai Serat Terhadap Kuat Lentur Kuat Desak Dan Kuat Geser Pada *Conblock* (Beton Pasir). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Andi Publishing. Yogyakarta.
- Nugraha, P. dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.

- Nugroho, A.S. 2014. Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu PG.Madukismo Sebagai Bahan Subtitusi Semen Dan Pengisi (*Filler*) Terhadap Karakteristik *Paving Block*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Octoviawan, N.A. 2010. Pengaruh Lubrikasi Terhadap Ketahanan Aus Suatu Material, (<http://nurazizoctoviawan.blogspot.co.id/2010/10/pengaruh-lubrikasi-terhadap-ketahanan.html>). Diakses 27 Agustus 2017).
- Purwanto dan Priastiwi, Y.A. 2008. *Testing Of Concrete Paving Blocks The BS EN 1338:2003 British And European Standard Code*. Jurnal Teknik Vol. 29 No. 2 Tahun 2008, ISSN 0852-1697. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sarjono P, W. Dan Wahyono, A. 2008. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Pada Kuat Tarik Campuran Semen-Pasir Dan Kemungkinan Aplikasinya. Jurnal Teknik Sipil Volume 8 No. 2, Pebruari 2008 : 159-169. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Suhardiman, M. 1999. Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton. Jurnal Teknik Vol. 1 No. 2/Okttober 2011. Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan



Gambar L-1.1 Timbangan



Gambar L-1.2 Cetok



Gambar L-1.3 Oven Merek *Memmert*



Gambar L-1.4 Ayakan



Gambar L-1.5 Jangka Sorong



Gambar L-1.6 Cetakan Silinder Beton



Gambar L-1.7 Mesin Cetak *Paving Block*



Gambar L-1.8 Alat Pemotong



Gambar L-1.9 Mesin Uji Kuat Tekan Merek *Avery-Denison*



**Gambar L-1.10 Mesin Uji Kuat Tarik Belah *Universal Testing Machine*
(*UTM*)**



Gambar L-1.11 Mesin Uji Keausan *Soiltest, INC*

Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-2.1 Serat Bambu Ori



Gambar L-2.2 Semen Portland Merek Tiga Roda



Gambar L-2.3 Pasir Merapi

Lampiran 3 Gambar Proses Pengujian Bahan



**Gambar L-3.1 Pengujian Analisis Saringan/Modulus Halus Butir (MHB)
Agregat Halus**



**Gambar L-3.2 Pengujian Berat Volume Gembur Dan Berat Volume Padat
Agregat Halus**



**Gambar L-3.3 Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Kandungan Lumpur)
Agregat Halus**



**Gambar L-3.4 Pengujian Berat Volume Gembur Dan Berat Volume Padat
Semen**

Lampiran 4 Gambar Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-4.1 Proses Pencampuran Bahan Penyusun *Paving Block*



Gambar L-4.2 Proses Pencetakan *Paving Block*



Gambar L-4.3 Proses Perawatan *Paving Block*



Gambar L-4.4 Proses Pemotongan *Paving Block*

Lampiran 5 Gambar Proses Pengujian Benda Uji



Gambar L-5.1 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



Gambar L-5.2 Pengujian Keausan *Paving Block*



Gambar L-5.3 Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*



Gambar L-5.4 Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block*

Lampiran 6 Gambar Pola Kerusakan *Paving Block* Di Lapangan



**Gambar L-6.1 Pola Kerusakan *Paving Block* Lokasi Perumahan Tiara Mas
Blok O, Banguntapan Bantul**



**Gambar L-6.2 Pola Kerusakan *Paving Block* Lokasi Indomari Agency,
Banguntapan Bantul**



**Gambar L-6.3 Pola Kerusakan *Paving Block* Lokasi Perumahan GPW Jl.
Kaliurang Km. 13,5 Sleman**

Lampiran 7 Gambar Pola Kerusakan *Paving Block* Di Laboratorium



Gambar L-7.1 Pola Kerusakan *Paving Block* Akibat Beban Tekan



Gambar L-7.2 Pola Kerusakan *Paving Block* Akibat Beban Tarik Belah

Lampiran 8 Hasil Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB)/Analisa Saringan Agregat Halus



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

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

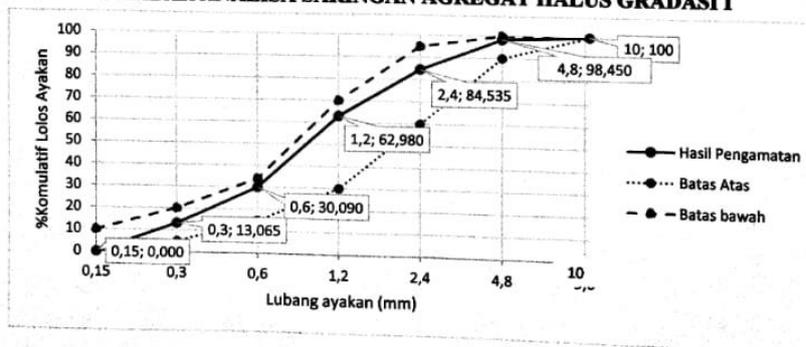
Pengirim	Ahmad Nur Ilham Yahya
Tanggal Terima	23-Nov-17
Asal Pasir	Pasir Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Lubang ayakan	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00	0	0	0	100
4,80	31	1,550	1,550	98,450
2,40	278,3	13,915	15,465	84,535
1,20	431,1	21,555	37,020	62,980
0,60	657,8	32,890	69,910	30,090
0,30	340,5	17,025	86,935	13,065
0,15	261,3	13,065	100,000	0,000
Jumlah	2000		310,880	

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{310,880}{100} = 3,109$$

Lubang ayakan	Persen Lolos	Gradasi I	
		B atas	B bawah
10	100	100	100
4,8	98,450	90	100
2,4	84,535	60	95
1,2	62,980	30	70
0,6	30,090	15	34
0,3	13,065	5	20
0,15	0,000	0	10

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS GRADASI I



Lampiran 9 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus



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

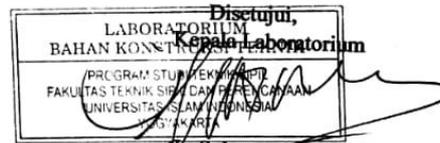
PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS (SNI 03 -4804-1998)

Pengirim	Ahmad Nur Ilham Yahya
Tanggal Terima	23-Nov-17
Asal Pasir	Pasir Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	12505
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	20863
Berat Agregat (W3), gram	8358
Volume Tabung (V), cm ³	5430,826
Berat Volume Gembur (V), gram/cm ³	1,539

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md)



Disetujui,
Kepala Laboratorium
(Ir. Suharyatno, M.T.)

Lampiran 10 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus



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

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

Pengirim	Ahmad Nur Ilham Yahya
Tanggal Terima	23-Nov-17
Asal Pasir	Pasir Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	12505
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	21589
Berat Agregat (W3), gram	9084
Volume Tabung (V), cm ³	5430,826
Berat Volume Padat (V), gram/cm ³	1,673

Diperiksa,
Laboran


(Darussalam, A.Md)

Disetujui,

Kepala Laboratorium
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
(Dr. Suharyatno, M.T.)

Lampiran 11 Pemeriksaan Butiran Yang Lolos Ayakan No.200/Uji Kandungan Lumpur Dalam Paris


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

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

Pengirim	Ahmad Nur Ilham Yahya
Tanggal Terima	23-Nov-17
Asal Pasir	Pasir Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci (W2), gram	493,9
Berat yang lolos Ayakan No.200 [(W1- W2)]x 100%	1,22

Diperiksa,
Laboran

(Signature)

(Darussalam, A.Md)

Disetujui,
Kepala Laboratorium

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

(Signature)
(Ir. Suharyatno, M.T.)

Lampiran 12 Surat Hasil Pengujian Laboratorium Bahan Bangunan UGM

UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL & LINGKUNGAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
Jl. Grafika No 2, Yogyakarta, Telepon : (0274)6492244/ 081328311108
Email : lab-bb.ft@ugm.ac.id

Nomor : 08 /LBB/ 02 / 2018
Lampiran : lembar
Hal : Pengujian Paving Blok

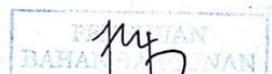
Kepada Yth : Sdr. Ahmad Nur Ilham Yahya
Mahasiswa Universitas Islam Indonesia,
Yogyakarta

Dengan hormat,

Memenuhi permintaan Saudara melalui surat nomor yang kami terima tanggal **16 Januari 2018** perihal tersebut pada pokok surat diatas, maka bersama ini (terlampir) kami sampaikan hasil pemeriksaan / pengujian tersebut.

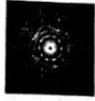
Demikian agar maklum, semoga hasil tersebut dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 05-02-2018
Bidang Kerja Sama dan
Pengabdian Kepada Masyarakat,



Dr. Ir. M. Fauzie Siswanto, M.Sc.
NIP : 195606061984031005

Lampiran 13 Hasil Pengujian Bata Lantai (Paving Block)



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
 Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, Telp: (0274) 6492244 / 08122738430 Email : lab_bahanbangunan@yahoo.co.id

HASIL PENGUJIAN BATA LANTAI (PAVING BLOCK)

Diterima tgl. : 16 Januari 2018 ✓

Nomor : 08 /LBB/2/2018/ A
 Pengirim : Ahmad Nur Ilham Yahya, Mahasiswa Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir S-1 ✓

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran (mm)			Tgl. Produksi	Tgl. diuji	Berat SSD (g)	Berat K. Oven (g)	B.J. SSD (g/m ² dm ²)	B.J. K. Oven (g/m ² dm ²)	Beban maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Ketahanan aus (mm/menit)	Serapan air (%)	Keterangan
		Panjang	Lebar	Tebal											
1	Kode A1	62,60	58,10	57,90	06-12-2017	22-01-2018	422,7	383,6	2007	1822	56,0	15,397	0,1254	10,19	
2	Kode A2	63,50	61,10	58,30	06-12-2017	22-01-2018	465,8	427,1	2059	1888	56,0	14,434	0,1002	9,06	
3	Kode A3	62,90	59,10	58,00	06-12-2017	22-01-2018	439,6	402,7	2039	1868	45,5	12,240	0,1254	9,16	
<i>Nilai rerata</i>															
									2035	1859		14,023	0,1170	9,47	✓
4	Kode B1	63,30	60,00	61,10	06-12-2017	22-01-2018	498,7	462,4	2149	1993	72,0	18,957	0,0750	7,85	
5	Kode B2	64,10	59,30	58,30	06-12-2017	22-01-2018	463,8	430,5	2093	1943	67,0	17,628	0,1254	7,74	
6	Kode B3	63,90	60,90	59,80	06-12-2017	22-01-2018	474,4	439,8	2039	1890	67,0	17,217	0,0750	7,87	
<i>Nilai rerata</i>															
									2094	1942		17,934	0,0918	7,82	✓
7	Kode C1	63,10	58,40	62,50	06-12-2017	22-01-2018	480,0	443,7	2084	1926	58,0	15,739	0,1506	8,18	
8	Kode C2	62,20	59,40	63,10	06-12-2017	22-01-2018	471,8	434,5	2024	1864	66,0	17,864	0,2262	8,58	
9	Kode C3	64,90	59,80	59,50	06-12-2017	22-01-2018	458,7	419,4	1986	1816	59,0	15,202	0,1506	9,37	
<i>Nilai rerata</i>															
									2031	1869		16,268	0,1758	8,71	✓

Yogyakarta, 05.02.2018
 Bidang Kerja Sama dan
 Pengabdian Kepada Masyarakat
 Dr. Ir. M. Faible Sitawati, M.Sc.
 NIP : 195608361984031005

Lanjutan Lampiran 13 Hasil Pengujian Bata Lantai (Paving Block)



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, Telp: (0274) 6492244 / 08122738430 Email: lab_bahanbangunan@yahoo.co.id

HASIL PENGUJIAN BATA LANTAI (PAVING BLOCK)

Nomor Pengirim Koperluan : 08 /LBB/2-2018/B
: Ahmad Nur Ilham Yehya, Mahasiswa Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
: Penelitian Tugas Akhir S-1 ✓

Diterima tgl. : 16 Januari 2018

No	Tanda Bentuk, Tipe, Warna	Ukuran (mm)			Tgl. Produksi	Tgl. diuji	Berat SSD (gm)	Berat K. Oven (gm)	B.j. SSD (gm/dm ³)	B.j. K. Oven (gm/dm ³)	Beban maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Ketahanan aus (mm/menit)	Serapan air (%)	Keterangan
		Panjang	Lebar	Tebal											
10	Kode D1	63,20	62,70	62,70	06-12-2017	22-01-2018	510,6	473,0	2072	1919	67,0	17,044	0,1002	7,95	
11	Kode D2	63,00	61,50	60,90	06-12-2017	22-01-2018	474,7	443,3	2012	1879	55,0	14,195	0,1758	7,08	
12	Kode D3	63,10	61,90	61,50	06-12-2017	22-01-2018	478,7	448,4	1993	1867	57,0	14,563	0,2766	6,76	
Nilai rerata															
									2025	1888		16,278	0,1842	7,26	✓
13	Kode E1	63,10	62,90	63,00	06-12-2017	22-01-2018	508,5	467,1	2034	1868	67,0	16,881	0,2010	8,86	
14	Kode E2	62,00	61,40	61,40	06-12-2017	22-01-2018	472,1	432,1	2020	1849	64,0	16,812	0,1254	9,26	
15	Kode E3	62,60	61,30	62,00	06-12-2017	22-01-2018	485,8	444,4	2042	1868	66,0	17,199	0,1254	9,32	
Nilai rerata															
									2032	1862		16,944	0,1506	9,15	✓
16	Kode F1	64,40	64,20	62,20	06-12-2017	22-01-2018	509,9	467,1	1983	1816	49,0	11,852	0,4276	9,16	
17	Kode F2	63,80	60,50	62,20	06-12-2017	22-01-2018	485,4	448,2	2022	1867	52,0	13,472	0,2010	8,30	
18	Kode F3	62,30	61,70	61,80	06-12-2017	22-01-2018	474,9	440,9	1989	1856	48,5	12,617	0,1758	7,71	
Nilai rerata															
									2001	1848		12,647	0,2682	8,39	✓

Yogyakarta, 02-01-2018
Bidang Kerja Sama dan
Pengabdian Kepada Masyarakat

Dr. Ir. M. Fauzie Shaleh, M.Ts.
NIP. : 195608061984031005

Lampiran 14 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Paving Block



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

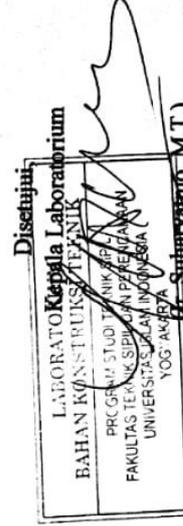
HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK PAVING BLOCK

Pengirim : Ahmad Nur Ilham Yahya
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

No	Kode Sampel	Ukuran (mm)			Tgl. Produksi	Tgl. Diuji	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tarik Belah (MPa)
		Panjang	Lebar	Tebal				
1	A1	202,5	101,5	55,1	06/12/2017	01/02/2018	2200	2,14
2	A2	202,4	101,0	57,3	06/12/2017	01/02/2018	1820	1,71
3	A3	201,4	101,4	59,3	06/12/2017	01/02/2018	2130	1,93
Nilai rata-rata								
4	B1	201,8	102,4	61,2	06/12/2017	01/02/2018	2340	1,92
5	B2	203,2	102,7	60,4	06/12/2017	01/02/2018	2500	2,03
6	B3	201,4	101,5	61,1	06/12/2017	01/02/2018	2310	2,19
Nilai rata-rata								
7	C1	202,1	102,6	62,6	06/12/2017	01/02/2018	2590	2,02
8	C2	201,3	102,0	61,3	06/12/2017	01/02/2018	2670	2,08
9	C3	201,7	101,1	63,4	06/12/2017	01/02/2018	2540	2,19
Nilai rata-rata								
								2,32
								2,15
								2,22

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md)



Lanjutan Lampiran 14 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block*



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

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK *PAVING BLOCK*

Pengirim : Ahmad Nur Ilham Yahya
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

No	Kode Sampel	Ukuran (mm)			Tgl. Produksi	Tgl. Diuji	Beban Maksimal (kgf)	Kuat Tarik Belah (MPa)
		Panjang	Lebar	Tebal				
10	D1	202,3	103,5	61,0	06/12/2017	01/02/2018	3020	2,60
11	D2	202,8	102,0	59,0	06/12/2017	01/02/2018	2950	2,66
12	D3	202,4	102,5	61,1	06/12/2017	01/02/2018	2890	2,51
Nilai rata-rata								2,59
13	E1	202,1	100,8	62,5	06/12/2017	01/02/2018	2280	1,97
14	E2	202,1	102,5	54,3	06/12/2017	01/02/2018	2330	2,28
15	E3	203,1	103,2	58,1	06/12/2017	01/02/2018	2800	2,54
Nilai rata-rata								2,26
16	F1	203,1	101,7	60,4	06/12/2017	01/02/2018	2010	1,78
17	F2	202,8	101,4	60,7	06/12/2017	01/02/2018	2670	2,36
18	F3	203,9	100,5	61,1	06/12/2017	01/02/2018	2120	1,88
Nilai rata-rata								2,00

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md)

