

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA
SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN
TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN
PENYERAPAN AIR PADA *PAVING BLOCK*
(*THE EFFECT OF ADDING A GLASS POWDER AS A
PARTIAL CEMENT SUBSTITUTE TO COMPRESSIVE
STRENGTH, WEAR RESISTANCE, AND WATER
ABSORPTION OF PAVING BLOCK*)**

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



**M Ihsan Refandri
17511134**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR PADA *PAVING BLOCK* (*THE EFFECT OF ADDING A GLASS POWDER AS A PARTIAL CEMENT SUBSTITUTE TO COMPRESSIVE STRENGTH, WEAR RESISTANCE, AND WATER ABSORPTION OF PAVING BLOCK*)

Disusun oleh

M Ihsan Refandri
17511134

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

Diuji pada tanggal 26 Januari 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302

Penguji I 6/2 '23

Astriaana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji II

Jafar S.T., MURP., M.T
NIK: 185111405

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Yunalia Muntali, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 23 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



M Ihsan Refandri

(17511134)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.,

Alhamdulillah rabbi'alamin. Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas akhir merupakan salah satu syarat untuk menempuh derajat Sarjana Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Ibu Ir.Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng selaku ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Elvis Saputra,S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, serta masukan-masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I
4. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. selaku Dosen Penguji II
5. Kedua orang tua yang selalu mendoakan, mendidik dan selalu memotivasi dengan penuh kesabaran serta kasih sayang kepada penulis.
6. Adik saya Difa Rindang sebagai saudara kandung saya telah memberikan semangat selama saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Tessa Harianti Sidik yang selalu memberikan dukungan terhadap penulis.
8. Teman Kontrakan dan Kerabat saya, Rama, Bay, Mile, Rival, Frem, Tara, Iqron, Nyak, Ciko, Syauqi, Aufa, Niar. Dan teman-teman lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
9. Teman-teman penulis yang menemani selama perkuliahan di Teknik Sipil UII.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan kearah yang lebih baik. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan Ridha-Nya kepada kita semua.

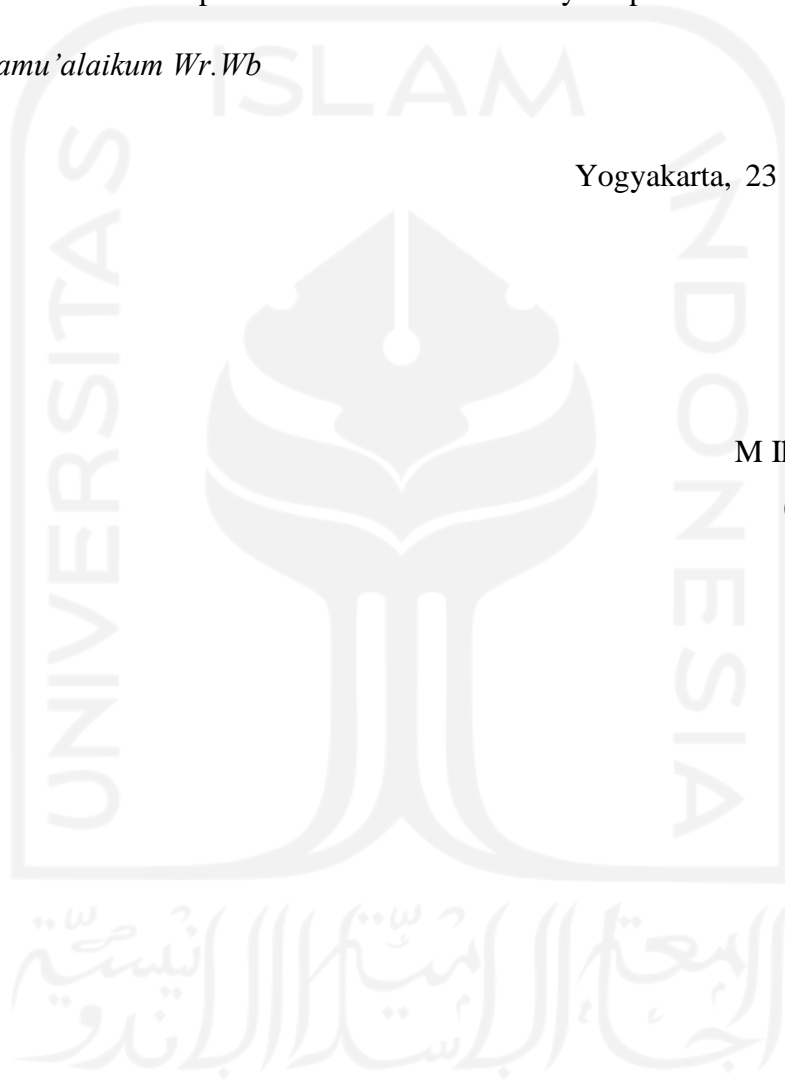
Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 23 Januari 2023

Penulis,

M Ihsan Refandri

(17511134)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 <i>Paving block</i>	13
3.2 Klasifikasi	14
3.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Mutu <i>Paving block</i>	14

3.2.2	Klasifikasi Berdasarkan Bentuk	15
3.3	Syarat Mutu <i>Paving block</i>	15
3.3.1	Sifat Tampak	15
3.3.2	Ukuran	15
3.3.3	Sifat Fisika	16
3.4	Bahan Penyusun <i>Paving block</i>	16
3.4.1	Semen <i>portland</i>	16
3.4.2	Agregat Halus	18
3.4.3	Air	19
3.4.4	Serbuk Kaca	20
3.5	Perawatan <i>Paving Block</i>	21
3.6	Pengujian <i>Paving block</i>	21
3.6.1	Uji Kuat Tekan	21
3.6.2	Uji Ketahanan Aus	22
3.6.3	Uji Penyerapan Air	23
BAB IV METODE PENELITIAN		24
4.1	Tinjauan Umum	24
4.2	Data Material	24
4.3	Bagan Alir Penelitian	26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		34
5.1	Deskripsi	34
5.2	Hasil Pengujian Bahan	34
5.2.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	34
5.2.2	Hasil Pengujian Serbuk Kaca	38
5.3	Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	39
5.3.1	Perhitungan Kebutuhan Agregat Halus	39
5.3.2	Perhitungan Kebutuhan Serbuk Kaca	40

5.3.3	Perhitungan Kebutuhan Semen	40
5.4	Hasil Pengujian Paving Block	41
5.4.1	Pengujian Kuat Tekan	41
5.4.2	Pengujian Ketahanan Aus	47
5.4.3	Pengujian Penyerapan Air	53
5.5	Keseluruhan Pembahasan	57
BAB VI Kesimpulan dan Saran		59
6.1	Kesimpulan	59
6.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		63



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Rincian Benda Uji	4
Tabel 1.2	Dimensi Benda Uji	4
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang dilakukan	9
Tabel 3.1	Syarat Fisika <i>Paving block</i>	16
Tabel 3.2	Kandungan Oksida Bahan Baku Semen <i>Portland</i>	17
Tabel 3.3	Unsur Penyusun Utama Semen <i>Portland</i>	17
Tabel 3.4	Batas Dari Gradasi Agregat Halus	19
Tabel 3.5	Kandungan Serbuk Kaca	20
Tabel 4.1	Data Material <i>Paving block</i>	24
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus	35
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	36
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	37
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Kandungan Lumpur	37
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Kaca	38
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Serbuk Kaca	39
Tabel 5.7	Komposisi Kebutuhan Campuran <i>Paving Block</i>	41
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%	42
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 5%	42
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 10%	43
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 15%	43
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 20%	44
Tabel 5.13	Penggolongan Mutu Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	46
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 0%	48

Tabel 5.15	Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 5%	48
Tabel 5.16	Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 10%	48
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 15%	49
Tabel 5.18	Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 20%	49
Tabel 5.19	Penggolongan Mutu Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	51
Tabel 5.20	Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 0%	53
Tabel 5.21	Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 5%	53
Tabel 5.22	Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 10%	54
Tabel 5.23	Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 15%	54
Tabel 5.24	Hasil Pengujian Penyerapan Air Variasi 20%	54
Tabel 5.25	Penggolongan Mutu Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Contoh <i>Paving block</i> Segi Empat	15
Gambar 3.2	Contoh <i>Paving block</i> Segi Banyak	15
Gambar 3.3	Sketsa Benda Uji Kuat Tekan	22
Gambar 3.4	Sketsa Benda Uji Ketahanan Aus	22
Gambar 3.5	Sketsa Benda Uji Penyerapan Air	23
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 5.1	Analisa Saringan Agregat Halus	36
Gambar 5.2	Grafik Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	45
Gambar 5.3	Grafik Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	50
Gambar 5.3	Grafik Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	55
Gambar 5.5	Grafik Plot Pengujian Kuat Tekan, Penyerapan Air, dan Ketahanan Aus	58
Gambar L-1.1	Saringan	64
Gambar L-1.2	Mesin Saringan	64
Gambar L-1.3	Timbangan Digital	65
Gambar L-1.4	Oven	65
Gambar L-1.5	Cetakan Benda Uji	66
Gambar L-1.6	Mesin Uji Kuat Tekan	66
Gambar L-1.7	Mesin <i>Mixing</i>	67
Gambar L-1.8	Mesin Uji Ketahanan Aus	67
Gambar L-2.1	Semen (Tiga Roda)	68
Gambar L-2.2	Agregat Halus (Merapi)	68
Gambar L-2.3	Serbuk Kaca 200 mess	69
Gambar L-2.4	Air	69
Gambar L-3.1	Perawatan Benda Uji	70
Gambar L-3.2	Pengeringan Benda Uji	70
Gambar L-3.3	Pemotongan Benda Uji	71
Gambar L-3.4	Pengujian Kuat Tekan	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Alat yang Digunakan	64
Lampiran 2	Gambar Bahan yang Digunakan	68
Lampiran 3	Gambar Pengujian yang Dilakukan	70
Lampiran 4	Hasil Pengujian	72
Lampiran 5	Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium	86
Lampiran 6	Surat Keterangan Bebas Plagiasi	87



ABSTRAK

Paving block atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan bata beton merupakan bahan bangunan pracetak yang dapat digunakan untuk halaman bangunan, taman, trotoar, hingga perkerasan jalan. SNI 03-0691-1996 dengan judul Bata Beton (*Paving block*) mendefinisikan *paving block* sebagai komposisi dari bahan bangunan yang terbuat dari agregat halus, air, dan semen *portland* baik tanpa bahan tambah atau serta bahan tambah dengan syarat mutu beton tidak berkurang. *Paving block* memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahan bangunan lain, yaitu *paving block* mudah dalam pengerjaan, pemasangan, pemeliharaan, biaya yang ekonomis, serta memiliki nilai estetika. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air sesuai dengan SNI 03-1691-1996.

Penelitian dimulai dari pembuatan *paving block* yang memiliki presentase variasi serbuk kaca sebagai pengganti Sebagian semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Setelah pembuatan, *paving block* melalui proses perawatan selama 28 hari dan dikeringkan suhu ruangan 1 hari. Setelah proses tersebut selesai, barulah *paving block* diuji sesuai dengan yang tertera pada SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai pengujian kuat tekan dan ketahanan aus yang paling tinggi mutunya pada variasi 10%, yang memiliki kuat tekan dan ketahanan aus sebesar 18,467 MPa dan 0,240 mm/menit. Dan pada penyerapan air paling tinggi mutunya pada variasi 20% sebesar 4,615%.

Kata Kunci : Serbuk Kaca, *Paving Block*, Pengujian *Paving Block*

ABSTRACT

Paving block or in Indonesian it is called concrete brick is a precast building material that can be used for building yards, parks, sidewalks, and road pavements. SNI 03-0691-1996 with the title Concrete Bricks (Paving blocks) defines paving blocks as a composition of building materials made of fine aggregate, water, and Portland cement either without added ingredients or with added ingredients provided that the quality of the concrete is not reduced. Paving blocks have advantages compared to other building materials, namely paving blocks are easy to work with, install, maintain, are economical in cost, and have aesthetic value. This study aims to determine the value of compressive strength, wear resistance and water absorption according to SNI 03-1691-1996.

The research started with the manufacture of paving blocks which had a variety of glass powder as a partial replacement for cement at 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. After manufacturing, the paving blocks go through a curing process for 28 days and are dried at room temperature for 1 day.

Based on the test results, the highest quality test values for compressive strength and wear resistance were at 10% variation, which had compressive strength and wear resistance of 18.467 MPa and 0.240 mm/min. And the highest quality water absorption at 20% variation of 4.615%.

Keywords: *Glass Powder, Paving Block, Paving Block Testing*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paving block atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan bata beton merupakan bahan bangunan pracetak yang dapat digunakan untuk halaman bangunan, taman, trotoar, hingga perkerasan jalan. SNI 03-0691-1996 dengan judul Bata Beton (*Paving block*) mendefinisikan *paving block* sebagai komposisi dari bahan bangunan yang terbuat dari agregat halus, air, dan semen *portland* baik tanpa bahan tambah atau serta bahan tambah dengan syarat mutu beton tidak terkurangi.

Paving block memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahan bangunan lain, yaitu *paving block* mudah dalam pengerjaan, pemasangan, pemeliharaan, biaya yang ekonomis, serta memiliki nilai estetika. Seiring dengan berkembangnya teknologi, tuntutan untuk membuat suatu bahan bangunan dengan mutu tinggi semakin melonjak, salah satunya *paving block*. Kreatifitas dan inovasi sangat diperlukan dalam upaya menciptakan alternatif yang inovatif. Salah satunya dengan dilakukannya penelitian untuk mendapatkan kualitas *paving block* dengan mutu tinggi yaitu dimana *paving block* tidak retak, tidak terkikis, atau tidak hancur ketika beban berupa kendaraan yang dimensi dan jumlahnya semakin meningkat.

Penambahan bahan tambah sebagai campuran dari *paving block* diharapkan dapat meningkatkan performa dari *paving block* itu sendiri. Serbuk kaca merupakan salah satu bahan tambah pada *paving block* yang bertujuan sebagai mensubstitusi parsial semen *portland* karena kaca adalah bahan amorf yang dibuat oleh silika kering dengan oksida dasar, tidak porous serta bersifat pozzolanic. Kandungan zat dalam serbuk kaca memiliki beberapa unsur penyusun yang hampir sama dengan kandungan semen. Dalam serbuk kaca terkandung $\text{SiO}_2(61,72\%)$, $\text{Al}_2\text{O}_3(3,45\%)$, $\text{Fe}_2\text{O}_3(0,18\%)$ dan $\text{CaO}(2,59\%)$ sedangkan pada semen terkandung $\text{CaO}(60-67\%)$, $\text{SiO}_2(17-25\%)$, $\text{Al}_2\text{O}_3(0,3-0,8\%)$, $\text{MgO}(0,3-0,8\%)$ dan $\text{SO}_3(0,3-0,8\%)$ (Purnomo, dkk 2014), maka serbuk kaca berkemungkinan dapat digunakan sebagai bahan sebagian pengganti semen.

Selain karena sebagian besar material penyusun kaca sama dengan material penyusun semen, serbuk kaca dipilih dengan alasan untuk mengurangi limbah kaca yang menumpuk. Menteri Lingkungan dan Kehutanan (LHK) pada tahun 2020 mengungkapkan bahwasannya sampah yang dihasilkan di Indonesia mencapai angka 67,8 juta ton dan sebanyak 0,7 juta ton merupakan limbah kaca. Selain itu, butuh sekitar 1.000.000 tahun untuk menguraikan limbah kaca

Berdasarkan paparan uraian di atas, tujuan penelitian ini melakukan uji laboratorium terhadap kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air pada *paving block* dengan menambahkan bahan tambah berupa serbuk kaca halus bahan botol kaca

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka didapatkan rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap kuat tekan *paving block*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap ketahanan aus *paving block*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap penyerapan air *paving block*?
4. Berapa persen komposisi terbaik dari campuran serbuk kaca halus bahan botol kaca untuk menghasilkan *paving block* dengan mutu paling tinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap kuat tekan *paving block*.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap tingkat keausan *paving block*.

3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap tingkat penyerapan air *paving block*.
4. Untuk mengetahui pengaruh persentase campuran serbuk kaca halus bahan botol kaca yang optimum pada *paving block*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai salah satu upaya dalam menciptakan *paving block* dengan mutu tinggi.
2. Sebagai salah satu upaya inovasi dalam substitusi serbuk kaca halus bahan botol kaca sebagai pengganti parsial semen *portland*.
3. Diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan limbah kaca.
4. Diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu referensi pada penelitian penambahan bahan tambah selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi Universitas Islam Indonesia (UII).
2. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan, keausan, dan daya serap air *paving block*.
3. Bahan tambah yang digunakan berupa serbuk kaca halus bahan botol kaca bening.
4. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC dari PT. Semen Tiga Roda.
5. Agregat halus yang digunakan berasal dari Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan 10 mm.
6. Air yang digunakan berasal dari kran di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
7. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

8. Jumlah benda uji sebanyak 100 buah, dengan rincian pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Rincian Benda Uji

Persentase serbuk kaca (%)	Jumlah Sampel		
	Kuat Tekan (buah)	Keausan (buah)	Daya Serap Air (buah)
0 %	10	5	5
5%	10	5	5
10%	10	5	5
15%	10	5	5
20%	10	5	5
Total	50	25	25
	100		

9. Benda uji berbentuk kubus dan balok dengan rincian dimensi pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Dimensi Benda Uji

Jenis Pengujian		
Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
6 cm x 6 cm x 6 cm	5 cm x 5 cm x 2 cm	20 cm x 10 cm x 6 cm

10. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam *paving block*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Seiring dengan berjalannya waktu, jumlah kendaraan yang melintasi suatu pemukiman dan jumlah kendaraan yang terparkir semakin banyak. Selain itu, dimensi kendaraanpun bertambah besar. Hal ini membuat *paving block* dituntut untuk meningkatkan mutu. SNI 03-0691-1996 yang berjudul Bata Beton (*Paving block*) mengatur tentang kualitas *paving block* serta tata cara untuk menguji mutu dari *paving block* itu sendiri.

Penelitian kali ini mencoba untuk mengembangkan mutu dan kualitas dari *paving block* dengan cara menambahkan serbuk kaca sebagai pengganti parsial dari semen *portland* yang mana standar pengujian mutu tetap berpedoman pada SNI 03-0691-1996. Pengujian ini diharapkan dapat meningkatkan mutu beton sehingga dapat menunjang kebutuhan akan kualitas *paving block*.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, penulis menyertakan penelitian terdahulu dan relevan dengan penelitian yang sedang penulis lakukan. Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan referensi, informasi, acuan maupun sebagai bahan perbandingan penelitian. Penelitian-penelitian sejenis yang sudah dilakukan antara lain sebagai berikut.

1. Pengaruh Penggunaan Bahan Pengganti Abu Batu pada *Paving Block*

Basuki, dkk. (2019) dalam penelitiannya melakukan studi eksperimen yaitu menambahkan abu gosok dalam campuran paving block yang kemudian diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Persentase penambahan abu gosok pada pembuatan paving block adalah sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%. Hasilnya adalah kuat tekan yang dihasilkan oleh penambahan abu gosok pada campuran paving block dengan persentase 0% sebesar 12,35 MPa, 5% sebesar 11,95 MPa, 10% sebesar 13 MPa, dan 15% sebesar 11,26 MPa. Dimana dapat 6

diartikan bahwa penambahan abu gosok ke dalam campuran paving block mengalami penambahan nilai kuat tekagan pada persentase 10% dan mengalami penurunan pada persentase penambahan abu gosok sebesar 5% dan 15%.Pemanfaatan Limbah Genteng Beton pada *Paving block*

2. Pratiko & Ginanjar (2019) menggunakan limbah genteng yang terbuat dari beton sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block* dengan tujuan guna memperoleh mutu dari *paving block* sesuai dengan standar dan memanfaatkan limbah genteng beton secara optimal. Pengujian dilakukan dengan variasi limbah genteng sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% pada umur benda uji 7 (tujuh) hari. Hasilnya kuat tekan yang di dapatkan adalah senilai 52,59 MPa untuk variasi 0%, 44,949 MPa untuk variasi 10%, 40,942 MPa untuk variasi 20%, 40,685 MPa untuk variasi 30%, dan 26 MPa untuk variasi 40%.
3. *Papblock : Paving block Dengan Bahan Tambah Limbah Kertas*
Syifa, dkk (2019) dalam penelitiannya menambahkan limbah kertas sebagai bahan campuran pembuatan *paving block* dengan tujuan untuk mengurangi limbah kertas. Persentase variasi limbah kertas yang digunakan adalah sebesar 0%, 5%, 9%, 15% dari berat pasir. Pengujian dilakukan setelah umur benda uji 28 hari. Hasil dari penelitian ini adalah *paving block* dengan variasi 0% memiliki kuat tekan sebesar 18,16 MPa, variasi 5% sebesar 8,768 MPa, variasi 9% sebesar 5,533 MPa, dan variasi 15% sebesar 5,977 MPa.
4. *Kualitas Paving block dengan Menggunakan Limbah Plastik Polypropylene Terhadap Kuat Tekan*
Zulfi, dkk. (2021) pada penelitiannya menggunakan limbah plastik berjenis *polypropylene* sebagai bahan tambah pembuatan *paving block* dengan tujuan mendaur ulang limbah plastik sekaligus mencoba untuk menggantikan sebagian semen dalam pembuatan *paving block* dengan plastik *polypropylenese* sebagai bahan ikat. Pengujian dilakukan dengan variasi perbandingan antara *polypropylene* : agregat halus sebesar 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, 50%:50%, 40%:60%, 30%:70%, 20%:80%, dan 10%:90%. Pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari.

Hasil kuat tekan dari *paving block* dengan bahan tambah plastik *polypropylene* adalah seperti untuk variasi 100%:0% sebesar 9,01 MPa, 90%:10% sebesar 3,55 MPa, 80%:20% sebesar 6,97 MPa, 70%:30% sebesar 4,67 MPa, 60%:40% sebesar 5,79 MPa, 50%:50% sebesar 11,31 MPa, 40%:60% sebesar 10,16 MPa, 30%:70% sebesar 16,11 MPa, 20%:80% sebesar 13,95 MPa, dan 10%:90% sebesar 11,98 MPa.

5. Kekuatan *Paving block* Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur Wahyuningtias & Khatulistiani (2021) dalam penelitiannya menambahkan abu sekam padi dan juga kapur sebagai bahan tambah pada campuran *paving block*. Abu sekam padi dan juga kapur digunakan sebagai bahan pengganti semen. Variasi penambahan abu sekam padi dan kapur dibagi menjadi 2 tipe, yaitu tipe 1 menggunakan abu sekam padi sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap berat semen, sedangkan tipe 2 menggunakan abu sekam padi sebesar 10% dan 20% dengan ditambah kapur sebesar 2,5%. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan dengan umur benda uji 7, 14, dan 28 hari.

Hasilnya kuat tekan yang dihasilkan tipe 1 untuk benda uji umur 7 hari dengan persentase 0% sebesar 27,16 MPa, 10% sebesar 27,28 MPa dan 20% sebesar 27,19 MPa; umur 14 hari dengan persentase 0% sebesar 27,3 MPa, 10% sebesar 27,3 MPa dan 20% sebesar 27,3 MPa; dan umur 28 hari dengan persentase 0% sebesar 27,3 MPa, 10% sebesar 27,6 MPa dan 20% sebesar 27,4 MPa. Sedangkan untuk tipe 2 benda uji umur 7 hari dengan persentase 0% sebesar 27,16 MPa, 10% sebesar 22,25 MPa dan 20% sebesar 21,17 MPa; umur 14 hari dengan persentase 0% sebesar 27,3 MPa, 10% sebesar 23,9 MPa dan 20% sebesar 21,5 MPa; dan umur 28 hari dengan persentase 0% sebesar 27,3 MPa, 10% sebesar 24,2 MPa dan 20% sebesar 21,8 MPa.

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian pada tugas akhir ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yaitu penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian tersebut. Penelitian yang dilakukan penulis adalah melakukan studi eksperimental menggunakan serbuk kaca sebagai bahan tambah campuran bahan pembuat *paving block* dengan variasi persentase penambahan sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Adapun beberapa tinjauan pustaka yang diperoleh dari penelitian terdahulu dapat disimpulkan pada Tabel 2.1 berikut.



Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Nama	Basuki, dkk.	Pratiko & Ginanjar	Syifa, dkk.	Zulfi, dkk.	Wahyuningtias & Khatulistiani	Refandri
Tahun	(2019)	(2019)	(2019)	(2021)	(2021)	(2023)
Judul Penelitian	<i>Paving block Berbasis Abu Gosok</i>	Pemanfaatan Limbah Genteng Beton pada <i>Paving block</i>	<i>Papblock : Paving block</i> Dengan Bahan Tambah Limbah Kertas	Kualitas <i>Paving block</i> dengan Menggunakan Limbah Plastik <i>Polypropylene</i> Terhadap Kuat Tekan	Kekuatan <i>Paving block</i> Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur	Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Terhadap <i>Paving Block</i> Sebagai Substitusi Semen

Sumber : Basuki, dkk. (2019), Pratiko & Ginanjar (2019), Syifa, dkk. (2019), Zulfi, dkk. (2021), Wahyuningtias & Khatulistiani (2021), Refandri, I (2023).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Nama	Basuki, dkk.	Pratiko & Ginanjar	Syifa, dkk.	Zulfi, dkk.	Wahyuningtias & Khatulistiani	Refandri
Tahun	(2019)	(2019)	(2019)	(2021)	(2021)	(2023)
Tujuan Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui kandungan dalam abu gosok yang dapat digunakan untuk meminimalisir pencampuran abu gosok Mengetahui campuran – campuran yang baik dalam pembuatan abu gosok 	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui kandungan maksimum penambahan limbah genteng Mengetahui pemanfaatan limbah genteng 	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui analisis pemanfaatan kertas sebagai bahan tambah pembuatan paving 	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui nilai rata-rata kuat tekan paving block dengan substitusi agregat halus menggunakan cacahan plastik jenis PP (Polypropylene) 	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui nilai kuat tekan yang dihasilkan paving block dengan menggunakan campuran bahan antara semen 1 : 3 dengan variasi komposisi abu sekam padi sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap berat semen 	<ol style="list-style-type: none"> Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap kuat tekan <i>paving block</i>. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap

Sumber : Basuki, dkk. (2019), Pratiko & Ginanjar (2019), Syifa, dkk. (2019), Zulfi, dkk. (2021), Wahyuningtias & Khatulistiani (2021), Refandri, I (2023).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Nama	Basuki, dkk.	Pratiko & Ginanjar	Syifa, dkk.	Zulfi, dkk.	Wahyuningtias & Khatulistiani	Refandri
Tahun	(2019)	(2019)	(2019)	(2021)	(2021)	(2023)
Tujuan Penelitian	3. Mengetahui kuat tekan <i>paving block</i> yang menggunakan campuran abu gosok			3. Mengetahui nilai persentase daya serap air <i>paving block</i> dengan substitusi agregat halus menggunakan cacahan plastik jenis PP (Polypropylene)	dan kapur sebesar 2,5% terhadap berat semen 2. Untuk mengetahui persentase porositas <i>paving block</i> dengan campuran substitusi semen menggunakan abu sekam padi sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap	tingkat keausan <i>paving block</i> . 1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca halus bahan botol kaca terhadap tingkat penyerapan air <i>paving block</i> . 2. Untuk mengetahui pengaruh persentase

Sumber : Basuki, dkk. (2019), Pratiko & Ginanjar (2019), Syifa, dkk. (2019), Zulfi, dkk. (2021), Wahyuningtias & Khatulistiani (2021), Refandri, I (2023).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Nama	Basuki, dkk.	Pratiko & Ginanjar	Syifa, dkk.	Zulfi, dkk.	Wahyuningtias & Khatulistiani	Refandri
Tahun	(2019)	(2019)	(2019)	(2021)	(2021)	(2023)
Tujuan Penelitian					berat semen dan kapur sebesar 2,5% terhadap berat semen.	campuran serbuk kaca halus bahan botol yang optimum pada <i>paving block</i> .

Sumber : Basuki, dkk. (2019), Pratiko & Ginanjar (2019), Syifa, dkk. (2019), Zulfi, dkk. (2021), Wahyuningtias & Khatulistiani (2021), Refandri, I (2023).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Paving block*

Sejarah dari *paving block* di Indonesia bermula ketika bangsa Eropa mempergunakan *paving block* dikisaran tahun 1950 (Van der Vlist, 1980). Kemudian digunakan oleh bangsa Indonesia pada tahun 1977 sebagai perkerasan untuk trotoar di Jalan Thamrin dan juga Terminal Bus Pulo Gadung, Jakarta. Semenjak itu *paving block* mulai banyak dipergunakan mulai dari pelataran gedung hingga perkerasan jalan pada daerah tertentu. Namun, seiring dengan berkembangnya zaman, *paving block* mulai digunakan dalam trial section yang dilalui oleh lalu lintas yang berat (Basuki dkk, 2019).

Basuki, dkk. (2019) mendefinisikan *paving block* sebagai komposisi bahan bangunan dengan fungsi sebagai penutup permukaan tanah seperti perkerasan jalan dengan kelas ringan, sementara Wintoko (2007) menyatakan dalam penelitiannya bahwa *paving block* sudah digunakan dalam perkerasan lahan terminal peti kemas di pelabuhan, yang mana kendaraan yang lewat di atasnya adalah kendaraan berat.

Paving block memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai bahan bangunan, kelebihan dan kekurangan *paving block* dijabarkan sebagai berikut :

1. Kelebihan *paving block*
 - Harga *paving block* relatif murah dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya
 - Tahan karat
 - Tahan api
 - Tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan
 - Mudah dicetak
 - Mudah bongkar pasang
 - Perawatan mudah
 - Memiliki nilai estetika yang tinggi

2. Kekurangan *paving block*

- Bersifat getas
- Kuat lentur rendah
- Mudah retak
- Mudah hancur

Diantara kelebihan dan kekurangan tersebut, terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kualitas dari *paving block* itu sendiri. Berikut merupakan komponen yang memengaruhi kualitas dari *paving block* :

1. Kualitas semen
2. Banyak air dan kebersihan air
3. Kebersihan dan kekuatan dari agregat
4. Teknik pencampuran bahan-bahan
5. Perawatan

3.2 Klasifikasi

Klasifikasi *paving block* dibagi menjadi beberapa bagian. Klasifikasi *paving block* dapat dijabarkan sebagai berikut :

3.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Mutu *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving block*), klasifikasi terhadap mutu dibagi menjadi 4 (empat), yaitu :

1. Mutu A : Perkerasan jalan
2. Mutu B : Parkiran
3. Mutu C : Pejalan kaki
4. Mutu D : Taman dan penggunaan lain

3.2.2 Klasifikasi berdasarkan bentuk

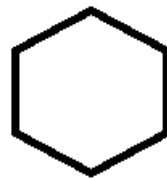
Bentuk dari *paving block* dapat di klasifikasikan dalam 2 (dua) macam, yaitu :

1. Segi 4 (empat)



Gambar 3.1 Contoh *Paving block* Segi 4

2. Segi banyak



Gambar 3.2 Contoh *Paving block* Segi Banyak

3.3 Syarat Mutu *Paving block*

Syarat dari mutu *paving block* yang baik, tercantum dalam peraturan SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving block*). *Paving block* yang digunakan harus memenuhi syarat mutu sebagai berikut :

3.3.1 Sifat Tampak

Sifat tampak diartikan sebagai sifat yang dapat terlihat oleh mata telanjang. Syarat sifat tampak dari *paving block* meliputi permukaan *paving block* yang rata (tidak bergelombang), tidak cacat, tidak retak, dan tidak terkikis jika dirapihkan menggunakan jari tangan.

3.3.2 Ukuran

Ukuran ketebalan minimum dari *paving block* sebesar 60 mm dengan batas toleransi $\pm 8\%$.

3.3.3 Sifat Fisika

Paving block harus memenuhi syarat sifat fisika seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Syarat Fisika *Paving block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maks
	Rata-Rata	Min.	Rata-Rata	Maks.	%
A	40	35	0,90	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

3.4 Bahan Penyusun *Paving block*

Paving block terbentuk atas berbagai macam material bahan penyusun yang dapat membuat *paving block* menjadi sebuah bahan bangunan komposit. Berikut merupakan material-material penyusun *paving block*:

3.4.1 Semen *Portland*

Semen *portland* merupakan material yang bersifat dapat mengeras bila dicampur dengan air karena adanya suatu reaksi kimia (hidrolis). Semen berfungsi sebagai bahan pengikat pada material beton dan mengisi rongga antar agregat sehingga didapatkan benda yang padat, keras, dan kompak.

Semen *portland* terbentuk dari *clinker* (klingker) yang digiling halus, utamanya terdiri dari silikat-silikat kalsium dan dicampur dengan gips atau boleh ditambah dengan bahan tambah yang lain. Kandungan oksida bahan baku semen hidrolis dan unsur penyusun utama semen *portland* dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 secara berurutan.

Tabel 3.2 Kandungan Oksida Bahan Baku Semen *Portland*

Oksida	Persentase Kandungan (%)
Kalsium (CaO)	60 – 65
Silikon (SiO ₂)	7 – 25
Aluminium (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Ferik (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 0,6
Magnesium (MgO)	0,5 – 0,4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Sodium (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 - 1

Sumber : Tjokrodimulyo (2007)

Tabel 3.3 Unsur Penyusun Utama Semen *Portland*

Nama Unsur	Komposisi Oksida	Simbol
<i>Tricalcium Silicate</i>	3CaO.SiO ₂	C ₃ S
<i>Dicalcium Silicate</i>	2CaO.SiO ₂	C ₂ S
<i>Tricalcium Aluminate</i>	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
<i>Tetracalcium Aluminoferrite</i>	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Sumber : Tjokrodimulyo (2007)

Menurut SNI 15-2049-2004 dan *American Society for Testing and Material* (ASTM) C-150, semen *portland* dibagi menjadi 5 (lima) tipe berdasarkan kegunaan dan sifat pemakaiannya, yaitu :

1. Tipe I (untuk keperluan umum)
Digunakan pada air dan tanah yang mengandung 0,01%-0,10% sulfat. Dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak memerlukan adanya persyaratan khusus untuk panas hidrasi dan kekuatan tekan awal (konstruksi umum) seperti *paving block*, perumahan, gedung, gudang, dan lain sebagainya.
2. Tipe II (untuk konstruksi dengan ketahanan sulfat sedang)
Digunakan pada air dan tanah yang mengandung 0,10%-0,20% sulfat serta panas hidrasi yang rendah. Dapat digunakan untuk konstruksi yang

membutuhkan massa beton tebal dan ketahanan sulfat seperti saluran irigasi, bekas rawa, bangunan yang berada di pinggir laut, dan dam.

3. Tipe III (untuk konstruksi dengan kekuatan awal tinggi)
Penggunaan semen *portland* dengan kekuatan awal yang tinggi (cepat mengeras) digunakan untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kuat tekan awal tinggi pada fase awal setelah terjadinya pengikatan. Kuat tekan yang dapat dicapai oleh beton yang menggunakan semen *portland* tipe III selama 24 jam akan sama hasilnya dengan kuat tekan beton dari semen biasa selama 7 hari. Semen *portland* tipe ini dapat digunakan pada bangunan-bangunan yang terletak di dalam air yang tidak memiliki kandungan sulfat yang tinggi, bangunan tingkat tinggi, dan pembuat jalan dari beton.
4. Tipe IV (untuk konstruksi dengan panas hidrasi rendah)
Tipe ini dalam penggunaannya memiliki panas hidrasi yang rendah dan biasanya digunakan untuk pekerjaan pengecoran dengan volume yang besar.
5. Tipe V (untuk konstruksi dengan ketahanan sulfat tinggi)
Digunakan pada air dan tanah yang mengandung lebih dari 0,20% kadar sulfat. Dapat digunakan pada konstruksi instalasi limbah dari limbah pabrik dan pembangkit tenaga nuklir.

3.4.2 Agregat Halus

Agregat sebagai butiran material granular alami yang terbentuk dari mineral misalnya batu pecah, kerikil, pasir, dan kerak tungku besi yang digunakan secara bersama dengan media pengikat guna membentuk beton. Porsi agregat pada *paving block* sekitar 60%-70% dari total volume. Oleh karena sebagian besar volume berisi agregat, maka sangat penting untuk memilih agregat dengan mutu dan kualitas yang baik. Ukuran dari agregat yang digunakan dalam campuran *paving block* ialah agregat halus.

Fine Agregat atau biasa disebut agregat halus adalah agregat yang terbuat dari penghancuran agregat kasar atau murni dari alam. Syarat dari agregat halus adalah sebagai berikut ini :

1. Butiran harus keras dan tajam, tidak mudah hancur ataupun pecah oleh pengaruh cuaca,

2. Jumlah lumpur yang terkandung tidak boleh lebih dari 5% dari berat agregat kering,
3. Bersifat kekal, bila diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12%, dan bila diuji menggunakan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimal 10%.
4. Bahan organik yang terkandung tidak boleh terlalu banyak, dapat diuji dengan pengujian *Abrams Harder*.
5. Pasir laut tidak diperkenankan digunakan sebagai agregat halus, kecuali terdapat petunjuk dari lembaga pemeriksaan yang diakui, dan Batas persentase gradasi lolos dari agregat halus ditampilkan dalam Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.4 Batas dari Gradasi Agregat Halus

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

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.4.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan konstruksi bangunan khususnya pembuatan paving block. Air berfungsi sebagai pelarut semen sehingga membentuk pasta dan mengikat seluruh agregat yang berukuran besar hingga kecil. Dalam pembuatan paving block apabila air yang digunakan berlebihan maka mengakibatkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang digunakan terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Syarat air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut (SNI 03-6861.1-2002) :

1. Bersih, tidak mengandung benda terapung yang yang terlihat secara visual (minyak, lumpur, dan lain sebagainya),
2. Tidak mengandung benda yang tersuspensi > 2 gr/lt,
3. Tidak mengandung garam yang larut dan dapat merusak beton,
4. Tidak mengandung kandungan klorida $> 0,50$ gr/lt,
5. Tidak mengandung senyawa sulfat > 1 gr/lt, dan
6. Penurunan kekuatan beton tidak lebih dari 10%.

3.4.4 Serbuk Kaca

Indrawan dan Hastuty (2016) dalam penelitiannya mendefinisikan kaca sebagai hasil produksi dari industri kimia dengan menggabungkan berbagai oksida anorganik yang didapat dari dekomposisi serta peleburan senyawa alkali tanah, alkali, pasir, dan bahan penyusun lainnya. Kaca dianggap sebagai limbah dari berbagai kegiatan industri yang tidak dapat terurai. Namun limbah kaca dapat dimanfaatkan dalam bidang konstruksi salah satunya dengan menjadikan kaca menjadi serbuk kaca. Serbuk kaca dapat bermanfaat sebagai bahan bangunan karena kaca memiliki ketahanan terhadap zat kimia dan juga cuaca (Andilolo, dkk 2019). Kandungan pada serbuk kaca dapat dilihat dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Kandungan Serbuk Kaca

Unsur	Serbuk Kaca
SiO ₂	61,72%
Al ₂ O ₃	3,45%
Fe ₂ O ₃	0,18%
CaO	2,59%

Sumber : Purnomo, dkk. (2014)

Serbuk kaca memiliki keunggulan sebagai bahan bangunan dibandingkan dengan bahan pengisi lainnya, yaitu :

1. Tidak menyerap air.
2. Tahan abrasi.

3. Memiliki sifat pozzoland yang dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan filler.

Selain memiliki keunggulan, serbuk kaca juga mempunyai kelemahan sebagai bahan substitusi parsial dari semen. Terdapat indikasi akan terjadinya pengembangan terhadap volume dari *paving block* dikarenakan unsur utama kaca adalah silika. *Alkali Silica Reaction* (ASR) adalah reaksi yang terjadi antara kaca dengan semen. Hasil dari reaksi tersebut adalah gel, yang mana dapat menyerap air sehingga menyebabkan terjadinya pengembangan volume. Jika ASR terjadi, maka akan menyebabkan microcracking, pengembangan, dan pada akhirnya menimbulkan penurunan kekuatan beton setelah jangka waktu yang lama (Herbudiman, dkk, 2011).

Kaca dapat diklasifikasikan berdasarkan warna, yang secara garis besar dibagi menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Tidak berwarna (bening), digunakan untuk peralatan rumah tangga
2. Hijau, digunakan untuk botol minuman
3. Coklat, digunakan untuk botol minuman ringan.

3.5 Perawatan *Paving block*

Perawatan benda uji diperlukan agar permukaan dari benda uji selalu lembab guna menjamin proses hidrasi semen berlangsung secara sempurna. Benda uji pada umur satu hari dikeluarkan dari cetakan kemudian di rendam hingga umur rencana.

3.6 Pengujian *Paving block*

Pengujian *paving block* dilakukan dengan tujuan agar *paving block* yang dihasilkan dapat sesuai dengan mutu dan kualitas yang baik sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving block*). Pengujian pada *paving block* yang akan dilakukan meliputi :

3.6.1 Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan guna mengetahui beban maksimum yang mampu di tahan oleh benda uji. Kuat tekan pada *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1) berikut.

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

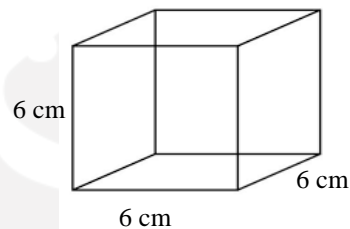
dengan:

σ = kuat tekan (N/mm²),

P = beban Tekan (N), dan

A = luas Bidang Tekan (mm²).

Uji kuat tekan dilakukan menggunakan benda uji dengan dimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm. Benda uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Sketsa Benda Uji Kuat Tekan

3.6.2 Uji Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan terhadap aus dapat diartikan sebagai terkikisnya lapisan permukaan benda uji akibat adanya gesekan. Uji ketahanan aus pada *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2) berikut.

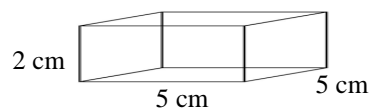
$$D = 1,2 G + 0,0246 \quad (3.2)$$

dengan:

D = keausan (mm/menit) dan

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

Uji ketahanan aus dilakukan menggunakan benda uji dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 2 cm. Benda uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Sketsa Benda Uji Ketahanan Aus

3.6.3 Uji penyerapan air

Pengujian penyerapan air pada *paving block* bertujuan guna mengetahui persentase air yang dapat diserap oleh *paving block*. Uji penyerapan air pada *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.3) berikut.

$$DSA = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.3)$$

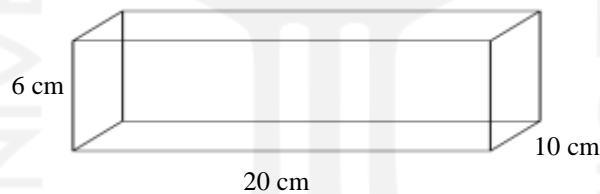
dengan :

DSA = Penyerapan Air (%)

A = Berat *Paving block* Basah (gram)

B = Berat *Paving block* Kering (gram)

Uji penyerapan air dilakukan menggunakan benda uji dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm. Benda uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Sketsa Benda Uji Penyerapan Air

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Guna mengetahui pengaruh dan persentase optimum dari penambahan serbuk kaca terhadap kuat tekan, keausan, dan ketahanan penyerapan air, diperlukan sebuah studi eksperimental, dengan melakukan percobaan di laboratorium. Bab ini akan menjelaskan proses dan tahapan dalam melakukan studi eksperimental dalam penambahan serbuk kaca pada campuran *paving block*.

4.2 Data Material *Paving Block*

Material penyusun *paving Block* memiliki peranan yang penting dalam menentukan hasil daripada kuat tekan. Maka dari itu, disajikan data material penyusun *paving block* untuk studi eksperimental dalam tabel 4.1 sebagai berikut :

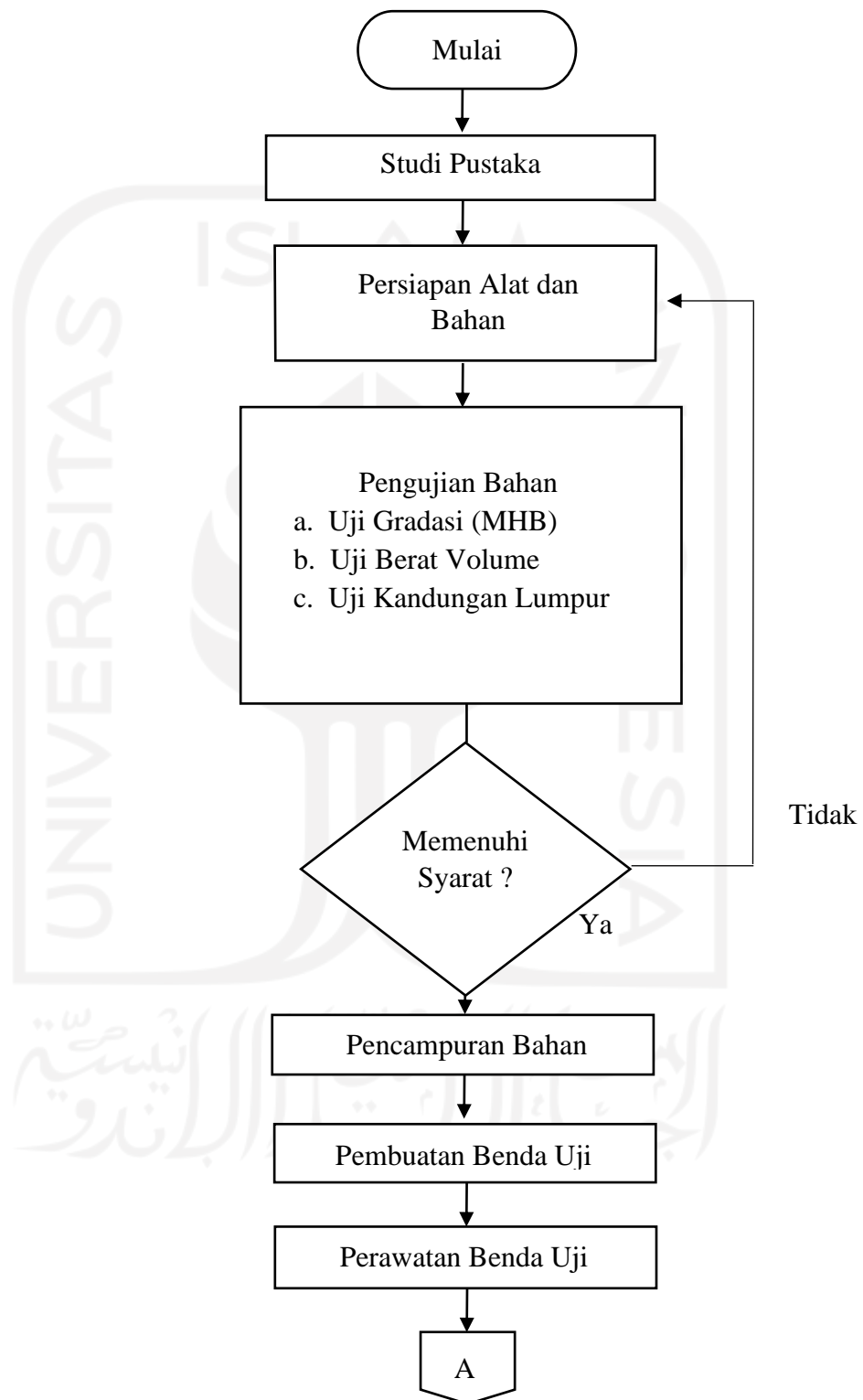
Tabel 4.1 Data Material *Paving Block*

Material	Keterangan
Jenis Bahan Tambah	Serbuk Kaca Halus Bahan Botol
Variasi Dosis Bahan Tambah (%)	0, 5, 10, 15, dan 20 dari berat semen
Banyak Sampel	Kuat Tekan 10 buah tiap variasi Ketahanan Aus 5 buah tiap variasi Penyerapan Air 5 buah tiap variasi
Umur Pengujian	28 hari
Semen <i>Portland</i>	PCC PT. Semen Tiga Roda

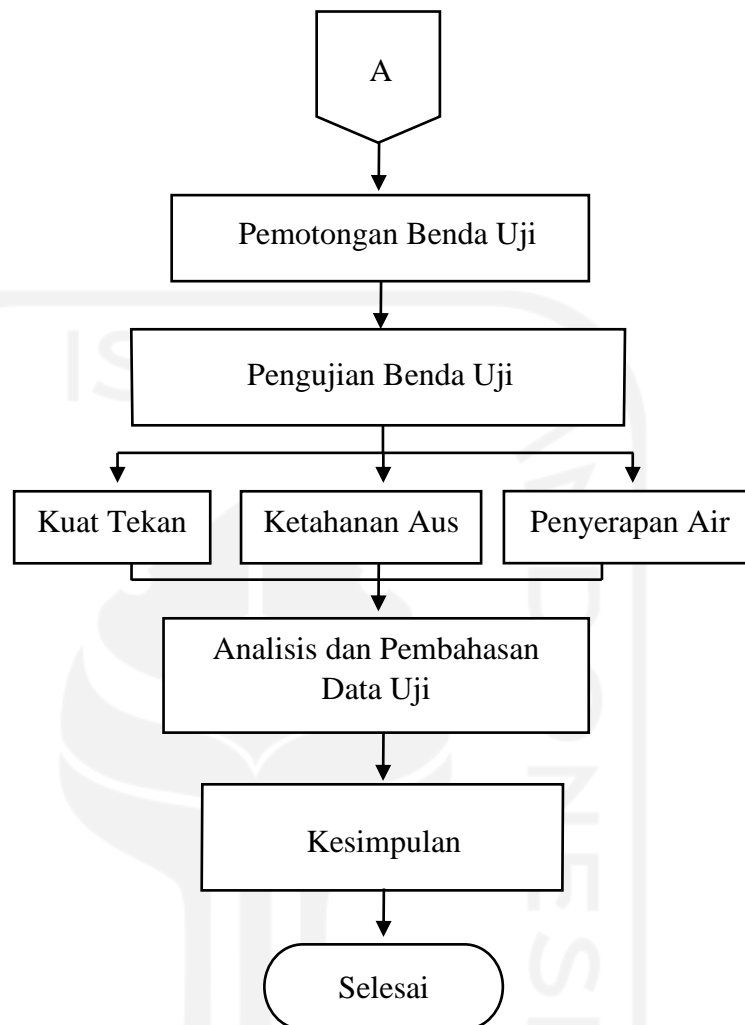
Lanjutan Tabel 4.1 Data Material *Paving Block*

Material	Keterangan
Dimensi Benda Uji (cm)	Kuat Tekan : 6 x 6 x 6 Ketahanan Aus : 5 x 5 x 2 Penyerapan Air : 20 x 10 x 6
Agregat Halus	Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan 10 mm
Air	Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

4.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.1 Lanjutan Bagan Alir Penelitian

Tahapan dari studi eksperimental dengan melakukan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan sebelum memulai seluruh tahapan dalam studi eksperimental ini. Studi pustaka dimaksudkan untuk lebih menggali teori dasar dan juga konsep yang ditemukan oleh peneliti terdahulu, serta dapat mengikuti perkembangan dari bidang yang akan diteliti, sehingga penelitian yang

dilakukan bersifat akurat dan dapat dipastikan bahwa tidak ada penelitian serupa yang telah dilakukan.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan adalah tahapan awal dari dimulainya proses studi ekseperimental di laboratorium. Alat dan bahan yang memadai akan mendukung kualitas dari penelitian yang akan di lakukan. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini.

a. Alat

- Alat tulis
Berfungsi sebagai alat untuk mencatat data hasil uji.
- Oven listrik
Berfungsi untuk menghilangkan kadar air pada benda uji.
- Mesin Gerinda
Berfungsi sebagai memotong *paving block*.
- Mesin *press paving block*
Berfungsi sebagai alat pencetak *paving block* berbentuk persegi panjang dimensi 20 mm x 10 mm x 6 mm
- Tongkat penumbuk
Berfungsi sebagai alat untuk menumbuk pasir guna menghitung berat isi pasir. Tongkat penumbuk berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm.
- Ayakan
Berfungsi untuk memilih material disesuaikan dengan gradasinya.
- Mesin *Mixer*
Berfungsi untuk mencampur material penyusun *paving block*.
- Mesin Uji Kuat Tekan
Berfungsi sebagai alat untuk menguji kuat tekan benda uji.
- Mesin ketahanan aus
Berfungsi sebagai alat untuk menguji ketahanan aus benda uji.
- Sendok semen

Berfungsi untuk mengambil, menuang, memindahkan, dan mengaduk bahan penyusun dari *paving block*.

- Mesin *Press paving block*

Berfungsi sebagai mencetak dan proses pemadatan *paving block*.

- *Pan*

Berfungsi sebagai tempat untuk menaruh bahan uji (agregat halus) dalam mencari kadar air.

- Timbangan

Berfungsi untuk menimbang bahan, benda uji dan alat penunjang lainnya.

b. Bahan

- Semen *portland* merk PT. Tiga Roda
- Air yang berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
- Agregat halus berasal dari Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan 10 mm
- Serbuk kaca halus bahan botol

3. Pengujian bahan

Pengujian bahan terdiri dari pengujian terhadap agregat halus. Pengujian ini berfungsi untuk memastikan bahwa material yang digunakan dalam campuran *paving block* merupakan material yang baik. Pengujian bahan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pengujian pada agregat halus meliputi :

a. Uji gradasi agregat (modulus halus butir)

Pengujian ini bermaksud untuk mendapatkan nilai modulus halus butir. Pertama, benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110 ± 5 °C, kemudian dinginkan pada suhu ruangan selama 1-3 jam dan timbang beratnya. Susun ayakan agregat halus, lalu masukkan agregat kering oven tersebut ke dalam ayakan dan diguncang menggunakan mesin selama 10-15 menit. Timbang masing-masing agregat halus kering oven yang tertahan pada masing-masing ayakan, timbang dan

catat beratnya. Modulus halus butir didapat dari perhitungan kumulatif presentase butir tertahan pada masing-masing saringan.

b. Uji berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume padat dan gembur dari pasir. Adapun tata cara pelaksanaan pengujian berat volume padat dan gembur pasir berdasarkan SNI 03-4804-1998 sebagai berikut.

- 1) Keringkan pasir dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai memiliki berat tetap.
- 2) Selanjutnya keluarkan pasir dari oven lalu dinginkan pada suhu ruangan selama 1 - 3 jam dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram.
- 3) Ambil tabung silinder lalu timbang berat dan ukur dimensinya.
- 4) Setelah itu tabung silinder ditempatkan pada alas yang rata. Pada pengujian berat volume padat, masukkan $1/3$ pasir ke dalam silinder kemudian tumbuk 25 kali lalu ratakan. Pengisian pasir dilakukan sampai volume silinder penuh.
- 5) Untuk pengujian berat volume gembur, masukkan pasir kedalam silinder tanpa tumbukan sampai penuh kemudian diratakan.
- 6) Timbang berat tabung silinder pasir tersebut dan hitung volumenya.

c. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini bermaksud untuk mendapatkan jumlah kandungan lumpur yang terkandung dalam agregat halus. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil agregat halus kering oven sebanyak 500 gram yang kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur. Isi air ke dalam gelas ukur setinggi 12 cm di atas permukaan agregat halus, kocok gelas ukur tersebut selama 1 menit dan diamkan selama 1 menit agar agregat mengendap. Lakukan proses ini secara berulang hingga jernih. Setelah air jernih, tuang agregat halus ke dalam tatakan dan keringkan di dalam oven dengan suhu 110° selama 24 jam. agregat yang sudah kering kemudian ditimbang dan dihitung menggunakan rumus guna mendapat

kadar kandungan lumpurnya. Rumus kandungan kadar lumpur dapat dihitung menggunakan persamaan (4.5) berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W^1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.5)$$

Dengan :

W_1 = Berat agregat kering oven (gram)

W_2 = Berat agregat kering oven setelah dicuci (gram)

4. Pencampuran Bahan

Siapkan bahan-bahan penyusun *paving block*, diantaranya semen *portland*, agregat halus, air, dan serbuk kaca dengan presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. kemudian aduk ketiga bahan tersebut menggunakan mixer selama ± 10 menit. Setelah semua bahan tercampur merata dan homogen, maka campuran tersebut siap untuk dicetak.

5. Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini, digunakan mesin press hidrolik yang dilengkapi dengan vibrator guna memadatkan benda uji dan meminimalisir rongga udara yang terperangkap di dalam benda uji. Benda uji dibuat dan dicetak sesuai dengan variabel persentase serbuk kaca yaitu sebesar presentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. Masing-masing variasi dibuat sebanyak 20 buah benda uji.

Pertama, letakkan alas pada meja mesin press hidrolik, kemudian masukkan campuran bahan pada tahapan sebelumnya ke dalam cetakan mesin press hidrolik hingga penuh. Selanjutnya nyalakan sistem vibrator pada mesin. Tambah kembali campuran bahan benda uji jika terjadi penurunan campuran bahan pada cetakan akibat vibrator, tekan tuas pemadat sambil terus menyalakan vibrator. Setelah dirasa cukup padat, maka lepas tuas untuk mengangkat cetakan.

6. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji setelah satu hari di keluarkan dari cetakan. Perendaman dilakukan sampai usia 28 hari.

7. Pemotongan Benda Uji

Pemotongan benda uji sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan, yaitu untuk uji tekan, benda uji dipotong menjadi 6 cm x 6 cm x 6 cm; untuk uji ketahanan aus benda uji dipotong menjadi 5 cm x 5 cm x 2 cm. Pemotongan benda uji dilakukan agar dimensi benda uji sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 03-0691-1996.

8. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan setelah perawatan berumur 28 hari. Berikut adalah pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini.

a. Uji Kuat Tekan

Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya menggunakan kaliper. Letakkan benda uji pada *Compression testing machine (CTM)*. Kemudian nyalakan mesin beriring memberikan pembebanan yang terus meningkat pada benda uji. Pembebanan terus dilakukan hingga terjadi penurunan beban pada *CTM*. Catat hasil pembebanan maksimum yang terjadi pada *paving block* di setiap variasinya.

b. Pengujian Penyerapan Air

Rendam benda uji dalam air selama 24 jam, kemudian timbang benda uji dalam keadaan basah. Setelah itu, masukkan benda uji ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. lalu timbang benda uji dalam keadaan kering. Catat hasilnya.

c. Pengujian Ketahanan Aus

Benda uji yang telah diukur dan ditimbang diletakkan pada mesin pengaus. Kemudian mesin pengaus di berikan beban. Pengausan dilakukan sekama 5 x 1 menit dengan benda uji diputar 90°. Catat hasil pengausan yang terjadi.

9. Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dilakukan setelah keseluruhan pengujian dilakukan. Analisis perhitungan dan pengolahan data dibantu dengan menggunakan *software microsoft excel*.

10. Kesimpulan

Setelah analisis data dilakukan, maka terdapatlah sebuah kesimpulan dari pengujian yang dilakukan.



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Deskripsi

Hasil dan pembahasan tentang hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya oleh penguji. Data yang didapat perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil yang direncanakan sebelumnya. Pengujian yang dimaksud disini adalah pengujian untuk perencanaan *paving block* yang berupa pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air.

5.2 Hasil Pengujian Bahan

Pada pengujian bahan penyusun *paving block* yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia diperoleh beberapa data yang meliputi hasil pengujian modulus halus butir, pengujian berat volume pada dan gembur, dan pengujian kandungan lumpur. Data tersebut dianalisa Kembali agar dapat masuk dalam persyaratan bahan penyusun *paving block* sehingga *paving block* yang dibuat sesuai dengan direncanakan sebelumnya.

Pada pengujian bahan penyusun *paving block* yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia diperoleh beberapa data yang meliputi hasil pengujian modulus halus butir, pengujian berat volume padat dan gembur, dan pengujian kandungan lumpur. Data tersebut di Analisa Kembali agar dapat masuk dalam persyaratan bahan penyusun *paving block* sehingga *paving block* yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya.

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus menggunakan pasir yang berasal dan Merapi. Pengujian yang dilakukan pada pengujian ini meliputi pengujian modulus halus

butir, pengujian volume padat dan gembur,serta pengujian lumpur. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut.

1. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Pada pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai modulus halus butir yang dilakukan berdasarkan metode dari SNI 03-1968-1990. Berikut adalah hasil dari pengujian modulus halus butir yang dapat dilihat pada table 5.1

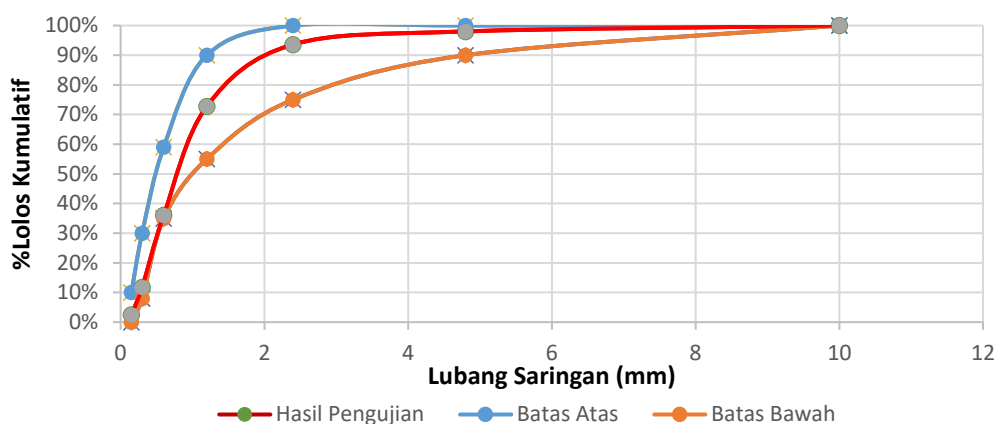
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	33	1,68	1,68	98,32
2,40	84	4,29	5,97	94,03
1,20	297	15,16	21,13	78,87
0,60	761	38,85	59,98	40,02
0,30	578	29,50	89,48	10,52
0,15	154	7,86	97,35	2,65
Sisa	52	2,65	100	0
Jumlah	1959	100	275,6	

Berdasarkan table diatas dapat menghitung nilai modulus halus butir dengan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{275,6}{100} \\
 &= 2,756
 \end{aligned}$$

Untuk gradasi pasir juga mengikuti pada standar uji SNI 03-2461-1991 dengan perincian untuk lubang ayakan 4,8 mm (90-100%), 2,40 mm (75-100%), 1,20 mm (55-90%), 0,60 mm (35-59), 0,30 mm (8-30), 0,15 mm (0-10%). Data diatas merupakan gradasi pasir daerah 2. Pada perhitungan diatas didapatkan bahwa pasir yang digunakan pada bahan penyusun *paving block* merupakan pasir halus dengan nilai 2,756. Berikut adalah grafik yang dihasilkan pada pengujian modululs halus butir yang dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Hasil Analisa Saringan Halus

2. Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume agregat halus dalam kondisi padat. Hasil pengujian ini didapatkan berat volume padat pada agregat halus yang dapat dilihat pada table 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Tabung, W1 (gr)	3136	3136	3136
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	5544	5604	5574
Berat Agregat $W3 = W2 - W1$ (gr)	2408	2468	2438
Volume Tabung, V (cm ³)	1539,537	1539,537	1539,537
Berat Volume Padat, $W3 / V$ (gr/cm ³)	1,564	1,603	1,584

Berdasarkan tabel 5.2 diatas didapatkan berat volume padat agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1,584 gram/cm³

3. Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume agregat halus dalam kondisi tidak padat/gembur. Hasil pemeriksaan berat Volume gembur pada agregat halus yang dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	3136	3136	3136
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	5054	5036	5045
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	1918	1900	1909
Volume Tabung, V (cm ³)	1539,537	1539,537	1539,537
Berat Volume Gembur, W3/V (gr/cm ³)	1,246	1,234	1,240

Berdasarkan tabel 5.3 didapatkan berat volume gembur agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1,240 gram/cm³.

4. Pengujian Kandungan Lumpur

Pada pengujian kandungan lumpur dilakukan untuk menentukan nilai presentasi kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan no 200. Pengujian ini dilakukan dengan standar SNI 03-4142-1996. Berikut ini hasil dari pengujian kandungan lumpur yang dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Agregat Kering Oven	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah dicuci	492	491	491,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	1,60%	1,80%	1,70%

Berdasarkan PBI 1982 dikatakan bahwa kandungan lumpur untuk pasir harus di bawah 5%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 5.4 kandungan lumpur pada pasir yang digunakan untuk bahan penyusun *paving block* memiliki kadar lumpur sebesar 1,70%.

5.2.2 Hasil Pengujian Serbuk Kaca

Berikut ini disajikan hasil dari pengujian serbuk kaca bahan botolan.

1. Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Kaca

Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume serbuk kaca dalam kondisi padat. Pada pengujian ini didapatkan berat volume padat pada serbuk kaca yang dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Kaca

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	31360	31360	31360
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	49690	50400	50045
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	18330	19040	18685
Volume Tabung, V (cm ³)	6012,021	6012,021	6012,021
Berat Volume Padat, W3 / V (gr/cm ³)	0,305	0,317	0,311

Berdasarkan tabel 5.5 didapatkan berat volume padat Serbuk Kaca dengan nilai rata-rata sebesar 0,311 gram/cm.

2. Pengujian Berat Volume Gembur Serbuk Kaca

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume serbuk kaca dalam kondisi tidak padat/gembur. Pada pengujian ini didapatkan berat volume gembur pada serbuk kaca yang dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Serbuk Kaca

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	3136	3136	3136
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	4569	4605	4587
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	14330	14690	14510
Volume Tabung, V (cm ³)	6012,021	6012,021	6012,021
Berat Volume Gembur, W3/V (gr/cm ³)	0,238	0,244	0,241

Berdasarkan tabel 5.6 didapatkan berat volume Gembur Serbuk Kaca dengan nilai rata-rata sebesar 0,241 gram/cm³.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun *Paving Block*

Perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block* pada pengujian ini merupakan perhitungan untuk membuat benda uji dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Bahan yang digunakan untuk membuat benda uji sebelumnya harus diperhitungkan agar benda uji sesuai dengan rencana yang sudah direncanakan. Perhitungan menggunakan perbandingan campuran 1 pc : 6 ps dengan kebutuhan serbuk kaca menggunakan perbandingan terhadap semen. Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block*.

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{paving block} &= 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \\ &= 1200 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Berat volume padat pasir} = 1,584 \text{ gr/cm}^3$$

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

5.3.1 Perhitungan Kebutuhan Agregat Halus

Berikut adalah kebutuhan agregat halus untuk bahan penyusun *paving block*.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir 1 buah} &= \frac{6}{7} \times V.\text{pasir} \times V.\text{Paving} \times \text{Faktor pemadatan mesin} \\ &= \frac{6}{7} \times 1,584 \times 1200 \times 1.3 \\ &= 2118,034 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan pasir untuk 24 buah} &= 24 \times 2118,084 \\ &= 50832,823 \text{ gr}\end{aligned}$$

5.3.2 Perhitungan Kebutuhan Serbuk Kaca

Berikut adalah kebutuhan serbuk kaca untuk bahan penyusun *paving block* yang menggunakan variasi 0%,5%,10%,15%,dan 20% sebagai pengganti semen.

$$\begin{aligned}0\% &= \frac{0}{100} \times 8472,137 = 0 \text{ gr} \\ 5\% &= \frac{5}{100} \times 8472,137 = 423,607 \text{ gr} \\ 10\% &= \frac{10}{100} \times 8472,137 = 847,214 \text{ gr} \\ 15\% &= \frac{15}{100} \times 8472,137 = 1270,821 \text{ gr} \\ 20\% &= \frac{20}{100} \times 8472,137 = 1694,427 \text{ gr}\end{aligned}$$

5.3.3 Perhitungan Kebutuhan Semen

Berikut adalah kebutuhan semen untuk bahan penyusun *paving block*

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Semen} &= \frac{\text{Kebutuhan Pasir}}{\text{Perbandingan Semen}} \\ &= \frac{2118,034}{6} \\ &= 353,006 \text{ gr} \\ \text{Kebutuhan Semen untuk 24 buah} &= 353,006 \times 24 \\ &= 8472,137 \text{ gr}\end{aligned}$$

Berikut adalah kebutuhan semen untuk bahan penyusun *paving block* yang menggunakan variasi 0%,5%,10%,15%,dan 20% sebagai berikut:

$$\begin{aligned}0\% &= 8472,137 - 0 &= 8472,137 \text{ gr} \\ 5\% &= 8472,137 - 423,607 &= 8048,530 \text{ gr} \\ 10\% &= 8472,137 - 847,214 &= 7624,923 \text{ gr} \\ 15\% &= 8472,137 - 1270,821 &= 7201,317 \text{ gr} \\ 20\% &= 8472,137 - 1694,427 &= 6777,710 \text{ gr}\end{aligned}$$

Berikut adalah kebutuhan bahan penyusun *paving block* yang terdiri atas semen, agregat halus (pasir), dan serbuk kaca yang dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Komposisi Kebutuhan Campuran *Paving Block*

Variasi (%)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Serbuk Kaca (gr)	Jumlah Benda Uji
0	8472,137	50832,823	0,000	24
5	8048,530	50832,823	423,607	24
10	7624,923	50832,823	847,214	24
15	7201,317	50832,823	1270,821	24
20	6777,710	50832,823	1694,427	24
Total	38124,617	254164,114	4236,069	120

5.4 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* dilakukan sebanyak 3 kali pengujian yaitu pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air. Pengujian dilakukan setelah benda uji direndam selama 28 hari agar mencapai umur optimum kekuatan benda uji tersebut. Pengujian dilakukan pada setiap variasi dengan jumlah 10 buah untuk pengujian kuat tekan, 5 buah untuk pengujian ketahanan aus dan 5 buah penyerapan air.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tekan *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.8, tabel 5.9, tabel 5.10, tabel 5.11, dan tabel 5.12 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)
KT 1	57	60	59	61046,39625	17,850
KT 2	56	59	60	56143,07125	16,992
KT 3	58	57	61	53691,40875	16,241
KT 4	57	58	60	39226,6	11,865
KT 5	60	57	59	54426,9075	15,914
KT 6	59	58	61	57859,235	16,908
KT 7	58	59	61	61291,5625	17,911
KT 8	57	58	60	56388,2375	17,056
KT 9	57	57	59	60556,06375	18,638
KT 10	59	58	61	64233,5575	18,771
Rata-Rata					16,815

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 5%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)
KT 11	56	58	59	64478,72375	19,852
KT 12	58	60	59	56878,57	16,344
KT 13	59	56	59	58349,5675	17,660
KT 14	58	57	61	51239,74625	15,499
KT 15	59	58	59	70117,5475	20,490
KT 16	57	56	61	52955,91	16,590
KT 17	59	58	60	58349,5675	17,051
KT 18	57	57	59	60801,23	18,714
KT 19	57	56	60	61291,5625	19,202
KT 20	58	59	61	63988,39125	18,699
Rata-Rata					18,010

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 10%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT 21	58	57	61	57123,73625	17,279
KT 22	56	58	59	71343,37875	21,965
KT 23	57	60	58	57614,06875	16,846
KT 24	57	58	59	59330,2325	17,946
KT 25	56	57	62	70117,5475	21,967
KT 26	58	58	58	67175,5525	19,969
KT 27	59	56	58	59820,565	18,105
KT 28	57	60	60	54917,24	16,058
KT 29	58	59	61	62468,3605	18,255
KT 30	61	58	60	57614,06875	16,284
Rata-Rata					18,467

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 15%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT 31	56	57	60	48052,585	15,054
KT 32	56	58	62	47562,2525	14,644
KT 33	57	57	60	50259,08125	15,469
KT 34	58	58	59	47071,92	13,993
KT 35	58	57	58	54672,07375	16,537
KT 36	57	58	61	41187,93	12,459
KT 37	57	57	59	49278,41625	15,167
KT 38	60	58	60	46581,5875	13,386
KT 39	58	56	59	45846,08875	14,115
KT 40	57	58	59	50749,41375	15,351
Rata-Rata					14,617

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 20%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)
KT 41	57	59	62	52220,41125	15,528
KT 42	57	58	61	48297,75125	14,609
KT 43	58	58	59	52220,41125	15,523
KT 44	58	57	60	44865,42375	13,571
KT 45	57	58	59	43884,75875	13,274
KT 46	56	59	61	50994,58	15,434
KT 47	59	57	61	44620,2575	13,268
KT 48	58	57	60	44129,925	13,348
KT 49	57	58	59	40452,43125	12,236
KT 50	56	57	61	49523,5825	15,515
Rata-Rata					14,231

Analisis Perhitungan :

Contoh perhitungan kuat tekan pada *paving block* kode KT 22 seperti di bawah ini.

$$\text{Panjang (p)} = 56 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 58 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal (h)} = 59 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= p \times l \\ &= 3.248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban Maksimum, (P)} = 7.275 \text{ kgf (konversi ke Newton)}$$

$$= 7.275 \times 9,80665$$

$$= 71343,37875 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{71343,37875}{3.248} \end{aligned}$$

$$= 21,965 \text{ MPa}$$

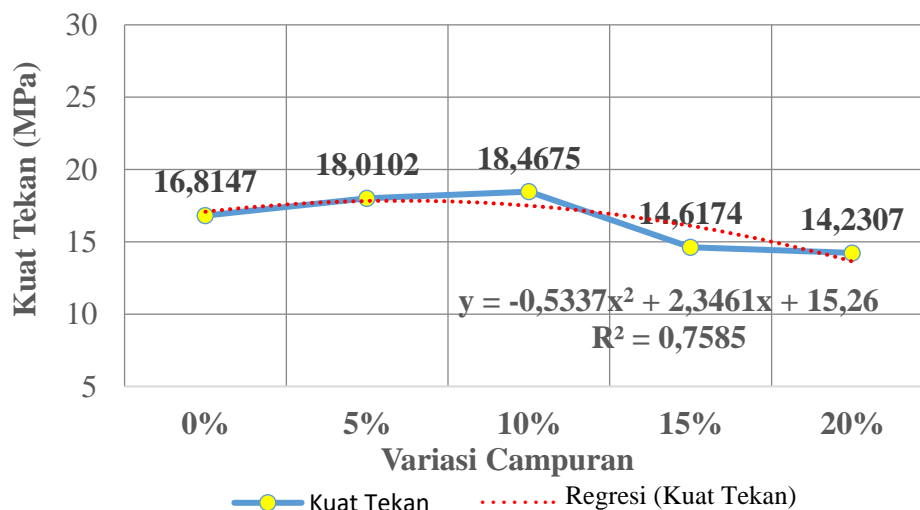
Untuk perhitungan kode KT 21, KT 22, KT 23, KT 24, KT 25, KT 26, KT 27, KT 28, KT 29, KT 30 sama seperti perhitungan diatas, kemudian untuk memperoleh kuat tekan rata-rata dengan cara menjumlahkan kelima hasil perhitungan kuat tekan kemudian dibagi dengan jumlah kode. Berikut adalah perhitungan hasil rata-rata kuat tekan.

Kuat Tekan Rata-Rata

$$= \frac{17,279 + 21,965 + 16,846 + 17,946 + 21,967 + 19,967 + 18,105 + 16,058 + 18,255 + 16,284}{10}$$

$$= 18,467 \text{ MPa}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat grafik untuk pengujian kuat tekan pada *paving block*. Berikut adalah grafik dari pengujian kuat tekan yang dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.2 Grafik Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan hitungan serta grafik seluruh variasi pada pengujian kuat tekan pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.15

Tabel 5.13 Penggolongan Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

No	Variasi	Hasil Pengujian (Mpa)		Syarat SNI Kuat Tekan (MPa)		Mutu	Fungsi
		Rerata	Min	Rerata	Min		
1.	0%	16,815	11,865	15	8,5	C	Pejalan Kaki
2.	5%	18,010	15,499	15	12,5	C	Pejalan Kaki
3.	10%	18,467	16,058	15	12,5	C	Pejalan Kaki
4.	15%	14,617	12,459	10	8,5	D	Taman
5.	20%	14,231	12,236	10	8,5	D	Taman

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat mesin kuat tekan. Benda uji *paving block* ditekan sampai retak hingga hancur sehingga dapat mengetahui beban maksimum yang diterima oleh benda uji *paving block*. Benda uji yang digunakan sebelumnya sudah dilakukan perendaman selama 28 hari dan sudah dalam keadaan kering. Jumlah pengujian kuat tekan digunakan sebanyak 10 sampel setiap variasinya. Benda uji *paving block* untuk pengujian kuat tekan sebelumnya sudah terlebih dahulu dipotong dengan dimensi $\pm 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ agar memudahkan waktu pengujian.

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan pada pengujian kuat tekan diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 16,815 MPa. Pada *paving block* dengan variasi 5% dan 10% pengganti semen mengalami kenaikan sebesar 18,010 Mpa dan 18,467. Pada *paving block* dengan variasi 15% dan 20% pengganti semen mengalami penurunan sebesar 14,617 MPa dan 14,231 Mpa.

Pada variasi 5% dan 10% mengalami kenaikan pada kuat tekannya, hal ini terjadi karena Kandungan senyawa silika yang terdapat pada serbuk kaca dan kandungan kalsium hidroksida dalam semen ternyata dapat memberikan pengaruh pada kuat tekan *paving block*. Serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* karena silika yang terdapat pada serbuk kaca dan daya ikat pada semen mampu meningkatkan kuat tekan dari *paving block*. Oleh karena itu *paving block* dengan

variasi 5% dan 10% dapat meningkat kuat tekannya dari pada paving block normal.

Pada variasi 15% dan 20% kuat tekan pada *paving block* mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena semakin tingginya kandungan silika yang terdapat pada serbuk kaca tapi berkurangnya kalsium hidroksida dalam serbuk kaca menyebabkan pemadatan tidak sempurna dan mengakibatkan kuat tekan menjadi turun, dan juga berkurangnya jumlah semen yang digunakan menyebabkan kalsium hidroksida menjadi berkurang karena kadar kalsium hidroksida semen lebih tinggi dari serbuk kaca, maka saat jumlah semen berkurang maka semakin berkurangnya kalsium hidroksida dalam kandungan *paving block* yang membuat *paving block* ketika diberi tekanan akan mudah hancur.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka alternative limbah serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan *paving block* dapat memberikan peningkatan yang cukup baik sesuai dengan variasi optimum pada nilai kuat tekan *paving block*. *Paving block* dengan pengganti serbuk kaca mampu bersaing dengan *paving block* yang berada dipasaran pada kondisi tertentu yaitu pada variasi serbuk kaca sebesar 5% dan 10% karena memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi.

Dari hasil diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa serbuk kaca yang menggantikan Sebagian semen memiliki nilai kuat tekan yang tinggi pada variasi 10%. Pada SNI-03-0691-1996 syarat lulus uji kuat tekan untuk *paving block* rata-rata 40 MPa (kelas mutu A), rata-rata 20 MPa (kelas mutu B), rata-rata 15 (kelas mutu C), dan rata-rata 10 (kelas mutu D). Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan variasi 0%,5%,dan 10% masuk dalam mutu C dengan fungsinya untuk pejalan kaki kemudian pada *paving block* dengan variasi 15% dan 20% mendapatkan mutu D dengan fungsinya untuk taman.

5.4.2 Pengujian Ketahanan Aus

Berikut adalah hasil dari pengujian ketahanan aus yang dapat dilihat pada tabel 5.16, tabel 5.17, tabel 5.18, tabel 5.19, dan tabel 5.20 dihalaman selanjutnya.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA 1	100,47	99,59	0,176	0,246
KA 2	98,25	97,31	0,188	0,261
KA 3	107,78	106,93	0,17	0,239
KA 4	106,12	105,15	0,194	0,269
KA 5	98,37	97,54	0,166	0,234
Rata-Rata				0,249

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA 6	90,78	89,92	0,172	0,241
KA 7	85,98	85,14	0,168	0,236
KA 8	95,26	94,25	0,202	0,279
KA 9	105,14	104,32	0,164	0,231
KA 10	113,46	112,62	0,168	0,236
Rata-Rata				0,245

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 10%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA 11	105,52	104,75	0,154	0,219
KA 12	90,13	89,18	0,19	0,264
KA 13	117,62	116,74	0,176	0,246
KA 14	105,14	104,25	0,178	0,249
KA 15	107,7	106,91	0,158	0,224
Rata-Rata				0,240

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 15%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA 16	92,15	91,05	0,22	0,302
KA 17	98,86	97,82	0,208	0,287
KA 18	96,90	95,83	0,214	0,294
KA 19	90,63	89,57	0,212	0,292
KA 20	106,21	105,25	0,192	0,266
Rata-Rata				0,288

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 20%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA 21	112,71	111,27	0,288	0,387
KA 22	99,13	98,13	0,2	0,276
KA 23	99,99	99,02	0,194	0,269
KA 24	99,67	98,59	0,216	0,297
KA 25	91,39	90,28	0,222	0,304
Rata-Rata				0,307

Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan pengujian ketahanan aus pada sampel KA 11

Berat awal (sebelum uji), A = 105,52 gr

Berat akhir (setelah uji), B = 104,75 gr

Waktu pengujian, t = 5 menit

$$\text{Kehilangan, G} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{waktu pengujian}}$$

$$= \frac{105,52 - 104,75}{5}$$

$$= 0,154 \text{ gr/menit}$$

$$\text{Ketahanan aus, D} = 1,26 \times G + 0,0246$$

$$= 1,26 \times 0,154 + 0,0246$$

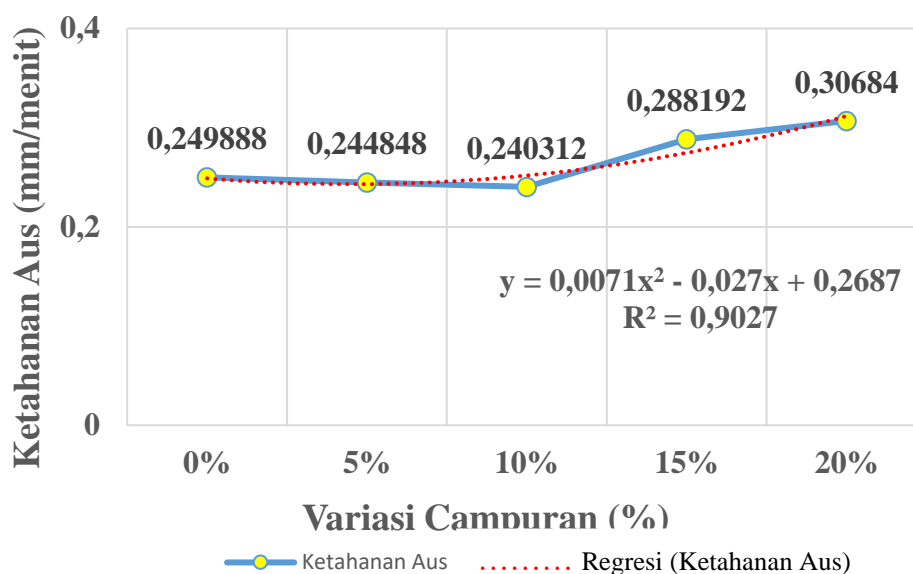
$$= 0,218 \text{ mm/menit}$$

Untuk memperoleh ketahanan aus rata-rata dengan cara menjumlahkan kelima hasil perhitungan penyerapan air kemudian dibagi dengan jumlah kode. Berikut adalah perhitungan hasil rata-rata ketahanan aus.

$$\text{Ketahanan aus (D) rata - rata} = \frac{0,218 + 0,264 + 0,246 + 0,249 + 0,224}{5}$$

$$= 0,240 \text{ mm/menit}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat grafik untuk pengujian ketahanan aus pada *paving block*. Berikut adalah grafik dari pengujian ketahanan aus yang dapat dilihat pada halaman selanjutnya digambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Pengujian Ketahanan Aus

Berdasarkan hitungan serta grafik seluruh variasi pada pengujian ketahanan aus pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.23. pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.19 Penggolongan Mutu Ketahanan Aus *Paving Block*

No	Variasi	Hasil Pengujian (mm/menit)		Syarat SNI Ketahanan Aus (mm/menit)		Mutu	Fungsi
		Rerata	Maks	Rerata	Maks		
1.	0%	0,250	0,270	-	-	-	-
2.	5%	0,245	0,280	-	-	-	-
3.	10%	0,240	0,264	-	-	-	-
4.	15%	0,288	0,302	-	-	-	-
5.	20%	0,307	0,387	-	-	-	-

Pada pengujian ketahanan aus benda uji dilakukan pada waktu *paving block* sudah mencapai umur 28 hari dalam keadaan kering dengan jumlah benda uji 5 buah setiap variasinya. Pengujian ketahanan aus dilakukan dengan menggunakan mesin ketahanan aus dengan waktu selama 5 menit. Benda uji *paving block* digesek kemudian dari penggesekan itu dapat kita ketahui berapa ketahanan aus yang dimiliki oleh *pavingblock*. Benda uji *paving block* untuk pengujian ketahanan aus ini sudah terlebih dahulu dipotong dengan dimensi $\pm 5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 2\text{cm}$ yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil ketahanan aus yang sudah didapatkan pada pengujian diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 0,250 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 5% pengganti semen diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,245 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 10% pengganti semen diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,240 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 15% pengganti semen diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,288 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 20% pengganti semen diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,307 mm/menit.

Dari data diatas persentase sebuk kaca pada variasi 5% dan 10% mengalami penurunan pada nilai ketahanan aus, hal ini terjadi karena kadar kalsium hidroksida yang terdapat pada semen dan silika yang terdapat didalam serbuk kaca dapat mengisi rongga pada *paving block* dan mampu memberikan pengaruh pada ketahanan aus, walaupun masih belum masuk kelas mutu. Maka bisa dikatakan untuk nilai ketahanan aus yang kualitasnya paling baik untuk penambahan campuran serbuk kaca pada sebagian semen ada pada variasi 10% tetapi masih tidak masuk dalam mutu pada *paving block* sesuai SNI 03-1691-1996.

Pada variasi 15% dan 20% ketahanan aus pada *paving block* mengalami kenaikan, hal ini disebabkan oleh berkurangnya kadar kalsium hidroksida, Sedangkan pada semen kadar kalsium hidroksida lebih besar dari kalsium hidroksida pada serbuk kaca, dengan kata lain pergantian semen dengan serbuk kaca memang mengalami kenaikan, akan tetapi dari variasi 5% dan 10% menurun sedikit tetapi masih tidak masuk dalam mutu. Untuk variasi 15% dan 20% melonjak naik karena kadar kalsium hidroksida yang terlalu banyak menghilang mengakibatkan serbuk kaca tidak bereaksi dan membentuk masa sendiri yang menghalangi ikatan antar butiran agregat sehingga *paving block* terdapat banyak rongga pada permukaan yang menjadikan tidak padat mengakibatkan mudah terkikisnya permukaan *paving block* pada saat penggesekan oleh mesin ketahanan aus. Hasil yang kurang baik dalam pengujian juga terdapat dari faktor alat uji yang digunakan disebabkan oleh bor yang ada dimesin uji ketahanan aus tidak mengesekan dengan sempurna karena saat pengujian bor langsung mengesekan sample uji terlalu dalam tidak secara perlahan.

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa serbuk kaca sebagai pengganti semen tidak menghasilkan ketahanan aus yang lebih baik. Pada SNI 03-0691-1996 syarat lulus uji ketahanan aus untuk *paving block* rata-rata maksimum 0,090 mm/menit (kelas mutu A), rata-rata maksimum 0,130 mm/menit (kelas mutu B), rata-rata maksimum 0,160 mm/menit (kelas mutu C), dan rata-rata maksimum 0,219 mm/menit (kelas mutu D). Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus seluruh variasi tidak memenuhi syarat ketahanan aus maksimal dalam SNI 03-0691-1996 karena nilai ketahanan aus pengujian variasi 0%, 5%, 10%,15%,dan

20% secara berturut-turut adalah sebesar 0,250 mm/menit, 0,245 mm/menit, 0,240 mm/menit, 0,288 mm/menit, 0,307 mm/menit.

5.4.3 Pengujian Penyerapan Air

Berikut adalah hasil dari pengujian penyerapan air yang dapat dilihat pada tabel 5.22, tabel 5.23, tabel 5.24, tabel 5.25, dan tabel 5.26 berikut ini.

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 0%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)
P1	2691	2487	8,203
P2	2735	2540	7,677
P3	2548	2376	7,239
P4	2628	2427	8,282
P5	2645	2439	8,446
Rata - Rata			7,969

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 5%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)
P6	2625	2483	5,719
P7	2604	2441	6,678
P8	2659	2455	8,309
P9	2627	2449	7,268
P10	2678	2505	6,906
Rata - Rata			6,976

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 10%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)
P11	2643	2492	6,059
P12	2653	2487	6,675
P13	2673	2514	6,325
P14	2692	2506	7,422
P15	2623	2462	6,539
Rata - Rata			6,604

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 15%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)
P16	2531	2398	5,546
P17	2578	2407	7,104
P18	2533	2382	6,339
P19	2501	2341	6,835
P20	2565	2452	4,608
Rata - Rata			6,087

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 20%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)
P21	2669	2575	3,650
P22	2630	2491	5,580
P23	2587	2413	7,211
P24	2584	2480	4,193
P25	2618	2563	2,146
Rata - Rata			4,615

Analisis Perhitungan:

Berikut perhitungan pengujian penyerapan air pada sampel P11

Berat basah = 264 gr

Berat kering = 249 gr

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

$$= \frac{264 - 249}{249} \times 100\%$$

$$= 6,059 \%$$

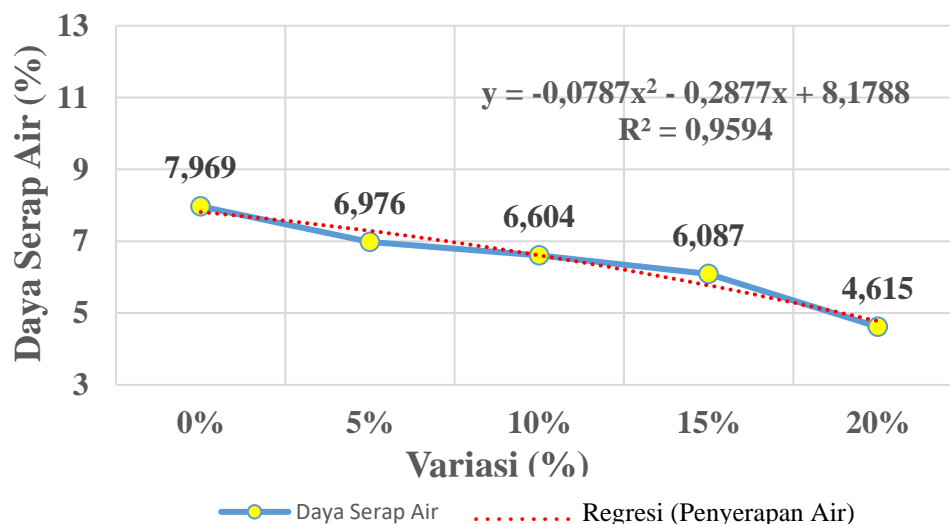
Untuk mengetahui penyerapan air rata-rata dengan cara menjumlahkan kedua hasil perhitungan penyerapan air kemudian dibagi dengan jumlah kode.

Berikut ini perhitungan hasil rata-rata penyerapan air.

Penyerapan air rata-rata = $\frac{6,059 + 6,675 + 6,325 + 7,422 + 6,539}{5}$

$$= 6,604 \%$$

Perhitungan diatas dapat dibuat grafik untuk pengujian penyerapan air pada *paving block*. Berikut ini, merupakan grafik dari pengujian penyerapan air yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.4 Grafik Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan pada hitungan dan grafik seluruh variasi pada pengujian penyerapan air pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut merupakan penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.25. pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.25 Penggolongan Mutu Penyerapan Air *Paving Block*

No	Variasi	Hasil Rerata Penyerapan Air (%)	Syarat SNI Penyerapan Air Rerata Maks (%)	Mutu	Fungsi
1	0%	7,969	8	C	Pejalan Kaki
2	5%	6,976	8	C	Pejalan Kaki
3	10%	6,604	8	C	Pejalan Kaki
4	15%	6,087	8	C	Pejalan Kaki
5	20%	4,615	6	B	Parkiran

Pada pengujian penyerapan air ini dilakukan dengan merendamnya kembali benda uji setelah melalui proses perawatan. Benda uji *paving block* setelah melalui perendaman selama 24 jam barulah benda uji melalui proses pemanasan di dalam oven selama 24 jam. Benda uji *paving block* yang sudah dikeluarkan dari oven dapat ditimbang serta diketahui untuk pengujian penyerapan air yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan merendamnya kembali benda uji setelah melalui proses perawatan. Benda uji *paving block* setelah melalui perendaman selama 24 jam barulah benda uji melalui proses pemanasan di dalam oven selama 24 jam. Benda uji *paving block* yang sudah melalui pemanasan dapat ditimbang serta diketahui untuk pengujian penyerapan air yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan dari pengujian penyerapan air diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 7,969 %. Pada *paving block* dengan variasi 5% pengganti semen diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 6,976%. Pada *paving block* dengan variasi 10% pengganti semen diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 6,604 %. Pada *paving block* dengan variasi 15% pengganti semen diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 6,086 %. Pada *paving block* dengan variasi 20% pengganti pasir diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 4,615%.

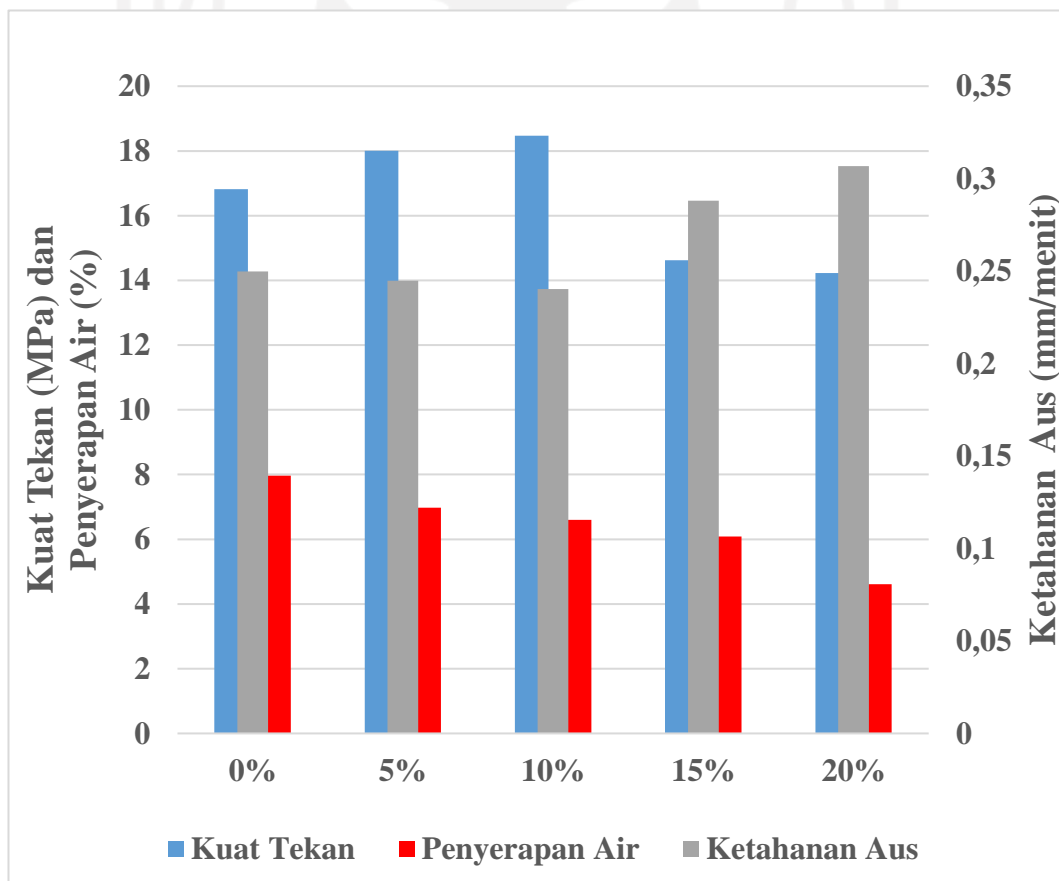
Pada setiap variasi mengalami penurunan serapan air dari normal yang mencapai 6,976%; 6,604%; 6,086% dan 4,615%. Hal ini karna Salah satu sifat serbuk kaca yaitu tidak menyerap air sehingga banyak penggunaannya membuat campuran *paving block* semakin kecil penyerapan airnya. Pada penyerapan air yang lebih rendah dari variasi lainnya diperoleh dari *paving block* dengan variasi 20% yaitu sebesar 4,615%.

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa serbuk kaca yang menggantikan sebagian semen memiliki penyerapan air yang baik setiap variasi karena serbuk kaca memiliki salah satu sifat tidak menyerap air. Pada SNI 03-1691 mutu yang didapat pada pengujian penyerapan air pada *paving block* dengan variasi 5%, dan 10%, dan 15% diklasifikasi pada mutu C yaitu berfungsi untuk pejalan kaki. Dan pada ada variasi 20% memiliki nilai daya serap yang lebih rendah dibanding dengan variasi lainnya, diklasifikasi pada mutu B yaitu berfungsi untuk peralatan parkir.

5.5 Keseluruhan Pembahasan

Berdasarkan pembahasan diatas secara keseluruhan, dapat diketahui nilai pengujian kuat tekan dan ketahanan aus yang paling tinggi nilainya pada variasi 10%, yang memiliki kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air sebesar 18,467 Mpa, 0,240 mm/menit, dan 6,604%. Dapat disimpulkan bahwa serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen dapat meningkatkan kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air dari *paving block* normal dengan variasi optimum, tetapi disaat serbuk kaca digunakan sebagai penggantinya yang banyak akan mengalami

penurunan nilai kuat tekan dan ketahanan aus. Hal ini dikarenakan semakin tingginya kandungan silika yang terdapat pada serbuk kaca tapi berkurangnya kalsium hidroksida dalam serbuk kaca menyebabkan pematatan tidak sempurna dan mengakibatkan kuat tekan dan ketahanan aus menjadi turun, dan juga berkurangnya jumlah semen yang digunakan menyebabkan kalsium hidroksida dan daya ikat pada semen menjadi berkurang karena kadar kalsium hidroksida semen lebih tinggi dari serbuk kaca, maka semakin berkurangnya kalsium hidroksida dan daya ikat pada semen dalam kandungan *paving block*, yang membuat *paving block* ketika diberi tekanan dan gesekan akan mudah hancur dan tergerus. dan serbuk kaca membuat penyerapan air yang bagus karena serbuk kaca memiliki salah satu sifat tidak menyerap air. Berikut adalah grafik pengujian keseluruhan yang dapat dilihat pada gambar 5.5. dibawah ini.



Gambar 5.5 Grafik Plot Pengujian Kuat Tekan, Penyerapan Air, dan Ketahanan Aus

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada paving block yang diberikan bahan pengganti serbuk kaca yang menggantikan sebagian semen yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kuat tekan rata-rata benda uji paving block dalam keadaan normal atau tidak diberikan bahan pengganti sebesar 16,8147 MPa, kemudian kuat tekan rata-rata benda uji paving block dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% secara berturut-turut sebesar 18,0102 MPa, 18,4675 MPa, 14,6174 MPa dan 14,2307 MPa. Dari hasil penelitian tersebut pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen meningkatkan nilai kuat tekan di variasi 5% dan 10%, kemudian di variasi 15% dan 20% nilai kuat tekan menjadi turun.
2. Ketahanan aus rata-rata benda uji paving block dalam keadaan normal atau tidak diberikan bahan pengganti sebesar 0,250 mm/menit, kemudian penyerapan air rata-rata benda uji paving block dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% secara berturut-turut sebesar 0,245 mm/menit, 0,240 mm/menit, 0,288 mm/menit dan 0,307 mm/menit. Dari hasil penelitian tersebut pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam pengujian ketahanan aus menurunkan nilai ketahanan aus di variasi 5% dan 10%, kemudian di variasi 15% dan 20% nilai ketahanan aus menjadi naik.
3. Penyerapan air rata-rata benda uji paving block dalam keadaan normal atau tidak diberikan bahan pengganti sebesar 7,969 %, kemudian penyerapan air rata-rata benda uji paving block dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% secara berturut-turut sebesar 6,976%, 6,604%, 6,086% dan 4,615%. Dari hasil penelitian tersebut pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai

pengganti sebagian semen dalam pengujian penyerapan air dapat menurunkan nilai penyerapan air dari variasi normal.

4. Dari hasil yang telah didapatkan, dapat diketahui nilai pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air di dapatkan campuran yang optimum pada variasi 10%, yang memiliki kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air sebesar 18,467 MPa, 0,240 mm/menit, dan 6,604%.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditinjau kekurangan yang terjadi pada penelitian ini yang perlu diperbaiki sehingga peneliti dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

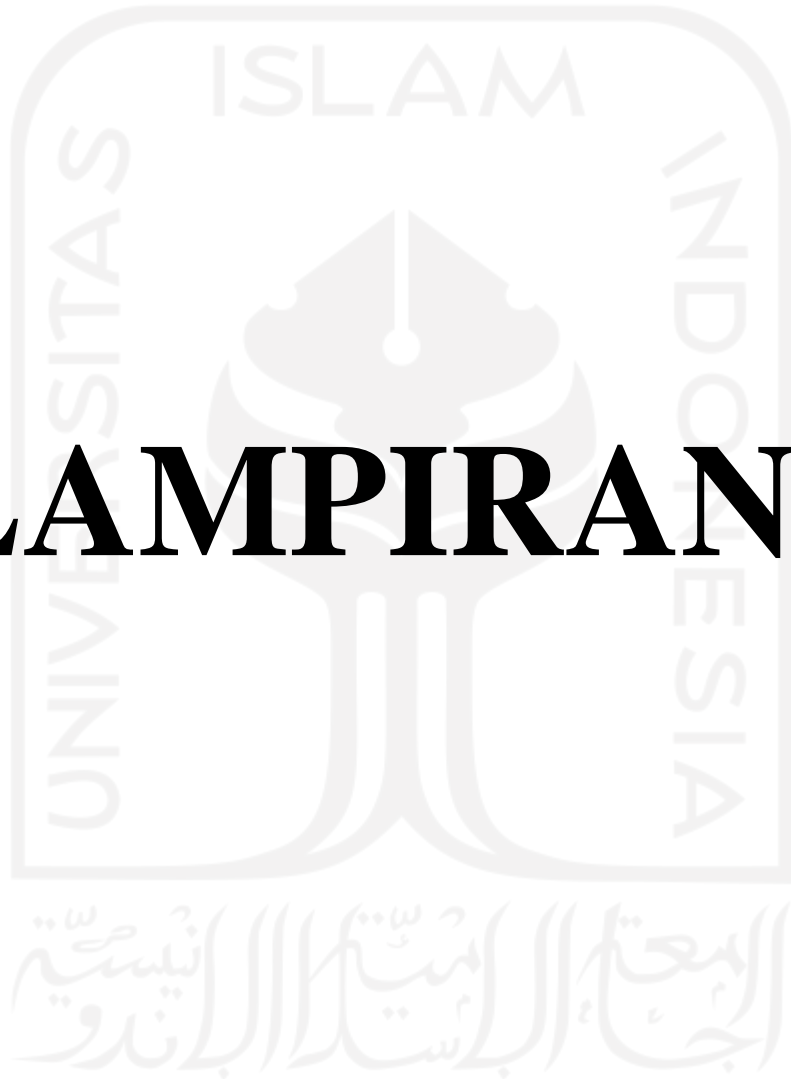
1. Untuk penelitian selanjutnya kadar serbuk kaca dapat dicoba menggunakan interval 2.5% sampai dengan 10% untuk memperoleh paving block dengan mutu kuat tekan yang tinggi.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu diadakan pemilihan penggunaan serbuk kaca dengan dasar bahan pecahan kaca bening dan pecahan kaca kuning.

DAFTAR PUSTAKA

- Andilolo, J., Pranata, D., & Ambali, P. 2019. Karakterisasi Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Sifat Fisis-Mekanis Campuran Beton. *Jurnal Universitas Kristen Indonesia Toraja*. Vol.4 No.2:1-6.Toraja.
- American Society for Testing and Materials. 2004. *Standards Specification For Portland Cement*. C 150-04. ASTM International. West Conshohocken, PA.
- Basuki, Indra, dkk. 2019. *Paving block* Berbasis Abu Gosok. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil Universitas Negeri Medan*. Vol.5 No.1:1-7. Medan.
- Herbudiman, B., & Januar, C. 2011. The 1 st indonesian structural engineering and materials symposium pemanfaatan serbuk kaca sebagai powder pada self-compacting concrete. *Jurnal Institute Teknologi Nasional*. Vol.3 No.5:17–18. Bandung.
- Indrawan, I & Hastuty, Puji, I. 2016. Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Batako. *Jurnal Media Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*. Vol.14 No.1:84-95.Medan.
- Pratiko & Ginanjar. 2019. Pemanfaatan Limbah Genteng Beton pada *Paving block*. *Construction and Material Journal Politeknik Negeri Jakarta*. Vol.1 No.1:36-45. Jakarta.
- Purnomo, H., & Hisyam, E. S. 2014. Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton ditinjau dari kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton. *jurnal fropil*. Vol.2 No.1:45–55. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/55681-ID-pemanfaatan-serbuk-kaca-sebagai-substitu.pdf>.
- SNI 03-0691-1996. *Bata Beton (Paving block)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2834-2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-6861.1-2002. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

- Syifa, dkk. (2019). 2019. Papblock : *Paving block* Dengan Bahan Tambah Limbah Kertas. *Jurnal Ilmiah Teknosains Universitas Veteran Bangun Nusantara*. Vol.V No.2:113-116. Sukoharjo.
- Tjokrodinuljo. 2007. *Teknologi Beton*. KMTS FT UGM. Yogyakarta.
- Van Der Vlist, A.A. 1980. *The Development of concret blocks in Netherlands*.“ Proc.,ist int.Conf on Concrete Block Paving.
- Wahyuningtias & Khatulistiani. 2021. Kekuatan *Paving block* Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi Universitas Wijaya Kusuma Surabaya*. Vol.9 No.2:125-132. Surabaya.
- Wintoko, B. 2007. *Sukses Wirausaha Batako Paving block* (ISBN (978-602-8005-45-6). Pustaka Baru : Jakarta.
- Zulfi, dkk. 2021. Kualitas *Paving block* dengan Menggunakan Limbah Plastik Polypropylene Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Teknik Universitas Lancang Kuning*. Vol.15 No.2:185-190. Riau.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan



Gambar L-1.1 Saringan



Gambar L-1.2 Mesin Saringan



Gambar L-1.3 Timbangan Digital



Gambar L-1.4 Oven



Gambar L-1.5 Cetakan Benda Uji



Gambar L-1.6 Mesin Uji Kuat Tekan



Gambar L-1.7 Mesin *Mixing*



Gambar L-1.8 Mesin Uji Ketahanan Aus

Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-2.1 Semen (Tiga Roda)



Gambar L-2.2 Agregat Halus, Merapi



Gambar L-2.3 Serbuk Kaca 200 mess



Gambar L-2.4 Air

Lampiran 3 Gambar Pengujian yang Dilakukan



Gambar L-3.1 Perawatan Benda Uji



Gambar L-3.2 Pengeringan Benda Uji



Gambar L-3.3 Pemotongan Benda Uji



Gambar L-3.4 Pengujian Kuat Tekan

Lampiran 4 Hasil Pengujian



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliburang Km 14,6 Telpom (0274) 858444 sbs 3258 & 3259 Yogyakarta

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0	0	100
20.00	0	0	0	100
10.00	0	0	0	100
4.80	33	1,68	1,68	98,32
2.40	84	4,29	5,97	94,03
1.20	297	15,16	21,13	78,87
0.60	761	38,85	59,98	40,02
0.30	578	29,50	89,48	10,52
0.15	154	7,86	97,35	2,65
Sisa	52	2,65	100	0,00
Jumlah	1959	100	275,599	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{275,599}{100}$$

$$= 2,756$$

Gradasi Agregat Halus

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

Keterangan:

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



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalibragg Km 14,5 Telpom (0274) 898444 eks 3258 & 3259 Yogyakarta

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

Hasil Analisis Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah 2
 Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS





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

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	492	491	491,5
Persentase yang lolos ayakan No. 200 $[(W1-W2/W1)] \times 100$	1,60%	1,80%	1,70%



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Telnom (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	9,9 cm
Tinggi Silinder	20 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	3,136	3,136	3,136
Berat Tabung + Agregat SSD	5,054	5,036	5,045
Berat Agregat	1,918	1,900	1,909
Volume Tabung	1539,537	1539,537	1539,537
Berat Volume Gembur	1,246	1,234	1,240

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{1,909}{1539,537} \\
 &= 1,240 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Telp. (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	9.9 cm
Tinggi Silinder	20 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W ₁), gram	3,136	3,136	3,136
Berat Tabung + Agregat SSD	5,544	5,604	5,574
Berat Agregat	2,408	2,468	2,438
Volume Tabung	1539,537	1539,537	1539,537
Berat Volume Padat	1,564	1,603	1,584

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{2,438}{1539,537} \\
 &= 1,584 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalirang Km 14.5 Tejus (0274) 858444 ext. 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR SERBUK KACA

Asal Serbuk Kaca	Pecahan Gelasan
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15.3 cm
Tinggi Silinder	32.7 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	3,136	3,136	3,136
Berat Tabung + Agregat SSD	4,569	4,605	4,587
Berat Agregat	1,4330	1,4690	1,4510
Volume Tabung	6012,0211	6012,0211	6012,0211
Berat Volume Gembur	0,2384	0,2443	0,2413

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{1.4510}{6012.0211} \\
 &= 0.2413 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalirejo Km 14.5 Telpom (0274) 858444 eks 3250 & 3250 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT SERBUK KACA

Asal Serbuk Kaca	Pecahan Gelas
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15,3 cm
Tinggi Silinder	32,7 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	3,1360	3,1360	3,1360
Berat Tabung + Agregat SSD	4,9690	5,0400	5,0045
Berat Agregat	1,8330	1,9040	1,8685
Volume Tabung	6012,0211	6012,0211	6012,0211
Berat Volume Padat	0,3049	0,3167	0,3108

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{1,8685}{6012,021} \\
 &= 0,3108 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpom (0274) 858444 ext. 3289 & 32893 Yogyakarta

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

Nama : M Ihsan Refandri

NIM : 17511134

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT1	57	60	59	61046,39625	17,850
KT2	56	59	60	56143,07125	16,992
KT3	58	57	61	53691,40875	16,241
KT4	57	58	60	39226,6	11,865
KT5	60	57	59	54426,9075	15,914
KT6	59	58	61	57859,235	16,908
KT7	58	59	61	61291,5625	17,911
KT8	57	58	60	56388,2375	17,056
KT9	57	57	59	60556,06375	18,638
KT10	59	58	61	64233,5575	18,771
Rerata					16,8147
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT11	56	58	59	64478,72375	19,852
KT12	58	60	59	56878,57	16,344
KT13	59	56	59	58349,5675	17,660
KT14	58	57	61	51239,74625	15,499
KT15	59	58	59	70117,5475	20,490
KT16	57	56	61	52955,91	16,590
KT17	59	58	60	58349,5675	17,051
KT18	57	57	59	60801,23	18,714
KT19	57	56	60	61291,5625	19,202
KT20	58	59	61	63988,39125	18,699
Rerata					18,0102



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Talaga, (82741) 858444, eks. 3280 & 3289 Yogyakarta

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT21	58	57	61	57123,73625	17,279
KT22	56	58	59	71343,37875	21,965
KT23	57	60	58	57614,06875	16,846
KT24	57	58	59	59330,2325	17,946
KT25	56	57	62	70117,5475	21,967
KT26	58	58	58	67175,5525	19,969
KT27	59	56	58	59820,565	18,105
KT28	57	60	60	54917,24	16,058
KT29	58	59	61	62468,3605	18,255
KT30	61	58	60	57614,06875	16,284
Rerata					18,4675
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT31	56	57	60	48052,585	15,054
KT32	56	58	62	47562,2525	14,644
KT33	57	57	60	50259,08125	15,469
KT34	58	58	59	47071,92	13,993
KT45	58	57	58	54672,07375	16,537
KT36	57	58	61	41187,93	12,459
KT37	57	57	59	49278,41625	15,167
KT38	60	58	60	46581,5875	13,386
KT39	58	56	59	45846,08875	14,115
KT40	57	58	59	50749,41375	15,351
Rerata					14,6174
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT41	57	59	62	52220,41125	15,528
KT42	57	58	61	48297,75125	14,609
KT43	58	58	59	52220,41125	15,523



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kallurang Km 14.5 Telpom (0274) 858444 ext. 3258 & 3259 Yogyakarta

KT44	58	57	60	44865,42375	13,571
KT45	57	58	59	43884,75875	13,274
KT46	56	59	61	50994,58	15,434
KT47	59	57	61	44620,2575	13,268
KT48	58	57	60	44129,925	13,348
KT49	57	58	59	40452,43125	12,236
KT50	56	57	61	49523,5825	15,515
Rerata					14,2307

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
 Kepala Laboraturium



(Malik, Mughnitha, S.T., M.Eng)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Telpom (0274) 858444 eks 3250 & 3252 Yogyakarta

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

Nama : M Ihsan Refandri

NIM : 17511134

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P1	2691	2487	8,2027
P2	2735	2540	7,6772
P3	2548	2376	7,2391
P4	2628	2427	8,2818
P5	2645	2439	8,4461
Rata – Rata			7,9694
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P6	2625	2483	5,7189
P7	2604	2441	6,6776
P8	2659	2455	8,3096
P9	2627	2449	7,2683
P10	2678	2505	6,9062
Rata – Rata			6,9761
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P11	2643	2492	6,0594
P12	2653	2487	6,6747
P13	2673	2514	6,3246
P14	2692	2506	7,4222
P15	2623	2462	6,5394
Rata – Rata			6,6041



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalbarang Km. 14.5 Tritis (0274) 858444 eks. 3259 & 3257 Yogyakarta

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P16	2531	2398	5,5463
P17	2578	2407	7,1043
P18	2533	2382	6,3392
P19	2501	2341	6,8347
P20	2565	2452	4,6085
Rata – Rata			6.0866
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P21	2669	2575	3,6505
P22	2630	2491	5,5801
P23	2587	2413	7,2109
P24	2584	2480	4,1935
P25	2618	2563	2,1459
Rata – Rata			4.6153

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
 Kepala Laboratorium

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

(Malik Mushthofa, S.T., M.Eng)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalisrnga Km 14.5 Telpom (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**LAPORAN PENGUJIAN KETAHANAN AUS PAVING BLOCK
 (SNI 03-0691-1996)**

Pengirim : M Ihsan Refandri
NIM : 17511134
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA1	100,47	99,59	0,176	0,2464
KA2	98,25	97,31	0,188	0,2615
KA3	107,78	106,93	0,17	0,2388
KA4	106,12	105,15	0,194	0,2690
KA5	98,37	97,54	0,166	0,2338
Rata-rata				0,24988
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA6	90,78	89,92	0,172	0,24132
KA7	85,98	85,14	0,168	0,23628
KA8	95,26	94,25	0,202	0,27912
KA9	105,14	104,32	0,164	0,23124
KA10	113,46	112,62	0,168	0,23628
Rata-rata				0,24485
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA11	105,52	104,75	0,154	0,21864
KA12	90,13	89,18	0,19	0,264
KA13	117,62	116,74	0,176	0,24636
KA14	105,14	104,25	0,178	0,24888
KA15	107,7	106,91	0,158	0,22368
Rata-rata				0,24031



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Telpun (0274) 856444 eks 3280 & 3289 Yogyakarta

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA16	92,15	91,05	0,22	0,3018
KA17	98,86	97,82	0,208	0,28668
KA18	96,90	95,83	0,214	0,29424
KA19	90,63	89,57	0,212	0,29172
KA20	106,21	105,25	0,192	0,26652
Rata-rata				0,28819
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA21	112,71	111,27	0,288	0,38748
KA22	99,13	98,13	0,2	0,2766
KA23	99,99	99,02	0,194	0,26904
KA24	99,67	98,59	0,216	0,29676
KA25	91,39	90,28	0,222	0,30432
Rata-rata				0,30684

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
 Kepala Laboratorium



(Malik Mushthofa, S.T., M.Eng)

Lampiran 5 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium



SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 11 /Ka.Lab/60/LBKT/1/2023

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Malik Mushthofa, S.T., M.Eng
 NIK : 185111302
 Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : M. IHSAN REFANDRI
 N I M : 17511134
 Program Studi : Teknik Sipil
 Dosen Pembimbing TA : Elvis Saputra, S.T, M.T.
 Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS DAN PENYERAPAN AIR PADA PAVING BLOCK" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya^{*)}.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 12 Januari 2023

Administrasi Laboratorium

Kepala Laboratorium BKT,



Daru Salam, AMd



Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.

^{*)} Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 6 Surat Keterangan Bebas Plagiasi



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

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 1988796995/Perpus./10/Dir.Perpus/I/2023

Bismillaahirrahmaanirrahim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : M Ihsan Refandri
Nomor Mahasiswa : 17511134
Pembimbing : Elvis Saputra,S.T., M.T.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ TEKNIK SIPIL
Judul Karya Ilmiah : PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA SEBAGAI
SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN,
KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR PADA PAVING
BLOCK

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **16 (Enam Belas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 1/5/2023

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.