TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *FLY ASH* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP MUTU *PAVING BLOCK* (*THE EFFECT OF ADDING FLY ASH VARIATIONS AS A PARTICULAR REPLACEMENT OF CEMENT TO THE QUALITY OF PAVING BLOCKS)*

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

Fanissa Lifnastiti
18511202

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *FLY ASH* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP MUTU *PAVING BLOCK*

(THE EFFECT OF ADDING FLY ASH VARIATIONS AS A PARTICULAR REPLACEMENT OF CEMENT TO THE QUALITY OF PAVING BLOCKS)

Disusun Oleh

Fanissa Lifnastiti
18511202

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji 10 Oktober 2022

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.	**Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.**	**Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.**
NIK: 165111301	**NIK: 185111304**	**NIK: 185111302**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, September 2022

Yang membuat pernyataan,



Fanissa Lifnastiti

(18511202)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahi Rabbil Alamin, segala puji dan syukur atas kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir saya yang berjudul "Pengaruh Variasi Penambahan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block*".

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan jenjang studi tingkat Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini saya ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dan selalu memberikan dukungan kepada saya selama penyusunan Tugas Akhir ini.

1. Bapak Lipneldi, M.Si dan Ibu Tri Jayaningsih, S.Pd selaku orang tua saya yang selalu tanpa lelah memberikan do'a, nasihat, material dan semangat kepada saya dalam proses dan penyelesaian Tugas Akhir ini
2. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
3. Ibu Astriana Hardawati S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih untuk segala bimbingan, nasihat, saran dan dukungan yang telah diberikan kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini
4. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data pengujian
5. Bapak Suluk dan Mas Andi yang telah membantu dalam proses pembuatan sampel *paving block* di Pusat Inonasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.

6. M. Fahrul Rozi yang telah membantu saya dalam proses pembuatan *paving block* dan selalu memberikan *support* kepada saya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini
7. Shofia Agil, Nurul Tri Oktaviani, dan Tiara Ajeng, Annisa Dira selaku sahabat seperjuangan saya yang selalu memberi semangat, do'a dan selalu mendengarkan keluh kesah saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini
8. Ambya, Suceng, Minuk, Dora, Delvi, Usik selaku teman seangkatan sesama pejuang skripsi yang selalu memberikan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang juga ikut terlibat selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Saya menyadari Tugas Akhir saya ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun diperlukan dari semua pihak agar Tugas Akhir ini dapat lebih baik lagi.

Akhir kata saya berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi segenap pembaca dan dapat menambah pengetahuan di masa mendatang.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, September 2022

Penulis,

Fanissa Lifnastiti

(18511202)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Penelitian Terdahulu 6
2.3 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 8
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1 *Paving Block* 13
3.1.1 Persyaratan Mutu *Paving Block* 14
3.1.2 Klasifikasi *Paving Block* 16
3.1.3 Keuntungan Penggunaan *Paving Block* 18
3.1.4 Kekurangan Penggunaan *Paving Block* 18
3.2 Bahan Pembuatan *Paving Block* 19

3.2.1 Semen Portland 19
3.2.2 Agregat Halus 20
3.2.3 Air 21
3.2.4 *Fly Ash* 22
3.3 Pengujian *Paving Block* 25
3.3.1 Kuat Tekan *Paving Block* 25
3.3.2 Penyerapan Air 26
3.3.3 Ketahanan Aus 26
BAB IV METODE PENELITIAN 28
4.1 Tinjauan Umum 28
4.2 Variabel Penelitian 28
4.3 Teknik Pengumpulan Data 29
4.4 Komposisi Sampel 30
4.5 Persiapan Alat dan Bahan 30
4.5.1 Alat 30
4.5.2 Bahan 34
4.6 Tahapan Pengujian Kualitas Material 36
4.6.1 Pemeriksaan Kualitas Semen 36
4.6.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 36
4.6.3 Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus 37
4.6.4 Pengujian Berat Volume Agregat Halus 38
4.7 Tahapan Pembuatan dan Perawatan Benda Uji 39
4.7.1 Pembuatan Benda Uji 39
4.7.2 Perawatan Benda Uji 39
4.7.3 Pemotongan Benda Uji 39
4.8 Pengujian Benda Uji 40
4.9 Bagan Alir Penelitian 41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 43
5.1 Tinjauan Umum 43
5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan 43
5.2.1 Pengujian Semen 43

5.2.2 Pengujian Air 43
5.2.3 Pengujian Agregat Halus (Pasir) 44
5.2.4 *Fly Ash* 47
5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran 47
5.4 Kuat Tekan *Paving Block* 49
5.5 Penyerapan Air *Paving Block* 63
5.6 Ketahanan Aus *Paving Block* 69
5.7 Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block* 77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 81
6.1 Kesimpulan 81
6.2 Saran 82
DAFTAR PUSTAKA 81
LAMPIRAN 86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1	Sifat-Sifat Fisika	15
Tabel 3.2	Kandungan Dalam *Fly Ash*	24
Tabel 3.3	Persyaratan Kimia *Fly Ash*	25
Tabel 4.1	Komposisi Sampel pada *Paving Block*	30
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	44
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	45
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus	46
Tabel 5.4	Komposisi Campuran *Paving Block*	49
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 0%	51
Tabel 5.6	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 0%	51
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 2%	52
Tabel 5.8	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 2%	52
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 2,5%	53
Tabel 5.10	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 2,5%	53
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 3%	54
Tabel 5.12	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 3%	54
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 3,5%	55
Tabel 5.14	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 3,5%	55
Tabel 5.15	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 4%	56
Tabel 5.16	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 4%	56
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 4,5%	57
Tabel 5.18	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 4,5%	57
Tabel 5.19	Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 5%	58
Tabel 5.20	Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 5%	58

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 5,5% 59
Tabel 5.22 Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 5,5% 59
Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Rata-Rata Kuat Tekan dan Penggolongan Mutu *Paving Block* 60
Tabel 5.24 Kenaikan dan Penurunan Kuat Tekan *Paving Block Fly Ash* terhadap *Paving Block* Normal 61
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 0% 64
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 2% 64
Tabel 5.27 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 2,5% 64
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 3% 65
Tabel 5.29 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 3,5% 65
Tabel 5.30 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 4% 65
Tabel 5.31 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 4,5% 66
Tabel 5.32 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 5% 66
Tabel 5.33 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 5,5% 66
Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Rata-Rata Penyerapan Air dan Penggolongan Mutu *Paving Block* 67
Tabel 5.35 Kenaikan dan Penurunan Penyerapan Air *Paving Block Fly Ash* terhadap *Paving Block* Normal 68
Tabel 5.36 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 0% 71
Tabel 5.37 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 2% 71
Tabel 5.38 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 2,5% 71
Tabel 5.39 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 3% 72
Tabel 5.40 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 3,5% 72
Tabel 5.41 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 4% 72
Tabel 5.42 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 4,5% 73
Tabel 5.43 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 5% 73
Tabel 5.44 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 5,5% 73
Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Rata-Rata Ketahanan Aus dan Penggolongan Mutu *Paving Block* 74

Tabel 5.46 Kenaikan dan Penurunan Ketahanan Aus *Paving Block Fly Ash* terhadap *Paving Block* Normal 75

Tabel 5.47 Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Mutu *Paving Block* 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Penggunaan *Paving Block* Sebagai Perkerasan Jalan	1
Gambar 3.1	Penggunaan *Paving Block* Pada Taman	13
Gambar 3.2	Penggunaan *Paving Block* Pada Trotoar	14
Gambar 3.3	Bentuk *Paving Block*	16
Gambar 3.4	Pola Pemasangan *Paving Block*	18
Gambar 4.1	Dimenasi *Paving Block*	28
Gambar 4.2	Timbangan	31
Gambar 4.3	Cetok	31
Gambar 4.4	Mesin Cetak *Paving Block*	32
Gambar 4.5	Jangka Sorong	32
Gambar 4.6	Oven	33
Gambar 4.7	Alat Pemotong *Paving Block*	33
Gambar 4.8	Semen Tiga Roda	34
Gambar 4.9	Agregat Halus (Pasir)	35
Gambar 4.10	*Fly Ash*	35
Gambar 4.11	Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 5.1	Grafik Rata-Rata Kuat Tekan *Paving Block*	60
Gambar 5.2	Grafik Kenaikan dan Penurunan Kuat Tekan *Paving Block Fly Ash* Terhadap *Paving Block* Normal	61
Gambar 5.3	Grafik Rata-Rata Penyerapan Air *Paving Block*	67
Gambar 5.4	Grafik Kenaikan dan Penurunan Penyerapan Air *Paving Block Fly Ash* Terhadap *Paving Block* Normal	68
Gambar 5.5	Grafik Rata-rata Ketahanan Aus *Paving Block*	75
Gambar 5.6	Grafik Kenaikan dan Penurunan Ketahanan Aus *Paving Block Fly Ash* terhadap *Paving Block* Normal	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Izin Penggunaan Laboratorium	87
Lampiran 2	Gambar Alat yang Digunakan	89
Lampiran 3	Gambar Bahan yang Digunakan	95
Lampiran 4	Gambar Proses Pengujian Properties	97
Lampiran 5	Gambar Proses Pembuatan *Paving Block*	99
Lampiran 6	Gambar Proses Pengujian *Paving Block*	102
Lampiran 7	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*	104
Lampiran 8	Laporan Sementara Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*	110
Lampiran 9	Laporan Sementara Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*	114
Lampiran 10	Gambar Hasil Uji Kuat Tekan	118
Lampiran 11	Gambar Hasil Uji Ketahanan Aus	119

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SNI	= Standar Nasional Indonesia
f'c	= Kuat tekan paving block (MPa)
MPa	= Megapascal
P	= Beban maksimum (N)
L	= Luas bidang permukaan (mm^2)
A	= Berat paving block basah (gram)
B	= Berat paving block kering (gram)
G	= Kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)
PCC	= Portland cement composite
°C	= Derajat Celsius
Bk	= Berat benda uji kering oven (gram)
Bt	= Berat piknometer berisi air (gram)
SSD	= *Saturated surfaced dry*
V	= Volume (cm^3)
p	= Panjang (cm)
l	= Lebar (cm)
L	= Luas Penampang (cm^2)
$f'c_m$	= Kuat tekan rata-rata
D	= Keausan (mm/menit)
D_m	= Keausan rata-rata
mm	= Milimeter
cm	= Centimeter
gr	= gram
kN	= Kilonewton
Kg	= Kilogram

ABSTRAK

Paving block merupakan salah satu infrastruktur yang sering digunakan dalam perkerasan jalan, taman kota, trotoar dan lainnya. Banyak penelitian mengenai *paving block* yang menggunakan bahan pengganti pada campuran penyusun. Salah satu bahan pengganti yang digunakan yaitu limbah pembakaran batu bara (*fly ash*). Untuk itu penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan, penyerapan air, ketahanan aus pada persentase *fly ash* 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% dari berat semen, nilai optimum serta pengaruh mutu dengan penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eskperimen dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan campuran pengganti dalam pembuatan *paving block.* Pembuatan *paving block* mengacu pada SNI 03-0691-1996 dengan jumlah 180 sampel. *Paving block* berukuran 20 cm x 10 cm dan tebal 6 cm. Pengujian *paving block* dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata kuat tekan pada persentase 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% berturut turut 20,692 MPa, 30,656 MPa, 20,745 MPa, 22,909 MPa 24, 564 MPa, 17,972 MPa, 16,033 MPa, 15,634 MPa dan 20,726 MPa. Nilai rata-rata penyerapan air sebesar 8,268%, 6,661%, 7,963%, 8,573%, 8,760%, 6,866%, 8,601%, 7,837%, dan 10,442%. Nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,195 mm/menit, 0,160 mm/menit, 0,178 mm/menit, 0,197 mm/menit, 0,219 mm/menit, 0,254 mm/menit, 0,241 mm/menit, 0,234 mm/menit dan 0,235 mm/menit. *Paving block* dengan nilai optimum dilihat dari ketiga parameter yaitu kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus didapatkan pada persentase 2%. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen pada *paving block* dapat meningkatkan mutu *paving block*. *Paving block* persentase 0% masuk pada mutu D dan pada *paving block* persentase 2% meningkat menjadi mutu C mengacu pada ketiga parameter SNI 03-0691-1996.

Kata kunci : *Paving block, Fly ash*, Kuat tekan, Penyerapan air, Ketahanan aus dan mutu

ABSTRACT

A paving block is one of the infrastructures that is often used in road pavements, city parks, sidewalks, and others. Many studies on paving blocks that use substitute materials in the constituent mixture. One of the substitute materials used is coal-burning waste (fly ash). For this reason, research was conducted to determine the value of compressive strength, water absorption, and wear resistance at the percentage of fly ash 0%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5% and 5,5% of cement weight, optimum value and quality effect with the addition of fly ash as a partial cement replacement. The method used in this study is an experimental method using fly ash as a substitute mixture in manufacturing paving blocks. The manufacture of paving blocks refers to SNI 03-0691-1996 with 108 samples. Paving block measuring 20 cm x 10 cm and 6 cm thick. Paving block testing was carried out at the age of 28 days.The results showed the average value of compressive strength at the percentage of 0%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5% and 5.5% respectively 20,692 MPa, 30,656 MPa, 20,745 MPa, 22,909 MPa, 24,564 MPa, 17,972 MPa, 16,033 MPa, 15,634 MPa and 20,726 MPa. The average value of water absorption is 8.268%, 6.661%, 7.963%, 8.573%, 8.760%, 6.866%, 8.601%, 7.837%, and 10.442%. The average value of wear resistance is 0.195 mm/minute, 0.160 mm/minute, 0.178 mm/minute, 0.197 mm/minute, 0.219 mm/minute, 0.254 mm/minute, 0.241 mm/minute, 0.234 mm/minute and 0.235 mm/minute. The paving block with optimum value seen from the three parameters, namely compressive strength, water absorption, and wear resistance, was obtained at 2%. The results showed that using fly ash as a partial substitute for cement in paving blocks can improve the quality of paving blocks. Paving block with 0% percentage is of D quality, and 2% of paving blocks has increased to C quality, referring to the three parameters of SNI 03-0691-1996.

Keywords *: Paving block, fly ash, compressive strength, water absorption, wear resistance and quality*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur yang semakin besar di Indonesia membawa pengaruh dalam perkembangan teknologi bahan bangunan. Salah satu bahan bangunan yang sering digunakan dalam dunia infrastruktur yaitu beton. Beton dibagi menjadi beberapa jenis tergantung dari bahan pembuatan beton tersebut, salah satunya adalah bata beton (*paving block)*. Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (SNI 03-0691-1996). *Paving block* merupakan salah satu infrastruktur yang sering digunakan dalam perkerasan jalan, taman kota, trotoar, tempat parkir dan lainnya. Adapun contoh penggunaan *paving block* sebagai perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1.1 Penggunaan *Paving Block* Sebagai Perkerasan Jalan
(Sumber:*Google*)

Penggunaan *paving block* dalam kalangan masyarakat semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya penelitian mengenai *paving block*. Sari, K.I. dkk (2019) melakukan penelitian mengenai *paving block* dengan memanfaatkan limbah *plastic*. Adi, A (2017) juga melakukan penelitian mengenai *paving block* dengan

menambahkan *fly ash*. Penelitian tentang *fly ash* pada *paving block* juga dilakukan satu tahun berikutnya oleh Nursilawati, L. I. (2018) dan mendapatkan hasil yang sedikit berbeda dari penelitian tahun sebelumnya.

Berdasarkan referensi, terdapat beberapa kelebihan dalam menggunakan *paving block* seperti pembuatannya yang *relative* cepat, mudah dipasang maupun dibongkar, perawatannya yang gampang, serta memiliki banyak bentuk dan warna sehingga dapat menambah daya tarik masyarakat. Selain kelebihan, *paving block* juga memiliki kekurangan salah satunya yakni memiliki batas kekuatan yang membuatnya tidak mampu menahan beban yang berlebihan. Batas kekuatan yang dimaksud merupakan kelas mutu *paving block* yang terbagi menjadi empat kelas yakni kelas A,B,C dan D yang dimana masing-masing kelas memiliki nilai mutu yang berbeda. Untuk mengetahui mutu dari *paving block* tersebut maka diperlukan suatu pengujian yaitu uji kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus, nilai yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut dapat menggolongkan *paving block* termasuk ke dalam mutu kelas A,B,C, atau D.

Pedoman *paving block* terdapat pada SNI 03-0691-1996, didalam SNI tersebut menjelaskan langkah-langkah pengujian *paving block* dan dalam SNI menjelaskan nilai kuat tekan tertinggi berada pada mutu A sebesar 40 MPa namun didalam SNI tidak disebutkan perbandingan semen dan pasir agar dapat mencapai target mutu tersebut. Semen dalam campuran pembuatan *paving block* memiliki fungsi yang penting yakni sebagai pengikat campuran, yang diikat dalam campuran yakni agregat halus (pasir). Sehingga, apabila perbandingan semen tetap dan pasir yang semakin meningkat maka kemampuan daya ikat yang dimiliki oleh semen semakin berkurang. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Priambudi, G.A (2019) dengan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:6 ; 1:5 dan 1:4 didapatkan hasil kuat tekan tertinggi pada komposisi 1:4 dan masuk pada mutu B.

Pengunaan *fly ash* sebagai substitusi pengganti semen dalam penelitian ini dikarenakan seperti yang terdapat dalam penelitian Ola, A.L dkk pada tahun 2019 tentang "Pengaruh *Fly Ash* Dari Limbah Padat Pabrik Minyak Nabati Dalam

Produksi *Paving Block*" bahwa *fly ash* memiliki partikel yang halus serta kandungan oksida silika yang apabila bercampur dengan air maka akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen sehingga menghasilkan kemampuan mengikat seperti halnya semen. Mulyati dan Maliar (2015) yang ditulis di dalam penelitian Priambudi, G.A (2019) yang berjudul Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengisi Dalam Pembuatan *Paving Block* Ditinjau Dari Kuat Tekan menyebutkan bahwa penambahan *fly ash* pada *paving block* dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada *paving block*, pembuatan *paving block* dengan penambahan *fly ash* sebesar 30% memberikan peningkatan kuat tekan sebesar 52,18%.

Fly ash banyak digunakan sebagai bahan substitusi pengganti semen selain karena harga yang jauh lebih ekonomis dapat juga mengurangi polusi akibat pemakaian dari semen itu sendiri. Dengan harga *fly ash* yang lebih ekonomis maka dalam pembuatan *paving block* tidak perlu mengeluarkan banyak biaya produksi, meskipun biaya produksi murah tidak akan mengurangi kualitas dari *paving block* itu sendiri. Adapun harga *fly ash* di kab. Malang, Jawa Timur yakni Rp.15.000 per 40kg dan untuk harga semen di Kab. Sleman, Yogyakarta berkisar antara Rp.45.000-50.000 per sak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nursilawati, L. I (2018) juga menggunakan perbandingan semen dan pasir 1:4 dengan menggunakan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran, didapatkan nilai optimal dengan variasi penambahan sebesar 2,5%. Berdasarkan penelitian terdahulu maka dalam penelitian ini menggunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:4 dan menggunakan persentase variasi *fly ash* 0%, 2% hingga 5,5% dari berat semen dengan kenaikan setiap 0,5%

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang maka beberapa permasalahan yang dapat ditarik yaitu

1. Bagaimana nilai kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus pada *paving block* dengan penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen?
2. Berapakah persentase penambahan *fly ash* pada *paving block* yang paling optimum?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap mutu pada *paving block*?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan,penyerapan air dan ketahanan aus pada *paving block* dengan penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen
2. Mengetahui persentase penambahan *fly ash* pada *paving block* yang paling optimum
3. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap mutu pada *paving block*

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya yaitu:

1. Mendapatkan nilai kuat tekan, penyerapan air dan nilai ketahanan aus maksimal dalam pembuatan *paving block* dengan campuran *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen.
2. Memperoleh kualitas *paving block* yang baik dengan harga produksi yang rendah
3. Dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi bahan bangunan khususnya dalam memproduksi *paving block*

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan antara semen dan pasir yang digunakan dengan komposisi 1Pc : 4Ps

2. Persentase penambahan *fly ash* sebagai substitusi semen yakni 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5%
3. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 180 sampel dengan rincian 10 buah pengujian kuat tekan, 5 buah pengujian penyerapan air, dan 5 buah pengujian ketahanan aus
4. *Paving block* dibuat dengan ukuran 20 cm x 10 cm dengan tebal 6 cm.
5. Akan dilakukan beberapa uji kelayakan berupa:
   a. Uji kuat tekan
   b. Uji Penyerapan Air
   c. Uji Ketahanan Aus
6. Pengujian benda uji mengacu pada SNI 03-0691-1996
7. Pengujian benda uji dilakukan setelah *paving block* berusia 28 hari.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam melakukan penelitian mengenai "Pengaruh Variasi Penambahan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block*" dilakukan peninjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu. Didapatkan 4 penelitian terhadulu sebagai tinjauan

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Adi, A (2017) telah melakukan penelitian dengan judul "Analisa Persentase Penambahan *Fly ash* dan Bottom Ash Pada Campuran Beton Dalam Pembuatan *Paving Block* ". Penelitian ini menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan tambah dalam campuran pembuatan *paving block* . Dengan dilakukan penelitian ini maka dapat mengetahui nilai kuat tekan maksimal pada *paving block* setelah penambahan *fly ash* dan *bottom ash* dalam campuran pembuatannya. Hasil yang didapatkan dari pengujian dengan penambahan *fly ash* dengan persentase 2% kuat tekan rata-rata 53,95 MPa, persentase 3% kuat tekan rata-rata 79,559 MPa, persentase 4% kuat tekan rata-rata 81,396 MPa, persentase 5% kuat tekan rata-rata 85,720 MPa dan mengalami penurunan nilai rata-rata kuat tekan pada persentase 6 dan 7%. Pada penambahan *bottom ash* dengan persentase 2% memenuhi syarat yakni masuk ke dalam mutu D.
2. Marwan, M., dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Terbang (*Fly Ash*) Dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*". Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh *fly ash* dan cangkang lokan sebagai

pengganti sebagian semen pada *paving block* yang ditinjau dari nilai kuat tekan. Penelitian tersebut menggunakan variasi pengganti sebesar 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dengan pengujian kuat tekan *paving block* pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Nilai optimum didapatkan pada variasi 7,5% dengan nilai rata-rata kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari berturut turut yaitu 31,19 MPa, 33,55MPa dan 34,74 MPa. Peningkatan terjadi pada umur 28 hari dengan kenaikan sebesar 23,19% dan penurunan nilai kuat tekan terjadi pada variasi 10%.

3. Nursilawati, L. I. (2018) penelitian mengenai pemanfaatan limbah batu bara (*Fly Ash*) sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan *paving block* dengan variasi pengganti semen dengan *fly ash* menggunakan persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat total semen. Penelitian tersebut dilakukan dengan uji pendahuluan untuk menguji sifat fisik dan mekanik bahan. Tujuan Penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu batu bara (*fly ash*) terhadap sifat mekanik *paving block* dan mengetahui perbandingan optimum penggantian semen dalam memperoleh kekuatan maksimum pada *paving block*. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil nilai kuat tekan tertinggi didapat pada benda uji *paving block* dengan penggunaan 2,5% *fly ash* sebesar 22,5 MPa dan nilai ketahanan impact tertinggi pada campuran 2,5% *fly ash* sebesar 115,337 joule sedangkan pada nilai kuat tarik belah pada *paving block* normal didapatkan hasil rata-rata sebesar 2,455 MPa namun dengan penggantian semen menggunakan *fly ash* didapatkan nilai kuat tarik belah menurun dengan hasil 2,123 MPa, 1,858 MPa, dan 1,460 MPa . Dengan penelitian tersebut diketahui bahwa nilai kuat tekan dan ketahanan impact dengan menggunakan *fly ash* lebih tinggi kekuatannya namun pada kuat tarik belah mengalami penurunan kekuatan.
4. Prasetyo Kuncoro, A., (2018) melakukan penelitian dengan judul "Analisis Kuat Tekan Dan Serapan Air *Paving Block* Dengan Pemakaian *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen". Penelitian tersebut dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian tersebut menggunakan variasi

penambahan abu terbang (*fly ash*) 0%, 10%, 15% dan 20% terhadap berat semen dengan perbandingan pasir dan semen yaitu 1:7. Tujuan penelitian ini yakni dapat mengetahui besar nilai kuat tekan dan serapan air yang diperoleh pada umur 7 hari. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil nilai kuat tekan pada variasi 0%, 10%, 15% dan 20% berturut turut sebesar 85,07 kg/cm^2, 88,54 kg/cm^2, 97,92 kg/cm^2 dan 62,85 kg/cm^2. Nilai serapan air yang diperoleh pada variasi 0%, 10%, 15% dan 20% berturut turut sebesar 9,16%, 8,87%, 8,84% dan 10,09%. Dari penelitian didapatkan nilai kuat tekan optimum ada pada variasi *fly ash* 15% yaitu sebesar 97,92 kg/cm^{2,} terjadi penurunan kuat tekan pada varasi 20%, nilai penyerapan air pada variasi 0%, 10% dan 15% masuk kedalama kelas mutu D sedangkan pada variasi 20% tidak masuk kedalam kelas mutu karena nilai tidak memenuhi syarat SNI 03-0691-1996.

5. Harystama, A., dkk (2020) dengan penelitian berjudul "Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*". Penelitian ini merupakan penelitian metode eskperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto dengan variasi campuran *fly ash* 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen dengan benda uji berbentuk kubus dengan Panjang 6 cm dan lebar 6 cm. Penelitian ini bertujuan agar mengetahui nilai kuat tekan *paving block* pada setiap variasi campuran. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% berturut turut yaitu 7,22 MPa, 8,1 MPa, 8,42 MPa dan 9,34 MPa. Nilai optimum kuat tekan ada pada variasi *fly ash* 20% dengan nilai 9,34 MPa.

2.3 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu diatas yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan maka dapat diperoleh pokok masalah perbandingan ataupun perbedaannya. Adapun perbedaan dari penelitian terdahulu dengan penelitian-penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Adi, A (2017)	Marwan, M., dkk (2017)	Nursilawati, L. I. (2018)	Prasetyo Kuncoro, A., (2018)	Harystama, A., dkk (2020)	Lifnastiti, F. (2022)
Judul Penelitian	Analisis Persentase Penambahan *Fly ash* dan *Bottom Ash* Pada Campuran Beton Dalam Pembuatan *Paving block*	Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Terbang (*Fly ash*) Dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tekan *Paving block*	Pemanfaatan Limbah Batu Bara (*Fly ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan *Paving block*	Analisis Kuat Tekan Dan Serapan Air *Paving block* Dengan Pemakaian *Fly ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen	Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly ash*) Terhadap Kuat Tekan *Paving block*	Pengaruh Variasi Penambahan *Fly-Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving block*
Tujuan Penelitian	1.Tujuan penelitian ini yakni untuk mengetahui campuran beton	1.Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui	1.Untuk mengetahui bagaimana pengaruh	1. Tujuan penelitian ini yaitu dapat mengetahui besar nilai kuat tekan dan	1.Tujuan penelitian ini untuk mengetahui	1. Mengetahui nilai kuat tekan ,penyerapan air dan ketahanan

Nama Peneliti	Adi, A (2017)	Marwan, M., dkk (2017)	Nursilawati, L. I. (2018)	Prasetyo Kuncoro, A., (2018)	Harystama, A., dkk (2020)	Lifnastiti, F. (2022)
	tanpa menggunakan bahan tambah 2.Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penambahan persentase bahan tambah *fly ash* dan *bottom ash*.	pengaruh *fly ash* dan cangkang lokan ditinjau dari kuat tekan	penggantian sebagian semen dengan abu batu bara (*fly ash*) terhadap sifat mekanik *paving block.* 2.Untuk mengetahui perbandingan optimum penggantian semen dalam memperoleh kekuatan maksimum pada *paving block.*	serapan air yang diperoleh pada umur 7 hari	nilai kuat tekan *paving block* pada setiap variasi campuran	aus pada *paving block* 2.Mengetahui nilai optimum yang didapatkan pada variasi *fly ash* 3.Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap mutu pada *paving block.*

Nama Peneliti	Adi, A (2017)	Marwan, M., dkk (2017)	Nursilawati, L. I. (2018)	Prasetyo Kuncoro, A., (2018)	Harystama, A., dkk (2020)	Lifnastiti, F. (2022)
Metode Penelitian	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan penambahan *fly ash* dan *bottom ash* dalam campuran pembuatan *paving block*.	Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan *fly ash* dan cangkang lokan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.	Penelitian tersebut dilakukan dengan uji pendahuluan untuk menguji sifat fisik dan mekanik bahan. Dengan beberapa variasi persentase *fly ash*	Penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dengan perbandingan campuran pasir dan semen 1:7 dan diuji pada umur 7 hari.	Penelitian merupakan penelitian eksperimen dengan perbandingan bahan 1: 4 dan diuji pada umur 28 hari.	Penelitian dilakukan dengan penambahan beberapa variasi persentase *fly ash* dari total berat semen dengan pengujian benda uji setelah berumur 28hari.

Nama Peneliti	Adi, A (2017)	Marwan, M., dkk (2017)	Nursilawati, L. I. (2018)	Prasetyo Kuncoro, A., (2018)	Harystama, A., dkk (2020)	Lifnastiti, F. (2022)
Hasil	Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut yakni nilai kuat tekan rata-rata tertinggi dengan penambahan *fly ash* didapatkan pada persentase 5% dan pada penambahan *bottom ash* didapatkan hasil yang memenuhi mutu D pada persentase 2%.	Hasil penelitian tersebut yakni nilai kuat tekan optimum didapatkan pada variasi 7,5% di umur 28 hari sebesar 34,74 MPa. Nilai kuat tekan pada umur 28 hari meningkat 23,19%.	Dari penelitian didapatkan nilai tertinggi pada 2,5% *fly ash* pada kuat tekan sebesar 22,5 MPa dan ketahanan impact sebesar 115,337 joule. Pada pengujian kuat tarik didapatkan nilai kuat tarik menurun yakni dengan hasil 2,123 MPa, 1,858 MPa, dan 1,460 MPa.	Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan optimum didapatkan pada variasi 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 97,92% kg/cm2 dan pada serapan air pada variasi 0%, 10%, 15% diperoleh mutu D sedangkan variasi 20% tidak memenuhi syarat mutu *paving block*.	Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan optimum ada pada variasi *fly ash* 20% dengan rata-rata kuat tekan sebesar 9,34 MPa dan memenuhi mutu *paving block* D menurut SNI 03-0691-1996.	

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

Di Indonesia *paving block* sudah dipergunakan sejak tahun 1977 atau 1978 dengan pemasangan pertama pada trotoar jalan Thamrin dan juga pada terminal bus kota di Pulogadung (https://jayaberkahconcrete.com/2021/10/02/sejarah-paving/). Pemakaian *paving block* mulai tersebar luas hampir ke suluruh bagian Indonesia karena *paving block* termasuk salah satu bagian konstruksi yang praktis baik dalam hal pembuatan dan juga pemasangannya. Penggunaan *paving block* sendiri biasanya terdapat pada tempat-tempat seperti taman, trotoar di jalan kota, tempat parkir dan lainnya. Berikut merupakan penggunaan *paving block* di beberapa tempat dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 dibawah ini



Gambar 3.1 Penggunaan *Paving Block* Pada Taman
(Sumber:*Google*)



Gambar 3.2 Penggunaan *Paving Block* Pada Trotoar
(Sumber:*Google*)

Paving block atau yang biasa disebut dengan *conblock* merupakan suatu susunan bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat baik dengan bahan tambah atau tanpa bahan tambah yang hal mana tersebut tidak mengurangi mutu *paving block* itu sendiri (SNI 03-0691-1996).

Penggunaan *paving block* banyak diminati oleh masyarakat kalangan umum selain harga yang terjangkau murah penggunaan *paving block* pada taman,trotoar juga dapat membuat suasana menjadi lebih tidak terlalu terasa panas dibanding dengan penggunaan cor beton.

3.1.1 Persyaratan Mutu *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut

1. Sifat Tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi ± 8%

3. Sifat Fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika

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

sumber: Bata Beton (*Paving block*) SNI 03-0691-1996

Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* digolongkan menjadi beberapa penggolongan mutu, yaitu:

1. *Paving block* Mutu A

   Paving block dengan klasifikasi mutu A biasanya diperuntukan untuk jalan dengan kuat tekan yang paling besar yakni minimal 35 MPa.

2. *Paving block* Mutu B

   Paving block dengan klasifikasi mutu B biasanya digunakan untuk peralatan parkir dengan kuat tekan minimal 17 MPa.

3. *Paving block* Mutu C

   Paving block dengan klasifikasi mutu C digunakan untuk pejalan kaki atau untuk trotoar di jalan kota dengan kuat tekan minimal 12,5 MPa.

4. *Paving block* Mutu D

   Paving block dengan klasifikasi mutu D diperuntuk untuk taman dan penggunaan lain dengan mutu kuat tekan paling rendah dibanding pembagian mutu *paving block* lainnya yaitu minimal 8,5 MPa.

Paving block dengan mutu C dan D hanya digunakan untuk pejalan kaki dan taman sehingga untuk mutu C dan D tidak diperlukan kekuatan yang besar. Sedangkan pada *paving block* dengan mutu A digunakan pada kegiatan struktural (jalan) sehingga diperlukan kekuatan yang cukup besar.

3.1.2 Klasifikasi *Paving Block*

Klasifikasi *paving block* dapat dibagi menjadi berdasarkan bentuk, ketebalan, kekuatan, dan warna menurut SK SNI T-04-1990-F

1. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk

   Bentuk *paving block* terbagi dua secara garis besar yakni :

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

Adapun bentuk-bentuk *paving block* lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini



Gambar 3.3 Bentuk *Paving block*

(Sumber: Google)

2. Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan

   Paving block terbagi menjadi tiga jenis ketebalan, yaitu

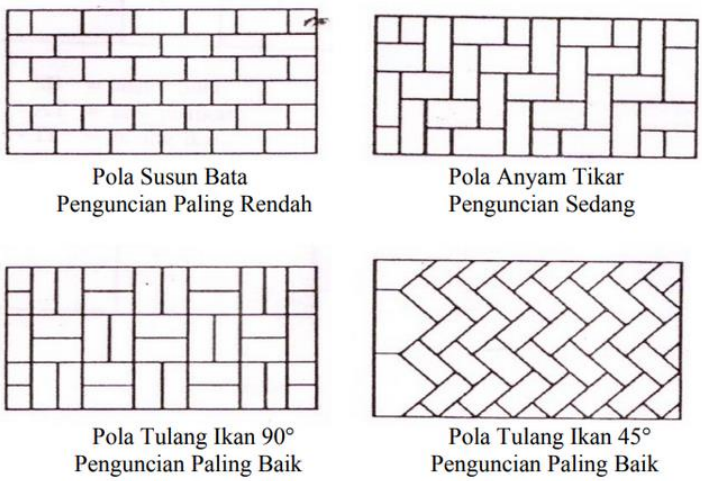
   a. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm
   b. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm
   c. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm

   Dalam pembuatan *paving block* ketebalan harus menyesuaikan dari penggunaan *paving block* itu sendiri sehingga dapat memperhitungkan juga nilai kuat tekan *paving block*.

3. Klasifikasi Berdasarkan Warna

   Pada klasifikasi berdasarkan warna, *paving block* sendiri terdiri dari beberapa warna yang tersedia yakni hitam, abu-abu, dan merah. Untuk *paving block* yang berwarna selain memberi kesan arsitektural (keindahan) juga dapat sebagai tanda pembatas pada tempat parkir, tali air dan lain sebagainya.

Ketika pemasangan *paving block* sebaiknya pola pemasangan disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Untuk pola yang paling umum saat pemasangan yaitu susun bata (*stretcher)*, anyaman tikar (*basket weave)*, dan tulang ikan (*herring bone)*. Pada penggunaan perkerasan jalan sebaiknya menggunakan susunan pola tulang ikan, hal tersebut dikarenakan pola tulang ikan memiliki tingkat penguncian yang lebih baik. Untuk pola pemasangan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini



Gambar 3.4 Pola Pemasangan *Paving Block*

(Sumber: Google)

3.1.3 Keuntungan Penggunaan *Paving Block*

Penggunaan *paving block* di kalangan masyarakat meningkat karena penggunaan *paving block* memiliki beberapa keuntungan seperti :

1. *Paving block relative* memiliki harga murah dipasaran dan memiliki kemudahan dalam merawatnya
2. Penggunaan *paving block* baik pada tempat parkir,taman, trotoar memiliki daya serap air yang tinggi sehingga tidak gampang membuat genangan saat hujan. Sucahyo,dkk (2020) melakukan penelitian uji resapan air pada *paving block* dan mendapatkan hasil sebesar 3,13%.
3. Untuk penggunaan *paving block* memiliki kemudahan untuk mengganti *paving block* yang sudah rusak atau hanya sekedar ingin mengganti bentuk *paving block* itu sendiri
4. Meskipun terbuat dari bahan penyusun beton, *paving block* memiliki komponen yang ringan

3.1.4 Kekurangan Penggunaan *Paving Block*

Penggunaan *paving block* juga terdapat beberapa kekurangannya yaitu:

1. Apabila pemasangan yang tidak benar maka *paving block* akan mudah bergelombang dan menjadi tidak rapat

2. *Paving block* tidak dapat digunakan pada jalan yang dilewati oleh kendaraan dengan muatan yang berat

3.2 Bahan Pembuatan *Paving Block*

Bahan pembuatan *paving block* sesuai yang dijelaskan di SNI 03-0691-1996 terdiri dari semen *portland*, agregat dan air. Pada umumnya bahan pembuatan *paving block* memiliki bahan yang sama dengan pembuatan beton, namun pada *paving block* tidak menggunakan agregat kasar seperti pada beton.

3.2.1 Semen Portland

Semen *Portland* adalah bahan yang selalu digunakan di semua bidang konstruksi. Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 2049-2015).

Jenis dan penggunaan semen menurut SNI 2049-2015 terbagi menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Jenis I merupakan semen portland yang digunakan untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II merupakan semen Portland yang pada penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III merupakan semen portland yang pada penggunaannya membutuhkan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV merupakan jenis semen portland yang saat menggunakannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V merupakan semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen *portland* (*Portland cement)* dibuat dari campuran bahan kimia seperti *calsium* (CA), *silica* (Si), alumunium (Al), besi (Fe), dan penambahan *gypsum* yang ditambahkan ketika proses penggilingan terakhir yang digunakan untuk mengatur waktu pengerasan beton. Sedangkan bahan yang biasanya digunakan dalam campuran *cemen*t yaitu batu kapur, marl, dan kerang yang di gabungkan dengan serpih, tanah liat, terak tanur tinggi (slag), pasir *silica*, dan biji besi (*iron ore)*. Kandungan terbesar dalam *portland cement* terdapat pada kapur dan *silica* yakni kurang lebih 85% dari seluruh campuran.

Semen memiliki peranan penting dalam bidang konstruksi hal tersebut dikarenakan semen berfungsi sebagai bahan ikat. Semen mengikat butiran agregat sehingga menjadi massa yang dapat mengisi lubang udara yang terdapat pada agregat. Peranan semen tetap penting meskipun hanya terdapat 10% didalam campuran beton karena fungsinya tersebut sebagai bahan ikat (Mulyono,2005).

3.2.2 Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002 agregat halus yaitu agregat dengan butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam atau hasil olahan. Agregat ada yang berasal dari olahan dan berasal dari alam, agregat halus olahan merupakan agregat yang berasal dari mesin pemecah ataupun dari hasil saringan ayakan, sedangkan agregat halus alam berasal dari hancurnya batuan dari alam secara alami seperti berasal dari letusan gunung merapi.

Agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran pembuatan *paving block*. Agregat halus yang berfungsi sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block* harus memenuhi persyaratan umum. Persyaratan agregat halus agar dapat digunakan menjadi bahan bangunan menurut PUBI (1982) dalam penelitian Pamuji, A. L (2007) sebagai berikut :

1. Pasir beton harus bersih, dalam pengujian dengan larutan pencuci khusus tinggi endapan pasir yang kelihatan disbanding tinggi seluruhnya tidak kurang dari 70%.
2. Pasir yang lewat ayakan 0,063 mm (lumpur) tidak lebih dari 5% dari beratnya.
3. Kekekalan tehadap larutan $MgSO_4$ harus tidak lebib dari 10% berat.

4. Pasir tidak boleh mengandung zat organic yang dapat mengurangi mutu beton, untuk itu bila direndam dengan larutan *NaOH* 3% cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

Peranan penting yang dipegang oleh agregat halus mengharuskan agregat halus untuk dilakukan pemeriksaan, hal tersebut dilakukan agar mengetahui apakah agregat halus tersebut sudah memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*.

3.2.3 Air

Air juga menjadi salah satu bahan campuran dalam pembuatan *paving block*, dalam hal ini air memiliki peranan pokok karena air yang akan membuat reaksi kimia berupa pasta semen dimana pasta semen akan berperan sebagai pengikat agregat. Air juga memiliki peran dalam pengerjaan agregat agar pada saat pembuatan *paving block* agregat dapat lebih mudah diolah.

Air yang digunakan dalam pembuatan *paving block* haruslah dalam takaran yang pas, karena apabila air yang berlebih dapat menimbulkan banyaknya gelembung air ketika proses hidrasi selesai sehingga menurunkan kualitas dari *paving block* itu sendiri, sedangkan *paving block* yang kekurangan air maka reaksi kimia bisa saja tidak terjadi dengan baik dan pengerjaan menjadi lebih susah. Adapun persyaratan penggunaan air untuk beton menurut SNI 03-2847-2002 seperti :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, minyak, asam, alkali, garam, bahan organic atau bahan lainnya yang dapat merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam alumunium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah membahayakan
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:

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

3.2.4 *Fly Ash*

Menurut Misbachul, 2008 ditulis dalam penelitian (Winarno,dkk) yang berjudul Pemanfaatan Limbah *FlyAsh* dan *Bottom Ash* dari PLTU Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan *Paving Block*, *fly ash* adalah batubara yang sangat halus yang berasal dari aktifitas pembakaran batubara didalam *furnace* dari suatu boiler pembangkit. Sedangkan berdasarkan Pd 14-2018-B Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) abu terbang atau *fly ash* merupakan sisa hasil pembakaran serbuk batu bara dari tungku pembangkit tenaga uap yang terbawa gas buangan cerobong asap yang kemudian ditangkap sebelum terbawa keluar cerobong.

Abu terbang (*fly ash*) salah satu potensi alam yang berlimpah saat ini. Meningkatnya kebutuhan listrik di Indonesia maka semakin meningkat pula proses pembakaran batubara sehingga jumlah *fly ash* yang dihasilkan semakin bertambah (Elvita Azmi, R., & Putri, D, 2020). *Fly ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena kandungan kimia didalamnya, *fly ash* hasil produksi yang bertebangan diudara dapat berbahaya untuk makhluk hidup begitu juga apabila *fly ash* mengenai tanah dapat menyebabkan kerusakan unsur hara pada tanah. Upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi limbah *fly ash* dengan melakukan penelitian memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan substitusi konstruksi.

Pada penelitian Subramanian, R. (2006) yang berjudul *Evaluation Of Shrinkage Cracking Potential Of Concrete Used In Bridge Decks In Florida* dijelaskan salah satu penelitian pemanfaatan *fly ash* dalam campuran beton dimulai di Amerika Serikat pada awal tahun 1930-an. Penelitian pertama yang dilakukan pada tahun 1937 oleh RE Davis di University of California (Kobubu, 1968; Davis

et al 1937). Innovasi besar pemanfaatan *fly ash* dalam dunia konstruksi yakni pembangunan Hungry Horse Dam pada tahun 1948 dengan memanfaatkan *fly ash* sebanyak 120.000 ton metrik. Sejak penelitian pertama tersebut semakin banyak innovasi pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan tambah atau pengganti dalam campuran beton hingga saat ini. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, *fly ash* dalam campuran beton tidak menimbulkan efek negatif meskipun *fly ash* merupakan limbah B3, namun sebaliknya penggunaan *fly ash* dalam campuran dapat meningkatkan kuat tekan pada beton dengan persentase tertentu hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawati, M (2018). *Fly ash* digunakan dalam campuran beton dikarenakan sifat yang dimilikinya memiliki kemiripan dengan semen. Adapun sifat yang dimiliki oleh *fly ash* yaitu sifat fisik dan sifat kimiawi sebagai berikut.

1. Sifat Fisik

   Menurut ACI Committee 226 dalam penelitian Setiawati, M (2018) yang berjudul "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton" sifat fisik dari *fly ash* yakni memiliki butiran halus yang lolos ayakan No.325 (45 milimicron) 5-27%. *Fly ash* memiliki bentuk yang berongga atau bola padat dengan warna abu kehitaman dan memiliki partikel yang halus.

2. Sifat Kimiawi

   Abu terbang atau *fly ash* tidak berfungsi seperti semen yang dapat mengikat, namun apabila *fly ash* bercampur air maka kandungan kimia yang terdapat dalam *fly ash* seperti *silica* dan alumunium dapat memunculkan reaksi dengan *calcium* hidroksida yang terbentuk pada proses hidrasi semen sehingga memunculkan zat seperti semen yang dapat mengikat. Fungsi *fly ash* sebagai *filler* pada beton dapat membuat beton menjadi lebih kuat hal tersebut dikarenakan *fly ash* dapat memperkecil porositas bagian transisi pada beton. Bagian utama *fly ash* berupa *silica* (SiO_2), alumina ($AleO_3$), besi oksida (Fe_2O_3), *calcium* (CaO), magnesium, potassium, sodium, titanium dan belerang dalam jumlah yang sedikit (Setiawati M, 2018). Adapun kandungan dalam *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut

Tabel 3.2 Kandungan dalam *Fly Ash*

Kandungan	Bituminus	Subbituminus	Lignite
SiO_2	20-60	40-60	15-45
Al_2O_3	5-35	20-30	20-25
Fe_2O_3	10-40	4-10	4-1
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO_3	0-4	0-2	0-10
Na_2O	0-4	0-2	0-6
K_2O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

(sumber: Setiawati M, 2018)

Klasifikasi *fly ash* menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 2460:2014 terbagi menjadi 3, yaitu:

1. *Fly ash* kelas N yang berupa pozzolan alam mentah atau telah di kalsinasi memenuhi persyaratan, seperti *diatomae*, batu apung, batu rijang opalan dan serpih, dan tufa.
2. *Fly ash* kelas F, abu terbang atau *fly ash* berasal dari hasil pembakaran batu bara antrasit atau bituminous, namun dapat diperoleh dari hasil pembakaran batubara *subbituminous* dan *lignite*.
3. *Fly ash* kelas C, abu terbang kelas C diperoleh dari pembakaran *lignite*. Abu terbang kelas C ini memiliki kandungan kapur lebih dari 10% dari semen.

   Adapun persyaratan kimia yang terkandung didalam *fly ash* pada masing-masing klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini

Tabel 3.3 Persyaratan Kimia *Fly Ash*

Uraian	Kelas		
	N	**F**	**C**
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$, min, %	70	70	50
SO_3, maks, %	4	5	5
Kadar air, maks, %	3	3	3
Hilang Pijar, maks, %	10	6	6

(Sumber: SNI 2460:2015)

3.3 Pengujian *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 maka pengujian *paving block* agar memenuhi persyaratan terdiri dari beberapa pengujian seperti kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus.

3.3.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* didapatkan dari banyaknya beban yang dapat ditahan per satuan luas *paving block*. Meskipun penggunaan *paving block* hanya ditempatkan pada taman kota, trotoar, dan lain sebagainya *paving block* tetap harus mempunyai kuat tekan yang baik. Dengan mengetahui nilai kuat tekan pada *paving block* maka dapat mengetahui seberapa *maximal* beban yang ditahan oleh *paving block*.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 kuat tekan dapat dihitungan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{L} \qquad 3.1$$

Dimana :

f'c = Kuat Tekan *Paving block* (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Luas Bidang Permukaan (mm^2)

Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji yang yang dipotong berbentuk kubus dan rusuk-rusuknya sesuai dengan ukuran *paving block* yang akan dibuat sesuai yang terdapat dalam SNI 03-0691-1996 pasal 7.3 tentang kuat tekan.

3.3.2 Penyerapan Air

Uji penyerapan air atau uji daya serap air pada *paving block* merupakan besarnya kemampuan *paving block* dalam menyerap air. Lubang udara atau pori yang terdapat pada *paving block* akan sangat mempengaruhi kemampuan *paving block* tersebut dalam menyerap air. Lubang udara (pori) yang terdapat pada *paving block* dapat muncul ketika adanya kesalahan saat pencampuran bahan-bahan seperti air yang terlalu banyak dalam campuran.

Penyerapan air pada *paving block* akan semakin besar apabila semakin banyak lubang udara (pori) yang terdapat pada *paving block*, namun hal tersebut dapat mengurangi kekuatan dari *paving block* itu sendiri. Menurut SNI 03-0691-1996 pasal 7.5.1 uji penyerapan air pada *paving block* dilakukan dengan merendam benda uji dalam keadaan utuh ke dalam air selama 24 jam dan disebukan dalam pasal 7.5.3 pengujian penyerapan air dapat dihitung menggunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 3.2 berikut:

$$Penyerapan\ air = \frac{A-B}{B}\ x\ 100\% \qquad 3.2$$

Dimana :

A = Berat *paving block* basah (gram)

B = Berat *paving block* kering (gram)

3.3.3 Ketahanan Aus

Kemampuan *paving block* dalam menahan gaya gesekan pada lapis permukaannya merupakan definisi dari ketahanan aus *paving block*. Pada SNI 03-0691-1996 disebutkan bahwa pengujian ketahanan aus pada *paving block* dilakukan sama seperti pengujian ketahanan aus pada ubin semen. Pengujian ketahanan aus dilakukan dengan menggosok permukaan *paving block* dengan mata pisau yang ada pada mesin. Peningkatan suhu yang mungkin terjadi selama uji ketahanan aus pada

paving block dapat dicegah dengan memberi air secara terus-menerus pada *paving block* tersebut.

Berdasarkan Laboratorium Bahan Bangunan UGM ketahanan aus pada *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan rumus terdapat pada Persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$Ketahanan\ aus = 1{,}26G + 0{,}0246\ mm/menit \quad (3.3)$$

Dimana :

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

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian penelitian ini yaitu penelitian eksperimen, yakni penelitian pembuatan *paving block* sebagai benda uji, kegiatan penelitian yaitu dengan menambahkan *fly ash* sebagai penganti sebagian semen pada campuran *paving block* yang peninjauannya dilihat dari uji kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus. *Paving block* yang digunakan pada penelitian ini yakni 20 cm x 10 cm dengan tebal 6 cm. Adapun gambar *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut



Gambar 4.1 Dimensi *Paving block*

4.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* yang ditinjau dari tiga aspek yaitu kekuatan tekan, penyerapan air dan ketahanan aus pada *paving block*. Untuk lebih mengetahui bagaimana pengaruh *fly ash* sebagai campuran dalam pembuatan *paving block* maka dibuat dalam beberapa variasi. Tujuan terdapat beberapa variasi agar mendapatkan hasil yang paling optimum, dan

terdapat beberapa yang harus terjaga dan terkontrol sehingga penelitian ini dapat menunjukkan pengaruh penambahan *fly ash* pada *paving block*. Adapun variabel penelitian tersebut adalah sebagai berikut

1. Variabel bebas, berupa variasi *fly ash* yaitu *paving block* tanpa penggunaan *fly ash* dan *paving block* diberi *fly ash* sebagai bahan pengganti dengan persentase tertentu.
2. Variabel terikat, berupa uji kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus pada *paving block*
3. Variabel *control*, berupa dimensi dari benda uji *paving block*, campuran bahan dan perawatan benda uji.

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Adapun data yang digunakan dalam analisis yaitu data primer dan data sekunder

1. Data Primer

   Data primer merupakan data yang didapat secara langsung baik dari hasil observasi atau wawancara dari suatu kejadian, hasil uji, atau suatu objek. Untuk penelitian ini data primer didapatkan dari observasi secara langsung, yaitu pengujian penelitian pengaruh *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus pada *paving block*.
2. Data Sekunder

   Data sekunder yakni data yang diperoleh dari penelitian sebelumnya terkait penelitian ini seperti metode pembuatan, bahan yang akan digunakan dalam penelitian dan literatur yang relevan. Dalam penelitian ini data sekunder diperoleh dari beberapa jurnal yang menunjang penelitian ini mengenai pengaruh *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, dan penyerapan air pada *paving block*.

4.4 Komposisi Sampel

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan bahan menggunakan *fly ash* sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*. Penelitian ini menggunakan campuran dengan perbandingan 1Pc : 4Ps dengan variasi persentase *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% dari berat semen. Komposisi sampel dapat diliat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Komposisi Sampel pada *Paving Block*

Kode Sampel	*Fly Ash* (%)	Semen	Pasir	Uji Kuat Tekan	Uji Penyerapan Air	Uji Ketahanan Aus
A	0	1	4	10	5	5
B	2	0,98	4	10	5	5
C	2,5	0,975	4	10	5	5
D	3	0,97	4	10	5	5
E	3,5	0,965	4	10	5	5
F	4	0,96	4	10	5	5
G	4,5	0,955	4	10	5	5
H	5	0,95	4	10	5	5
I	5,5	0,945	4	10	5	5

4.5 Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan untuk menunjang dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut :

4.5.1 Alat

Dalam menunjang penelitian ini diperlukan beberapa peralatan agar penelitian berjalan dengan lancar, yaitu :

1. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan material seperti agregat halus, *fly ash*, semen, dan bahan lainnya yang perlu untuk ditimbang agar sesuai dengan takaran campuran. Gambar timbangan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Timbangan

2. Cetok, atau Sendok semen

   Cetok digunakan untuk membantu proses pengambilan, perpindahan dan pencampuran bahan material dari *paving block*. Misalnya cetok digunakan untuk memasukkan bahan material yang sudah dicampur ke dalam cetakan benda uji pembuatan *paving block*. Adapun gambar cetok dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Cetok

3. Mesin Cetak *Paving Block*

   Mesin cetak benda uji *paving block* menggunakan mesin *press* yang diaplikasikan dengan system hidrolik dan dilengkapi penggetar (*vibrator)*. Mesin cetak akan mencetak benda uji dengan ukuran yang telah direncanakan. Gambar mesin cetak *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Mesin Cetak *Paving block*

4. Jangka Sorong

   Jangka sorong berfungsi untuk mengukur ukuran dari benda uji. Gambar jangka sorong dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini



Gambar 4.5 Jangka Sorong

5. Oven

   Oven digunakan untuk mengeringkan , dengan begitu dapat mengetahui nilai kadar air yang dikandung oleh material penyusun *paving block* seperti agregat halus. Gambar oven dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Oven

6. Alat Pemotong *Paving Block*

   Alat pemotong akan digunakan untuk memotong *paving block* yang semula berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm menjadi berukuran kubus 6 x 6 x 6 cm. Adapun gambar alat pemotong dapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7 Alat Pemotong *Paving block*

7. Mesin Uji Kuat Tekan

   Alat uji kuat tekan merupakan alat uji desak yang akan digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari kapasitas beban yang sudah ditentukan yang mampu ditahan oleh *paving block* tersebut.

8. Peralatan Pendukung

   Perlatan pendukung lainnya perlu disediakan juga untuk menunjang penelitian ini yakni seperti ember, mistar, kuas pembersih dan lain sebagainya.

4.5.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen *Portland*

   Semen *portland* akan berfungsi sebagai pengikat pada campuran *paving block*, semen yang akan digunakan yaitu *Portland Cement Composite* (PCC) dengan merk Semen Tiga Roda. Semen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.8 dibawah ini



Gambar 4.8 Semen Tiga Roda

2. Agregat Halus (Pasir)

   Agregat halus atau pasir yang akan digunakan merupakan pasir yang lolos ayakan no.4 atau 4,75mm. Berikut gambar agregat halus (pasir) dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini



Gambar 4.9 Agregat Halus (Pasir)

3. Air

   Air yang digunakan merupakan air yang bersih, tidak berwarna, tidak berbau, ataupun tercampur benda-benda lainnya yang dapat mengganggu dan mempengaruhi hasil penelitian.

4. *Fly Ash*

   Fly ash sendiri digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block* ini dan *fly ash* yang digunakan merupakan *fly ash* tipe C. Adapun gambar *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 *Fly ash*

4.6 Tahapan Pengujian Kualitas Material

4.6.1 Pemeriksaan Kualitas Semen

Pemeriksaan yang dilakukan pada bahan semen *portland* yaitu dengan pengecekan secara *visual* yakni memastikan semen dalam keadaan tertutup rapat dan tidak terkena air sehingga tidak terdapat semen yang bergumpal.

4.6.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Tujuan pengujian ini yakni untuk mengetahui berat jenis pada agregat halus dan kemampuan penyerapan air pada agregat. Pegujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus terdapat dalam SNI 1970:2008. Adapun tahapan pengujiannya yaitu

1. Menyiapkan benda uji yakni agregat halus lolos saringan No.4 (4,75 mm)
2. Agregat halus dikeringkan dalam oven pada temperatur (110 ± 5)°C hingga berat tetap
3. Agregat halus dikeluarkan lalu dinginkan pada suhu ruang kemudian rendam dalam air selama 24 ± 4 jam
4. Membuang air rendaman secara perlahan agar tidak ada butiran agregat yang terbuang. Taburkan benda uji di atas talam, keringkan pada udara panas lalu benda uji di balik-balik hingga kering secara menyeluruh
5. Melakukan uji kerucut dengan memasukkan agregat halus sebanyak 1/3 bagian lalu tumbuk sebanyak 25 kali dengan merata dan ratakan.
6. Menimbang piknometer dan masukkan agregat sebanyak 500 gram ke dalam piknometer
7. Memasukkan air bersih ke dalam piknometer yang terdapat agregat halus
8. Piknometer yang telah diisi air di guncangkan dan diputar lalu air dibuang secara perlahan sehingga gelembung udara yang terdapat dalam piknometer hilang
9. Setelah gelembung udara hilang, kembali tambahkan air hingga mencapai tanda batas
10. Menimbang piknometer yang berisi agregat halus dan air dengan ketelitian 0,1 gram

11. Mengeluarkan agregat halus dan air dari piknometer dan pastikan tidak ada yang tertinggal dalam piknometer
12. Piknometer diisi kembali dengan air hingga penuh lalu timbang berat piknometer tersebut
13. Memasukkan agregat halus dan air yang terdapat dalam pan ke oven dengan temperatur (110 ± 5)°C selama 24jam
14. Berat agregat lalu ditimbang
15. Hasil pengujian yang telah dicatat akan digunakan untuk menghitung berat jenis curah, berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air yang terdapat dalam persamaan

Berat Jenis Curah = $\frac{Bk}{B+500-Bt}$ 4.1

Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan = $\frac{500}{B+500-Bt}$ 4.2

Berat Jenis Semu = $\frac{Bk}{B+Bk-Bt}$ 4.3

Penyerapan = $\frac{500-Bk}{Bk}\ x\ 100\%$ 4.4

Dengan :

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

4.6.3 Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uji kandungan lumpur pada agregat halus terdapat dalam SNI 03-4142-1996. Tujuan dari pengujian ini yaitu mengetahui banyaknya kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat halus yang mana dinyatakan dalam persen. Adapun cara pengujiannya yaitu:

1. Menyiapkan agregat halus sebanyak 500 gram
2. Agregat halus ditaruh ke dalam saringan no.200
3. Saringan di aliri dengan air yang mengalir cukup deras hingga air yang keruh terlihat sudah jernih

4. Meletakkan agregat halus ke dalam pan lalu masukkan ke oven dengan temperature (110 ± 5)°C selama 24jam
5. Pan dikeluarkan dari dalam oven lalu timbang dan catat berat agregat halus
6. Data hasil timbangan yang di dapatkan dapat digunakan untuk menghitung kandungan kadar lumpur yang terdapat dalam agregat halus yang dapat dilihat pada Persamaan 4.5

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W1-W2}{W1}\ x\ 100 \qquad 4.5$$

4.6.4 Pengujian Berat Volume Agregat Halus

Pengujian berat volume agregat halus terdapat dalam SNI 03-4808-1998. Tujuan dilaksanakannya pengujian ini yaitu untuk mengetahui perbandiran nilai antara berat volume padat dan berat volume gembur.

1. Pengujian berat volume padat
   a. Mengukur diameter slinder
   b. Menimbang berat slinder
   c. Benda uji (agregat halus) dimasukkan per 1/3 bagian slinder dan tumbuk sebanyak 25 kali secara merata
   d. Menambahkan kembali agregat menjadi 2/3 bagian lalu tumbuk kembali sebanyak 25 kali lalu ratakan
   e. Langkah diatas diulang kembali hingga slinder terisi penuh
   f. Menimbang slinder yang telah terisi penuh
2. Pengujian berat volume gembur
   a. Menimbang berat slinder
   b. Benda uji (agregat halus) dimasukkan ke dalam slinder hingga penuh
   c. Slinder yang sudah penuh diratakan.
   d. Menimbang berat slinder yang berisi agregat halus
   e. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui berat isi gembur agregat halus yang dapat dilihat pada Persamaan 4.6 sebagai berikut

$$\text{Berat Volume Gembur} = \frac{W3}{V} \qquad 4.6$$

4.7 Tahapan Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

4.7.1 Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji menggunakan perbandingan 1Pc : 4Ps dengan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5%. Pada tahap pembuatan benda uji termasuk juga proses penimbangan dan pencampuran bahan. Setiap bahan ditimbang sesuai dengan komposisinya dan dicampur dengan sekop 10-15 menit hingga tercampur secara merata. Selanjutnya pembuatan benda uji menggunakan mesin pres yang biasa digunakan dalam pembuatan *paving block*.

Adapun langkah-langkah dalam proses pembuatan *paving block* adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan alas (triplek tebal 2 mm) pada meja mesin.
2. Mesin pres diatur pada posisi cetakan membuka sehingga campuran yang telah dibuat dapat dimasukkan ke dalam cetakan.
3. Memasukkan campuran ke dalam cetakan.
4. Sistem getar pada mesin dihidupkan sekitar ± 10 detik.
5. Mengisi kembali campuran yang turun pada cetakan akibat penggetar.
6. Tuas pemadat ditekan sehingga bagian sampel turun dan melakukan proses pemadatan sembari system getar dijalankan.
7. Tuas ditekan untuk mengangkat kedua bagian cetakan.

4.7.2 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji akan dilaksanakan setelah umur satu hari dari pencetakan. Setelah satu hari maka benda uji akan direndam dalam bak perendaman agar kelembapan tetap terjaga selama 28 hari.

4.7.3 Pemotongan Benda Uji

Paving block akan digunakan untuk pengujian kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus. *Paving block* akan dipotong menggunakan alat pemotong bantuan. Untuk pengujian kuat tekan benda uji akan dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 6 x 6 x 6 cm, ketahanan aus benda uji akan dipotong dengan ukuran

5 x 5 x 2 cm pemotongan benda uji dilakukan sesuai yang tertera pada SNI 03-0691-1996 , sedangkan untuk pengujian penyerapan air benda uji dalam bentuk utuh yaitu dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm.

4.8 Pengujian Benda Uji

Benda uji akan diuji kelayakan setelah berumur 28 hari. Adapun uji kelayakan pada *paving block* sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan

   Pengujian kuat tekan pada *paving block* untuk mengetahui nilai tekan maksimum yang dapat ditahan oleh *paving block*. Adapun langkah-langkah pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut.

   a. Benda uji dibersihkan dari debu atau kotoran yang menempel, lalu benda uji dipotong dengan ukuran 6 x 6 x 6 cm.
   b. Menimbang berat benda uji
   c. Mengukur dimensi benda uji menggunakan jangka sorong
   d. Meletakkan benda uji tepat di tengah alat uji
   e. Mesin dinyalakan dengan pemberian beban yang terus meningkat
   f. Pembebanan dilakukan hingga beban menurun lalu dicatat beban maksimum yang terjadi.

2. Pengujian Penyerapan Air

   Pengujian penyerapan air pada *paving block* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar air yang diserap melalui pori-pori pada *paving block*. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian daya serap air menurut SNI 03-0691-1996

   a. Benda uji direndam selama 24 jam, lalu benda uji ditimbang dalam keadaan basah.
   b. Benda uji dikeringkan dengan dimasukkan dalam oven (110 ± 5)°C selama 24 jam hingga berat pada dua kali penimbangan selisihnya tidak lebih dari 0,2%.
   c. Benda uji ditimbang dalam keadaan kering oven

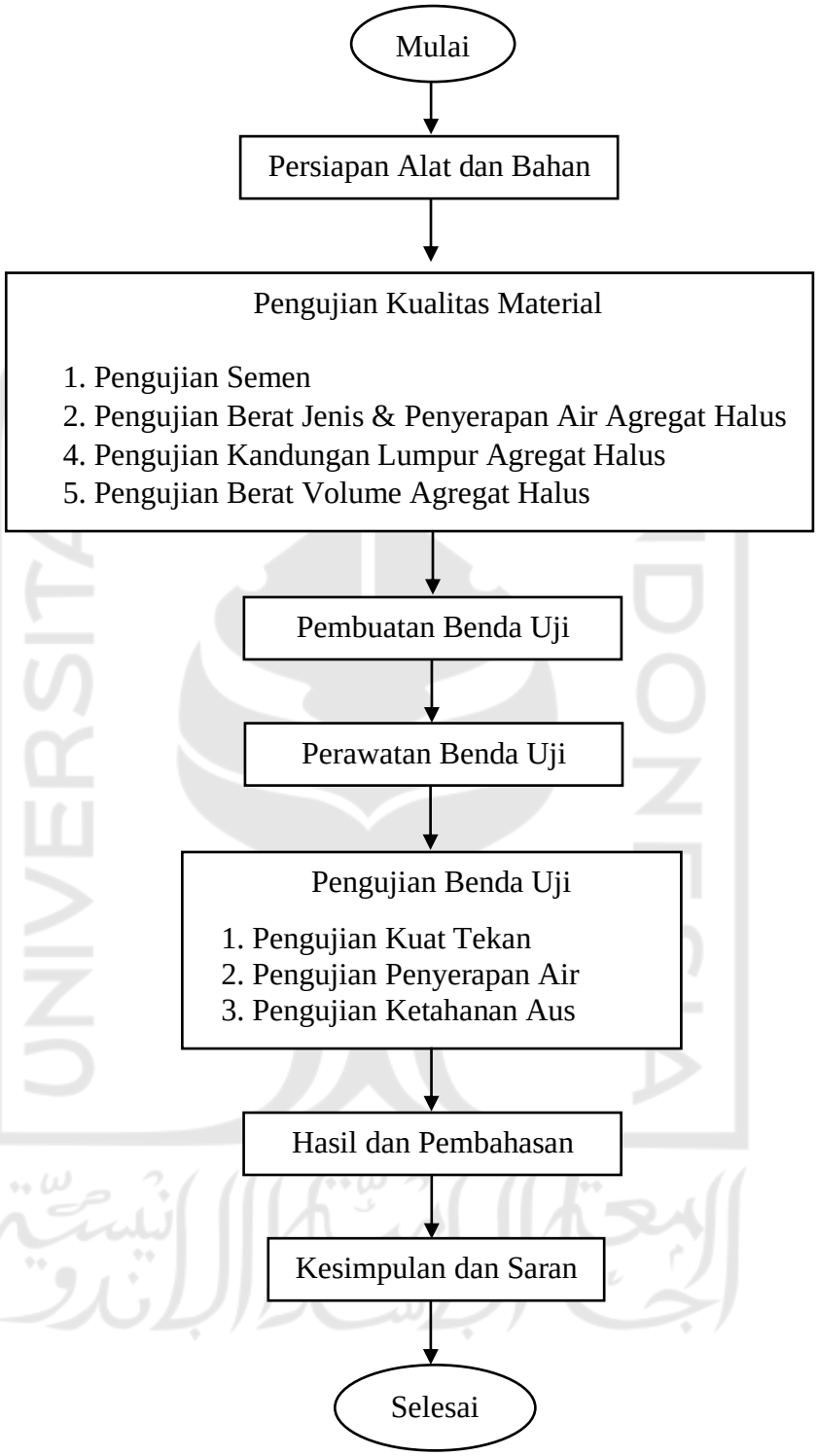
3. Pengujian Ketahanan Aus

   Pengujian ketahanan aus dilakukan sesuai yang tertera dalam SNI 03-0691-1996 dan dilakukan setelah berumur 28 hari. Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut.

   1. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel pada permukaan
   2. Potong benda uji berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 5 x 5 cm dengan ketebalan 2 cm
   3. Benda uji ditimbang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.
   4. Memeriksa dimensi benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
   5. Memasukkan benda uji yang telah diperiksa dimensinya ke tengah mesin.
   6. Mesin pengujian dinyalakan selama lima menit tanpa berhenti
   7. Membersihkan benda uji lalu timbang kembali benda uji

4.9 Bagan Alir Penelitian

Penelitian harus dilakukan secara sistematis sehingga dapat mendapatkan hasil yang baik. Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.11 dibawah ini



Gambar 4.11 Bagan Alir Penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai hal selanjutnya yang akan dilakukan dalam penelitian seperti pemeriksaan bahan pembuatan *paving block* , pengujian sampel benda uji dan pembahasan. Pengujian sampel benda uji akan mendapatkan hasil berupa nilai kuat tekan per variasi *paving block*, nilai penyerapan air *paving block* dan nilai ketahanan aus dari *paving block.*

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan

Bahan utama dalam pembuatan *paving block* yakni semen, pasir dan air,serta bahan pengganti semen berupa *fly ash*. Bahan pasir yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir lolos saringan 4,75 mm dan pengujian yang dilakukan berupa pengujian berat jenis, pengujian kandungan lumpur (lolos saringan no.200) dan pengujian berat volume padat dan gembur. Pengujian semen dan air dilakukan secara visual.

5.2.1 Pengujian Semen

Pada penelitian ini semen yang digunakan yakni semen tiga roda. Pengujian semen dilakukan secara visual yakni dengan dilakukan pengamatan pada semen dan hasil pengamatan menunjukkan semen dalam kondisi baik, tidak terbuka dan tidak terkena air sehingga tidak terdapat gumpalan pada semen.

5.2.2 Pengujian Air

Air yang digunakan pada penelitian ini merupakan air sumur di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi, Universitas Islam Indonesia. Pengujian air dilakukan secara visual yakni dengan pengamatan dan hasil pengamatan menunjukkan air layak digunakan dalam pembuatan *paving block* karena air tersebut dalam keadaan bersih , tidak berbau dan tidak berwarna.

5.2.3 Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Pada penelitian ini pasir yang digunakan yakni pasir Merapi. Adapun pengujian yang dilakukan pada agregat halus (pasir) yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, pengujian kandungan lumpur agregat halus dan pengujian berat volume agregat halus.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

   Pengujian berat jenis bertujuan untuk melihat perbandingan relative massa jenis air murni dan massa suatu zat, sedangkan penyerapan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat halus dalam menyerap air. Data yang telah didapatkan setelahnya dianalisis dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada BAB IV, yakni Persamaan 4.1, Persamaan 4.2, Persamaan 4.3 dan Persamaan 4.4. Hasil dari sampel pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rerata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	493	490	491	491.33
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1020	1022	1013	1018.33
Berat piknometer berisi air, gram (B)	708	710	698	705.33
Berat Jenis Curah	2.622	2.606	2.654	2.628
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2.660	2.660	2.703	2.674
Berat Jenis semu	2.724	2.753	2.790	2.755
Penyerapan Air	1.42%	2.04%	1.83%	1.76%

Berdasarkan hasil pengujian pada ketiga sampel didapatkan berat jenis curah sebesar 2,628; berat jenis jenuh kering sebesar 2,674; berat jenis semu sebesar 2,755 dan penyerapan air sebesar 1,76%. Menurut Tjokrodimuljo (1996) berat jenis agregat normal memiliki berat jenis sebesar 2,5 – 2,7 dan penyerapan air maksimal

5%, berdasarkan hasil penelitian maka pasir yang digunakan sudah memenuhi syarat dan masuk kedalam agregat normal.

2. Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

   Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur yang terdapat pada pasir yang akan digunakan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur yang dilakukan di Laboratorium TBK Universitas Islam Indonesia yang kemudian di analisis menggunakan Persamaan 4.5 yang terdapat pada BAB IV dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian		Hasil
Berat Agregat Kering Oven	(W1), gram	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci	(W2), gram	477
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 [(w1-w2)/w1] x 100%		4.60%

a. Analisis Perhitungan

Berat yang lolos ayakan No.200 $= \frac{w1-w2}{w1}\ x\ 100\%$

$= \frac{500-477}{500}\ x\ 100\%$

= 4,60%

b. Berdasarkan hasil pengujian kandungan lumpur pada pasir didapatkan persentase kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir sebesar 4,60%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pasir yang digunakan masuk syarat nilai maksimal kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir sebesar 5% sesuai dengan SK SNI 04-1989-F

3. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

   Pada pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus pengujian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-4808-1998. Tujuan pada pengujian ini yaitu agar mendapatkan nilai perbandingan antara berat volume gembur dan padat pada agregat halus (pasir) yang akan digunakan.

Adapun hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat halus (pasir) dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian		Gembur	Padat
Berat Tabung, gram	(w1)	10922	10922
Berat Tabung + Pasir, gram	(w2)	19605	20286
Berat Pasir,gram	(w3 = w2-w1)	8683	9364
Volume Tabung, cm^3	(V)	5775,103	5775,1203
Berat Volume Gembur, $gram/cm^3$	(w3/V)	1.504	1,621

a. Analisis Perhitungan

1) Berat volume gembur agregat halus

Berat pasir, w3 = w2 – w1

= 19605 – 10922

= 8683 gram

Volume tabung, V = ¼ x л x D^2 x t

= ¼ x x л x $(15,135)^2$ x 32,1

= 5775,103 cm^3

Berat volume gembur = $\frac{w3}{V}$

= $\frac{8683}{5775,103}$

= 1,504 $gram/ cm^3$

2) Berat volume padat agregat halus

Berat pasir, w3 = w2 – w1

= 20286 – 10922

= 9364 gram

3) Volume tabung, V = ¼ x л x D^2 x t

= ¼ x x л x $(15,135)^2$ x 32,1

= 5775,103 cm^3

4) Berat volume padat $= \frac{w3}{V}$

$= \frac{9364}{5775{,}103}$

= 1,621 gram/ cm^3

b. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka didapatkan berat volume gembur agregat halus sebesar 1,504 gram/ cm^3 dan berat padat agregat halus sebesar 1,621 gram/ cm^3. Hasil tersebut menunjukan berat volume padat lebih besar dibandingkan berat volume gembur hal tersebut dikarenakan ketika pengujian berat volume padat dilaksanakan dengan cara agregat halus didalam tabung ditumbuk sehingga pori-pori yang awalnya kosong terisi.

5.2.4 *Fly Ash*

Pemeriksaan *fly ash* dilakukan secara visual menunjukkan bahwa *fly ash* dapat digunakan untuk campuran dalam pembuatan *paving block* karena *fly ash* tidak terkena air dan tidak menggumpal.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Paving block dibuat dengan menggunakan komposisi perbandingan semen : pasir yaitu 1: 4, sedangkan komposisi kebutuhan *fly ash* didapatkan dari persentase *fly ash* terhadap berat semen. Adapun perhitungan kebutuhan campuran *paving block* adalah sebagai berikut.

Volume paving = 20 x 10 x 6

= 1200 cm^3

Berat volume pasir = 1,621 gram/ cm^3

Faktor pemadatan = 1,2

Kebutuhan pasir untuk 1 *paving block*

$= \frac{4}{5}\ x\ B.V\ pasir\ x\ V\ Paving\ Block\ x\ 1{,}2$

$= \frac{4}{5}\ x\ 1{,}621x\ 1200\ x\ 1{,}2$

= 1867,392 gram

Kebutuhan pasir untuk 20 *paving block*

= 20 x kebutuhan pasir 1 paving block

= 20 x 1867,392 gram

= 37347,840 gram

Kebutuhan semen untuk 1 *paving block*

= kebutuhan pasir / 4

= 1867,392 / 4

= 466,848 gram

Kebutuhan semen untuk 20 *paving block*

= 20 x kebutuhan semen 1 paving block

= 20 x 466,848 gram

= 9336,960 gram

Contoh perhitungan *fly ash* variasi 2% sebagai bahan pengganti sebagian semen

Kebutuhan *fly ash* 2% = 2% x 9336,960 gram

= 186,739 gram

Sehingga kebutuhan semen pada variasi 2% yaitu

= 9336,960 – 186,739 gram

= 9150,221 gram

Kebutuhan komposisi semen, pasir dan *fly ash* dalam *paving block* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini

Tabel 5.4 Komposisi Campuran *Paving Block*

Variasi *Fly Ash* (%)	Jumlah Benda Uji	Bahan Penyusun Benda Uji		
		Semen (gr)	Pasir (gr)	*Fly Ash* (gr)
0	20	9336.960	37347.840	0
2	20	9150.221	37347.840	186.739
2,5	20	8916.797	37347.840	233.424
3	20	8636.688	37347.840	280.109
3,5	20	8309.894	37347.840	326.794
4	20	7936.416	37347.840	373.478
4,5	20	7516.253	37347.840	420.163
5	20	7049.405	37347.840	466.848
5,5	20	6535.872	37347.840	513.533

5.4 Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 10 buah dengan 9 variasi. Benda uji dipotong menjadi berbentuk kubus dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun contoh perhitungan pengujian kuat tekan digunakan hasil pengujian pada *sample* tipe A1 dengan variasi persentase *fly ash* 0%

Panjang (p) = 6 cm

Lebar (l) = 6 cm

Luas (L) = p x l

= 6 cm x 6 cm

= 36 cm^2

Beban Maksimal (P) = 97,626 kN

Kuat Tekan (f'c) = $\frac{P}{L}$

$= \frac{97,626}{36}$

= 2,712 kN/cm^2

= 27,118 MPa

Toleransi dimensi tebal *paving block* ± 8%

Toleransi Tebal = 60 mm x 8%

= 4,8 mm

Batas Min Toleransi Tebal = 60 mm – 4,8 mm

= 55,2 mm

= 5,52 cm

Batas Maks Toleransi Tebal = 60 mm + 4,8 mm

=64,8 mm

= 6,48 cm

Sehingga batas minimal toleransi tebal *paving block* sebesar 5,52 cm dan batas maksimal toleransi tebal *paving block* sebesar 6,48 cm.

Perhitungan kuat tekan juga dilakukan pada *paving block* lainnya pada setiap persentase *fly ash*, setelah semua nilai kuat tekan didapatkan kemudian dihitung nilai rata-rata kuat tekan dari setiap variasi yang ada, sebagai contoh perhitungan rata-rata kuat tekan setiap variasi mengambil data dari kode sampel A dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$f'c_m = \frac{\Sigma f'c}{n}$

$= \frac{27,118+14,900+14,623+19,382+14,465+23,284+22,622+24,322+22,717+23,484}{10}$

= 20,692 MPa

Dengan perhitungan yang sama seperti diatas maka didapatkan data pegujian kuat tekan *paving block* pada semua variasi persentase *fly ash* dan toleransi dimensi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai dengan Tabel 5.22 berikut ini

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 0%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
A1	6,000	6,000	6,250	0,472	36,000	97,626	27,118
A2	6,100	6,100	6,250	0,480	37,210	55,443	14,900
A3	5,900	6,000	6,275	0,476	35,400	51,764	14,623
A4	6,100	6,100	6,125	0,486	37,210	72,120	19,382
A5	6,200	6,100	6,200	0,479	37,820	54,707	14,465
A6	6,100	6,200	6,250	0,486	37,820	88,061	23,284
A7	6,000	6,000	5,950	0,452	36,000	81,439	22,622
A8	6,100	6,200	6,175	0,502	37,820	91,985	24,322
A9	6,200	6,200	6,050	0,508	38,440	87,325	22,717
A10	6,100	6,130	6,270	0,479	37,393	87,816	23,484
Rata-rata							20,692
Kuat tekan minimum							14,465

Tabel 5.6 Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 0%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
A1	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
A2	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
A3	6,275	5,52 - 6,48	Memenuhi
A4	6,125	5,52 - 6,48	Memenuhi
A5	6,200	5,52 - 6,48	Memenuhi
A6	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
A7	5,950	5,52 - 6,48	Memenuhi
A8	6,175	5,52 - 6,48	Memenuhi
A9	6,050	5,52 - 6,48	Memenuhi
A10	6,270	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 2%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
B1	6,070	6,000	5,930	0,472	36,420	125,094	34,347
B2	6,070	6,000	6,030	0,482	36,420	108,662	29,836
B3	6,100	6,000	6,270	0,480	36,600	86,344	23,591
B4	6,000	6,100	6,130	0,474	36,600	86,344	23,591
B5	6,170	5,930	5,780	0,477	36,588	142,261	38,882
B6	6,130	6,000	6,250	0,505	36,780	112,831	30,677
B7	6,100	6,000	6,200	0,485	36,600	100,078	27,344
B8	5,930	5,970	6,100	0,490	35,402	110,869	31,317
B9	6,070	5,970	5,630	0,446	36,238	133,432	36,821
B10	6,100	6,000	5,900	0,455	36,600	110,379	30,158
Rata-rata							30,656
Kuat tekan minimum							23,591

Tabel 5.8 Toleransi Dimensi *Paving Block* Variasi 2%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
B1	5,930	5,52 - 6,48	Memenuhi
B2	6,030	5,52 - 6,48	Memenuhi
B3	6,270	5,52 - 6,48	Memenuhi
B4	6,130	5,52 - 6,48	Memenuhi
B5	5,780	5,52 - 6,48	Memenuhi
B6	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
B7	6,200	5,52 - 6,48	Memenuhi
B8	6,100	5,52 - 6,48	Memenuhi
B9	5,630	5,52 - 6,48	Memenuhi
B10	5,900	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 2.5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
C1	6,030	6,000	6,125	0,446	36,180	60,838	16,815
C2	6,000	6,000	6,275	0,454	36,000	54,462	15,128
C3	5,933	6,000	6,250	0,442	35,598	72,610	20,397
C4	5,900	5,933	6,125	0,425	35,005	40,237	11,495
C5	5,967	5,867	6,350	0,448	35,008	78,987	22,562
C6	6,067	5,800	5,975	0,448	35,189	87,325	24,816
C7	6,000	5,933	6,275	0,447	35,598	60,838	17,090
C8	5,932	5,967	6,325	0,450	35,396	69,177	19,543
C9	5,900	5,967	5,825	0,429	35,205	95,173	27,034
C10	6,133	6,000	5,975	0,450	36,798	97,626	26,530
Rata-rata							20,141
Kuat tekan minimum							11,495

Tabel 5.10 Toleransi Dimensi *Paving block* Variasi 2,5%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
C1	6,125	5,52 - 6,48	Memenuhi
C2	6,275	5,52 - 6,48	Memenuhi
C3	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
C4	6,125	5,52 - 6,48	Memenuhi
C5	6,350	5,52 - 6,48	Memenuhi
C6	5,975	5,52 - 6,48	Memenuhi
C7	6,275	5,52 - 6,48	Memenuhi
C8	6,325	5,52 - 6,48	Memenuhi
C9	5,825	5,52 - 6,48	Memenuhi
C10	5,975	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 3%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
D1	6,100	5,933	6,200	0,460	36,191	63,781	17,623
D2	6,000	6,067	5,725	0,449	36,402	103,021	28,301
D3	6,100	5,967	6,250	0,467	36,399	85,363	23,452
D4	6,033	5,933	6,250	0,467	35,794	82,911	23,163
D5	6,000	6,000	5,815	0,432	36,000	77,515	21,532
D6	6,000	6,100	6,200	0,462	36,600	74,572	20,375
D7	6,100	6,067	6,050	0,455	37,009	71,629	19,355
D8	6,100	6,100	6,300	0,487	37,210	87,325	23,468
D9	6,000	6,000	5,925	0,458	36,000	118,717	32,977
D10	6,000	6,033	6,075	0,453	36,198	68,196	18,840
Rata-rata							22,909
Kuat tekan minimum							17.623

Tabel 5.12 Toleransi Dimensi *Paving block* Variasi 3%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
D1	6,200	5,52 - 6,48	Memenuhi
D2	5,725	5,52 - 6,48	Memenuhi
D3	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
D4	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
D5	5,815	5,52 - 6,48	Memenuhi
D6	6,200	5,52 - 6,48	Memenuhi
D7	6,050	5,52 - 6,48	Memenuhi
D8	6,300	5,52 - 6,48	Memenuhi
D9	5,925	5,52 - 6,48	Memenuhi
D10	6,075	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 3,5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
E1	6.100	6.000	5.775	0.446	36.600	109.888	30,024
E2	6.037	6.000	6.125	0.463	36.222	90.268	24,921
E3	6.000	6.000	6.100	0.467	36.000	93.211	25,892
E4	6.100	6.100	6.200	0.472	37.210	55.933	15,032
E5	6,000	6,000	5,825	0,446	36,000	67,705	18,807
E6	6,033	6,000	6,175	0,459	36,198	85,363	23,582
E7	5,800	6,200	6,000	0,459	35,960	90,268	25,102
E8	6,167	6,050	5,975	0,480	37,310	109,398	29,321
E9	6,033	6,100	5,900	0,474	36,801	111,360	30,260
E10	6,200	6,100	6,150	0,468	37,820	85,854	22,701
Rata-rata							24,564
Kuat tekan minimum							15,032

Tabel 5.14 Tolerani Dimensi *Paving block* Variasi 3,5%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
E1	5.775	5,52 - 6,48	Memenuhi
E2	6.125	5,52 - 6,48	Memenuhi
E3	6.100	5,52 - 6,48	Memenuhi
E4	6.200	5,52 - 6,48	Memenuhi
E5	5,825	5,52 - 6,48	Memenuhi
E6	6,175	5,52 - 6,48	Memenuhi
E7	6,000	5,52 - 6,48	Memenuhi
E8	5,975	5,52 - 6,48	Memenuhi
E9	5,900	5,52 - 6,48	Memenuhi
E10	6,150	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 4%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
F1	6,167	6,200	5,750	0,458	38,234	94,192	24,636
F2	6,300	6,100	6,225	0,478	38,430	56,914	14,810
F3	5,933	6,100	6,250	0,462	36,191	58,386	16,132
F4	6,033	6,100	6,225	0,462	36,801	59,367	16,132
F5	6,100	6,033	6,200	0,466	36,801	67,215	18,264
F6	6,100	6,133	6,225	0,465	37,411	65,253	17,442
F7	6,167	6,100	5,925	0,466	37,619	82,420	21,909
F8	6,100	6,167	6,000	0,465	37,619	72,610	19,302
F9	6,000	6,100	5,825	0,432	36,600	55,933	15,282
F10	6,000	6,000	6,100	0,430	36,000	56,914	15,809
Rata-rata							17,972
Kuat tekan minimum							14,810

Tabel 5.16 Toleransi Dimensi *Paving block* Variasi 4%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
F1	5,750	5,52 - 6,48	Memenuhi
F2	6,225	5,52 - 6,48	Memenuhi
F3	6,250	5,52 - 6,48	Memenuhi
F4	6,225	5,52 - 6,48	Memenuhi
F5	6,200	5,52 - 6,48	Memenuhi
F6	6,225	5,52 - 6,48	Memenuhi
F7	5,925	5,52 - 6,48	Memenuhi
F8	6,000	5,52 - 6,48	Memenuhi
F9	5,825	5,52 - 6,48	Memenuhi
F10	6,100	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 4,5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
G1	5900	6,000	6,200	0,454	35,400	57,405	16,216
G2	6,000	6,000	5,875	0,441	36,000	58,386	16,218
G3	6,000	6,000	6,175	0,445	36,000	50,292	13,970
G4	6,100	6,133	6,050	0,461	37,411	67,460	18,032
G5	6,000	6,000	6,150	0,442	36,000	55,443	15,401
G6	6,200	6,100	6,225	0,470	37,820	66,234	17,513
G7	6,000	6,100	6,025	0,453	36,600	53,971	14,746
G8	5,900	5,900	6,150	0,450	34,810	59,857	17,195
G9	6,033	6,100	6,175	0,471	36,801	64,026	17,398
G10	6,100	6,133	6,300	0,470	37,411	51,028	13,640
Rata-rata							16,033
Kuat tekan minimum							13,640

Tabel 5.18 Toleransi Dimensi *Paving block* Variasi 4,5%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
G1	6,200	5,52 - 6,48	Memenuhi
G2	5,875	5,52 - 6,48	Memenuhi
G3	6,175	5,52 - 6,48	Memenuhi
G4	6,050	5,52 - 6,48	Memenuhi
G5	6,150	5,52 - 6,48	Memenuhi
G6	6,225	5,52 - 6,48	Memenuhi
G7	6,025	5,52 - 6,48	Memenuhi
G8	6,150	5,52 - 6,48	Memenuhi
G9	6,175	5,52 - 6,48	Memenuhi
G10	6,300	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
H1	5,930	5,900	6,050	0,436	34,987	46,368	13,253
H2	5,900	6,000	5,875	0,443	35,400	66,969	18,918
H3	6,000	6,100	5,950	0,446	36,600	42,690	11,664
H4	6,000	6,000	6,225	0,466	36,000	61,329	17,036
H5	6,100	6,100	6,150	0,458	37,210	59,367	15,954
H6	6,000	6,200	5,950	0,461	37,200	67,950	18,266
H7	6,000	6,000	6,175	0,450	36,000	66,234	18,398
H8	6,000	6,000	6,075	0,442	36,000	56,178	15,605
H9	5,967	5,900	5,875	0,410	35,205	48,576	13,798
H10	6,000	5,900	6,125	0,442	35,400	47,595	13,445
Rata-rata							15,634
Kuat tekan minimum							11,664

Tabel 5.20 Toleransi Dimensi *Paving block* Variasi 5%

Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
H1	6,050	5,52 - 6,48	Memenuhi
H2	5,875	5,52 - 6,48	Memenuhi
H3	5,950	5,52 - 6,48	Memenuhi
H4	6,225	5,52 - 6,48	Memenuhi
H5	6,150	5,52 - 6,48	Memenuhi
H6	5,950	5,52 - 6,48	Memenuhi
H7	6,175	5,52 - 6,48	Memenuhi
H8	6,075	5,52 - 6,48	Memenuhi
H9	5,875	5,52 - 6,48	Memenuhi
H10	6,125	5,52 - 6,48	Memenuhi

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 5,5%

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)
I1	6,000	6,000	5,800	0,444	36,000	94,683	26,301
I2	6,000	6,000	5,950	0,455	36,000	79,722	22,145
I3	6,000	5,900	5,975	0,468	35,400	86,099	24,322
I4	6,000	6,000	5,700	0,453	36,000	105,228	29,230
I5	6,000	6,000	5,950	0,460	36,000	78,496	21,804
I6	6,000	5,900	6,000	0,452	35,400	81,930	23,144
I7	5,900	5,900	6,025	0,421	34,810	79,477	22,832
I8	5,900	5,900	5,850	0,477	34,810	66,479	19,098
I9	6,000	6,000	5,825	0,456	36,000	104,247	28,958
I10	6,000	6,000	5,975	0,477	36,000	85,854	23,848
Rata-rata							24,168
Kuat tekan minimum							19,098

Tabel 5.22 Toleransi Dimensi *Paving block* Variasi 5,5%

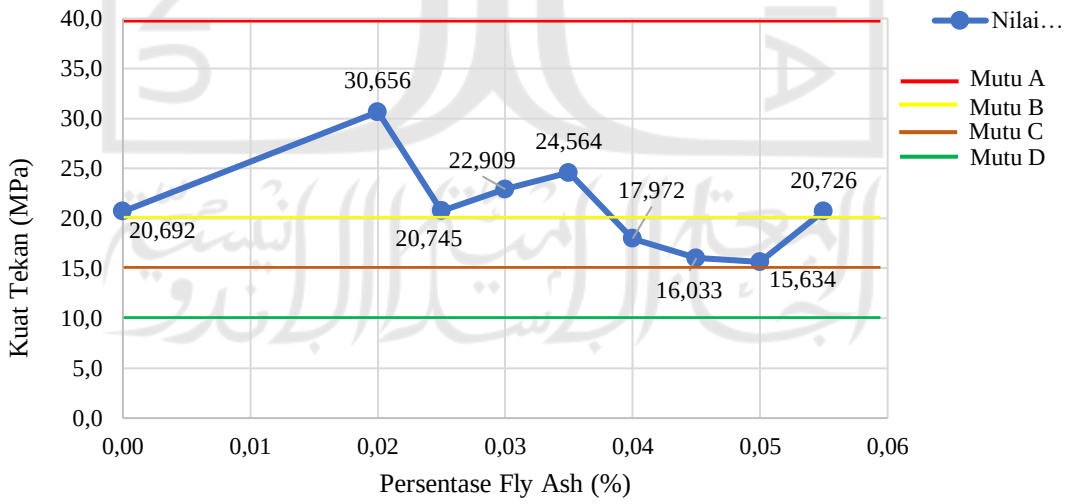
Kode Sampel	Tebal *Paving Block* (Cm)	Toleransi Tebal ±8% (Cm)	Keterangan
I1	5,800	5,52 - 6,48	Memenuhi
I2	5,950	5,52 - 6,48	Memenuhi
I3	5,975	5,52 - 6,48	Memenuhi
I4	5,700	5,52 - 6,48	Memenuhi
I5	5,950	5,52 - 6,48	Memenuhi
I6	6,000	5,52 - 6,48	Memenuhi
I7	6,025	5,52 - 6,48	Memenuhi
I8	5,850	5,52 - 6,48	Memenuhi
I9	5,825	5,52 - 6,48	Memenuhi
I10	5,975	5,52 - 6,48	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata kuat tekan yang telah dilakukan pada semua variasi selanjutnya yaitu menggolongkan mutu *paving block* pada setiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.23 dibawah ini

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Rata-Rata Kuat Tekan dan Penggolongan Mutu *Paving Block*

Persentase *Fly Ash* (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum	Mutu *Paving Block*	Fungsi *Paving Block*
0	20,692	14,465	D	Taman dan Penggunaan lain
2	30,656	23,591	B	Peralatan parkir
2,5	20,141	11.495	D	Taman dan Penggunaan lain
3,0	22,909	17,623	C	Pejalan kaki
3,5	24,564	15,032	C	Pejalan kaki
4,0	17,972	14,810	D	Taman dan Penggunaan lain
4,5	16,033	13,640	D	Taman dan Penggunaan lain
5,0	15,634	11,664	D	Taman dan Penggunaan lain
5,5	20,726	19,098	C	Pejalan kaki

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan rata-rata kuat tekan setiap variasi persentase penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini

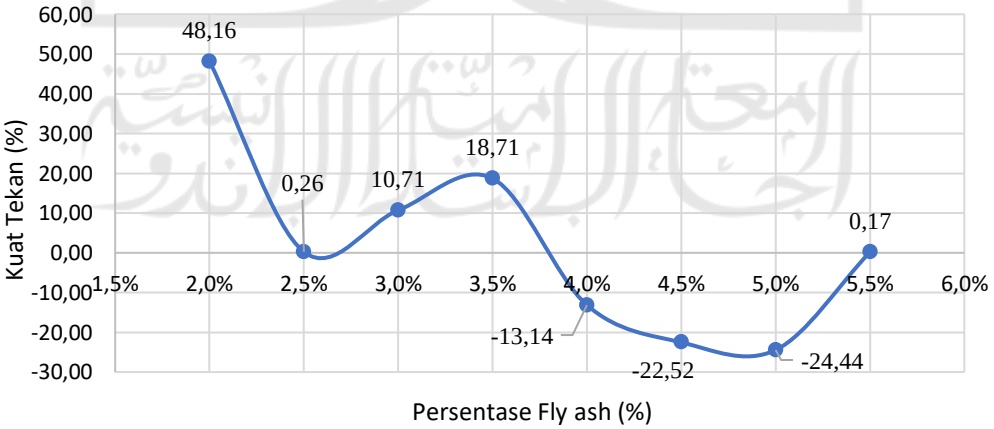


Gambar 5.1 Grafik Rata-Rata Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan *paving block* dengan bahan tambah *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen didapatkan data kenaikan dan penurunan terhadap *paving block* normal *fly ash 0%*. Adapun rekapitulasi hasil kenaikan dan penurunan pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Gambar 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.24 Kenaikan dan Penurunan Kuat Tekan *Paving Block Fly Ash* Terhadap *Paving Block* Normal

Paving Block Fly Ash		**Kuat Tekan *Paving Block* Normal (Mpa)**	**Kenaikan dan Penurunan Kuat Tekan (%)**
Persentase *Fly Ash* (%)	**Kuat Tekan *Paving Block Fly Ash* (Mpa)**		
2	30,656	20,692	48,16
2,5	20,745		0,26
3,0	22,909		10,71
3,5	24,564		18,71
4,0	17,972		-13,14
4,5	16,033		-22,52
5	15,634		-24,44
5,5	20,726		0,17



Gambar 5.2 Grafik Kenaikan dan Penurunan Kuat Tekan *Paving Block Fly Ash* terhadap *Paving Block* Normal

Dari hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* didapatkan kenaikan pada nilai kuat tekan *paving block* dengan bahan campuran *fly ash* dibandingkan dengan kuat tekan normal, namun dapat dilihat juga terdapat penurunan nilai kuat tekan pada persentase *fly ash* 4%, 4,5% dan 5%. Pada hasil pengujian kuat tekan dengan persentase *fly ash* 2% terjadi peningkatan kuat tekan yang cukup tinggi hal ini disebabkan *fly ash* dapat tercampur dengan baik serta proses pemadatan yang baik sehingga terjadi peningkatan nilai kuat tekan dibandingkan dengan *paving block* normal (*fly ash* 0%). Peningkatan nilai kuat tekan juga terjadi pada persentase *fly ash* 2,5%, 3%, dan 3,5% namun tidak terlalu signifikan seperti pada persentase 2%. Pada persentase 4%, 4,5% dan 5% terjadi penurunan nilai kuat tekan dimana hal tersebut disebabkan beberapa faktor seperti pada saat pencampuran, pada saat proses pencampuran bahan tidak tercampur secara merata sehingga terdapat gumpalan seperti semen, *fly ash* didalam campuran *paving block*, penurunan juga dapat disebabkan pada proses pemadatan di mesin pencetak paving, pada saat mesin pencetak dihidupkan dan proses pemadatan bahan campuran dalam cetakan *paving block* tidak sepenuhnya memadat, maka akan menyebabkan nilai kuat tekan *paving block* yang lebih rendah diakibatkan masih terdapat rongga pada *paving block* tersebut. Sedangkan pada *paving block* dengan persentase *fly ash* 5,5% terjadi kenaikan nilai kuat tekan yang tidak terlalu jauh dari *paving block* normal.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nursilawati, L. I. (2018) tentang "Pemanfaatan Limbah Batu Bara (*Fly ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan *Paving block*" menyatakan bawah kenaikan kuat tekan terjadi pada campuran *fly ash* variasi 2,5% sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai kuat tekan sebesar 22,5 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 8,87%, namun dalam penelitian kali ini didapatkan peningkatan nilai kuat tekan dengan persentase *fly ash* 2% sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai kuat tekan sebesar 30,656 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 48,16%. Nilai kuat tekan minimum didapatkan pada persentase *fly ash* 5%. Dengan demikian dapat disimpulkan bila penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* dapat meningkatkan mutu *paving block*, namun penggunaan *fly ash* yang berlebih juga dapat menurunkan mutu *paving block*.

5.5 Penyerapan Air *Paving Block*

Pengujian penyerapan air pada benda uji *paving block* dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah dengan 9 variasi. Pengujian dilakukan sesuai dengan yang terdapat pada SNI 03-0691-1996. Sebagai contoh perhitungan pengujian penyerapan air, menggunakan hasil pengujian pada tipe A1 dengan persentase penambahan *fly ash* 0% adalah sebagai berikut

Berat basah = 2474 gram

Berat kering = 2282 gram

Penyerapan air $= \frac{A-B}{B}\ x\ 100\%$

$= \frac{2474-2282}{2282}\ x\ 100\%$

= 8,414%

Dimana

A = Berat basah benda uji

B = Berat kering benda uji

Setelah semua data pengujian penyerapan air didapatkan lalu dihitung nilai rata-rata penyerapan air dari sampel yang ada, sebagai contoh perhitungan rata-rata penyerapan air menggunakan data dari kode sampel A dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini

Penyerapan air $_{m}$ $= \frac{\Sigma penyerapan\ air}{n}$

$= \frac{8{,}414+8{,}943+7{,}891+8{,}039+8{,}054}{5}$

= 8,268%

Adapun hasil pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.25 sampai dengan Tabel 5.33 berikut ini

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
A1	2474	2282	8,414
A2	2473	2270	8,943
A3	2502	2319	7,891
A4	2540	2351	8,039
A5	2549	2359	8,054
Nilai Rerata			8,268

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 2%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
B1	2536	2357	7,594
B2	2456	2269	8,242
B3	2583	2399	7,670
B4	2515	2398	4,879
B5	2495	2378	4,920
Nilai Rerata			6,661

Tabel 5.27 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 2,5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
C1	2499	2282	9,509
C2	2533	2353	7,650
C3	2444	2278	7,287
C4	2488	2335	6,552
C5	2543	2337	8,815
Nilai Rerata			7,963

Tabel 5.28 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 3%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
D1	2478	2329	6,398
D2	2522	2298	9,748
D3	2464	2240	10,000
D4	2594	2438	6,399
D5	2504	2257	10,944
Nilai Rerata			8,573

Tabel 5.29 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 3,5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
E1	1526	2324	8,692
E2	2514	2319	8,409
E3	2509	2289	9,611
E4	2398	2232	7,437
E5	2511	2290	9,651
Nilai Rerata			8,760

Tabel 5.30 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 4%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
F1	2525	2425	4,124
F2	2545	2356	8,022
F3	2593	2412	7,504
F4	2560	2401	6,622
F5	2548	2358	8,058
Nilai Rerata			6,866

Tabel 5.31 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 4,5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
G1	2505	2307	8,583
G2	2400	2260	6,195
G3	2548	2328	9,450
G4	2435	2220	9,685
G5	2544	2332	9,091
Nilai Rerata			8,601

Tabel 5.32 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
H1	2609	2414	8,078
H2	2563	2372	8,052
H3	2573	2346	9,676
H4	2580	2423	6,480
H5	2619	2450	6,898
Nilai Rerata			7,837

Tabel 5.33 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* Variasi 5,5%

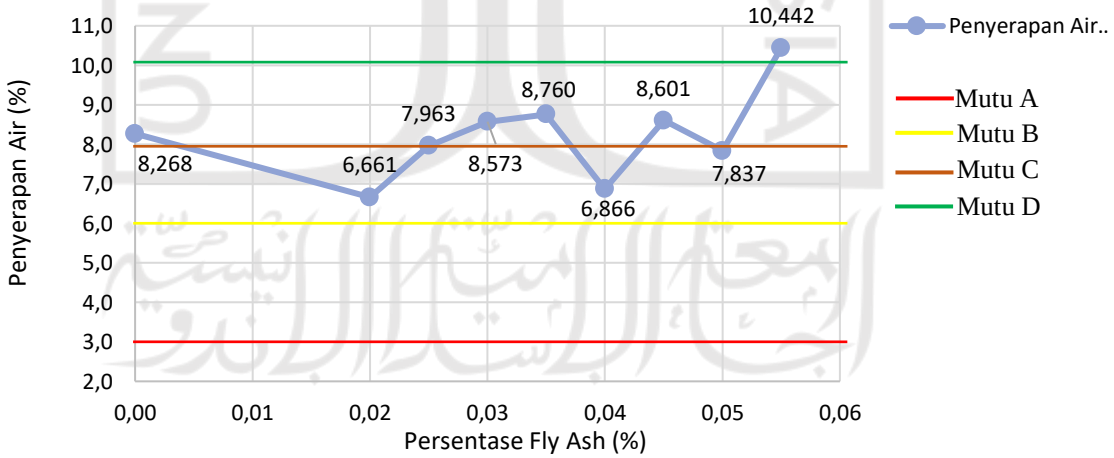
Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
I1	2563	2322	10,379
I2	2549	2306	10,538
I3	2503	2258	10,850
I4	2522	2276	10,808
I5	2526	2304	9,635
Nilai Rerata			10,442

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata penyerapan air yang telah dilakukan pada semua variasi selanjutnya yaitu menggolongkan mutu *paving block* pada setiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.34 dibawah ini

Tabel 5.34 Hasil Perhitungan Rata-Rata Penyerapan Air dan Penggolongan Mutu *Paving Block*

Persentase *Fly Ash* (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)	Mutu *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)	Fungsi *Paving Block*
0	8,268	D	Taman dan penggunaan lain
2	6,661	C	Pejalan kaki
2,5	7,963	C	Pejalan kaki
3,0	8,573	D	Taman dan penggunaan lain
3,5	8,760	D	Taman dan penggunaan lain
4,0	6,866	C	Pejalan kaki
4,5	8,601	D	Taman dan penggunaan lain
5,0	7,837	C	Pejalan kaki
5,5	10,442	-	

Adapun grafik rata-rata penyerapan air *paving block* setiap persentase penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dapat dilihat pada Gambar 5.3 dibawah ini



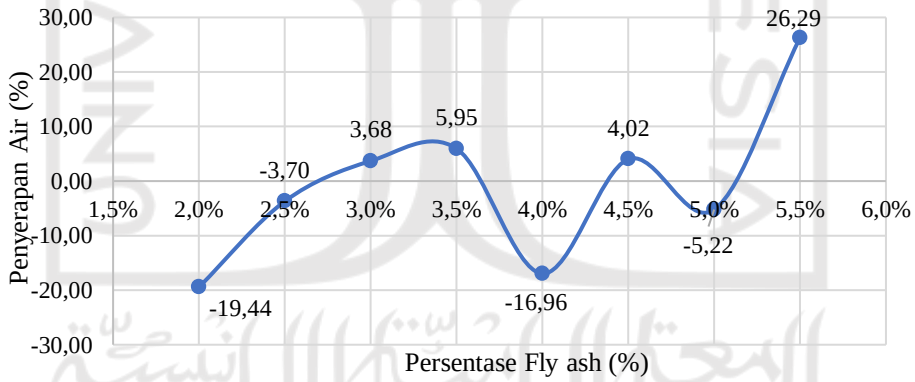
Gambar 5.3 Grafik Rata-Rata Penyerapan Air *Paving Block*

Dari hasil pengujian dan perhitungan rata-rata penyerapan air pada setiap persentase *fly ash* didapatkan hasil kenaikan dan penurunan nilai rata-rata penyerapan air dibandingkan dengan *paving block* normal (*fly ash* 0%). Kenaikan

dan penurunan nilai rata-rata pengujian penyerapapan air dapat dilihat pada Tabel 5.35 dan Gambar 5.4 sebagai berikut ini

Tabel 5.35 Kenaikan dan Penurunan Penyerapan Air *Paving Block Fly Ash* Terhadap *Paving Block* Normal

Persentase *Fly Ash* (%)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Normal (%)	Kenaikan dan Penurunan Penyerapan Air (%)
2	6,661	8,27	-19,44
2,5	7,963		-3,70
3,0	8,573		3,68
3,5	8,760		5,95
4,0	6,866		-16,96
4,5	8,601		4,02
5,0	7,837		-5,22
5,5	10,442		26,29



Gambar 5.4 Grafik Kenaikan dan Penurunan Penyerapan Air *Paving Block Fly Ash* Terhadap *Paving Block* Normal

Berdasarkan dari hasil pengujian penyerapan air, *paving block* dengan campuran *fly ash* mendapatkan hasil lebih rendah atau penurunan nilai daripada *paving block* normal. Penurunan nilai daya serap air pada *paving block* dengan campuran *fly ash* di beberapa persentase disebabkan karena partikel *fly ash* yang lebih kecil dari semen sehingga *fly ash* dapat mengisi rongga kosong yang ada,

dengan *fly ash* yang mengisi rongga tersebut maka penyerapan air mengalami penurunan dari *paving block* normal.

Pada penelitian ini hasil pengujian penyerapan air menunjukkan kenaikan dan penurunan nilai pada setiap persentasenya, kenaikan dan penurunan tersebut disebabkan ketika proses pencampuran yang tidak merata sehingga memberikan hasil yang kurang baik.

Penyerapan air *paving block* dengan hasil yang paling rendah yakni terdapat pada persentase *fly ash* 2% dari berat sebagian semen yaitu sebesar 6,661% dengan penurunan 19,44% dari *paving block* normal (*fly ash* 0%) dan berdasarkan hasil tersebut maka *paving block* digolongkan dalam mutu C sesuai dengan SNI 03-0691-1996. *Paving block* normal (*fly ash* 0%) didapatkan hasil sebesar 8,268% maka dari hasil tersebut *paving block* normal *(fly ash 0%)* digolongkan dalam mutu D sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan nilai penyerapan air paling optimum di dapatkan pada persentase *fly ash* 2%. Semakin tinggi nilai penyerapan air yang diperoleh menunjukkan semakin jelek mutu *paving block* tersebut, begitu sebaliknya semakin rendah nilai yang diperoleh menunjukkan semakin baik mutu pada *paving block* tersebut.

5.6 Ketahanan Aus *Paving Block*

Pengujian keausan pada *paving block* dilakukan selama 15 menit dengan cara menggosokkan permukaan *paving block* menggunakan mata pisau khusus dengan ukuran *paving block* 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm. Pengujian ketahanan aus dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah dengan 9 variasi . Sebagai contoh perhitungan pengujian ketahanan aus, menggunakan hasil pengujian pada tipe A1 dengan persentase penambahan *fly ash* 0% adalah sebagai berikut

Berat awal = 116,480 gram

Berat akhir = 114,550 gram

Kehilangan berat = Berat awal – Berat akhir

= 116,480 – 114,550

= 1,930 gram

Waktu = 15 menit

G $= \frac{Kehilangan\ berat}{Waktu}$

$= \frac{1{,}930\ gram}{15\ menit}$

= 0,129 gram/menit

D $= 1{,}26\ G + 0{,}0246$

$= (1{,}26\ x\ 0{,}129) + 0{,}0246$

= 0,187 mm/menit

Dimana:

G = Kehilangan berat/waktu

D = Keausan

Setelah semua perhitungan pengujian ketahanan aus didapatkan kemudian dihitung nilai rata-rata ketahanan aus dari setiap variasi yang ada, sebagai contoh perhitungan rata-rata ketahanan aus setiap variasi mengambil data dari kode sampel A dengan menggunakan rumus sebagai berikut

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

$= \frac{0{,}187+0{,}163+0{,}221+0{,}216+0{,}186}{5}$

= 0,195 mm/menit

Adapun hasil pengujian ketahanan aus dapat dilihat pada Tabel 2.36 hingga Tabel 2.44 dibawah ini

Tabel 5.36 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
A1	116,480	114,550	1,930	15	0,129	0,187
A2	117,370	115,720	1,650	15	0,110	0,163
A3	113,490	111,150	2,340	15	0,156	0,221
A4	114,610	112,330	2,280	15	0,152	0,216
A5	113,160	111,240	1,240	15	0,128	0,186
Rata-rata						0,195
Nilai keausan maksimal						0,221

Tabel 5.37 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 2%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
B1	92,390	90,910	1,480	15	0,099	0,149
B2	94,990	93,310	1,680	15	0,112	0,166
B3	94,220	92,620	1,600	15	0,107	0,159
B4	95,160	93,510	1,650	15	0,110	0,163
B5	96,250	94,620	1,630	15	0,109	0,162
Rata-rata						0,160
Nilai keausan maksimal						0,166

Tabel 5.38 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 2,5%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
C1	118,580	116,890	1,690	15	0,113	0,167
C2	116,420	114,440	1,980	15	0,132	0,191
C3	118,030	116,190	1,840	15	0,123	0,179
C4	112,720	110,870	1,850	15	0,123	0,180
C5	115,310	113,560	1,750	15	0,117	0,172
Rata-rata						0,178
Nilai keausan maksimal						0,191

Tabel 5.39 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 3%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
D1	107,550	106,030	1,520	15	0,101	0,152
D2	101,610	99,300	2,310	15	0,154	0,219
D3	111,860	109,860	2,000	15	0,133	0,193
D4	113,980	111,520	2,460	15	0,164	0,231
D5	112,420	110,440	1,980	15	0,132	0,191
Rata-rata						0,197
Nilai keausan maksimal						0,231

Tabel 5.40 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 3,5%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
E1	111,470	108,720	2,750	15	0,183	0,256
E2	116,610	114,510	2,100	15	0,140	0,201
E3	111,980	109,850	2,130	15	0,142	0,204
E4	109,360	107,130	2,230	15	0,149	0,212
E5	110,680	108,340	2,340	15	0,156	0,221
Rata-rata						0,219
Nilai keausan maksimal						0,256

Tabel 5.41 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 4%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
F1	114,440	110,790	3,650	15	0,243	0,331
F2	115,860	112,710	3,150	15	0,210	0,289
F3	120,890	118,370	2,520	15	0,168	0,236
F4	116,360	114,010	2,350	15	0,157	0,222
F5	112,870	110,890	1,980	15	0,132	0,191
Rata-rata						0,254
Nilai keausan maksimal						0,331

Tabel 5.42 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 4,5%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
G1	124,800	122,310	2,490	15	0,166	0,234
G2	108,390	105,940	2,450	15	0,163	0,230
G3	132,400	130,160	2,240	15	0,149	0,213
G4	114,300	111,120	3,180	15	0,212	0,292
G5	123,490	120,980	2,510	15	0,167	0,235
Rata-rata						0,241
Nilai keausan maksimal						0,292

Tabel 5.43 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
H1	119,070	116,140	2,930	15	0,195	0,271
H2	113,210	109,890	3,320	15	0,221	0,303
H3	97,770	96,030	1,740	15	0,116	0,171
H4	112,520	110,880	1,640	15	0,109	0,162
H5	111,230	108,370	2,860	15	0,191	0,265
Rata-rata						0,234
Nilai keausan maksimal						0,303

Tabel 5.44 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi 5,5%

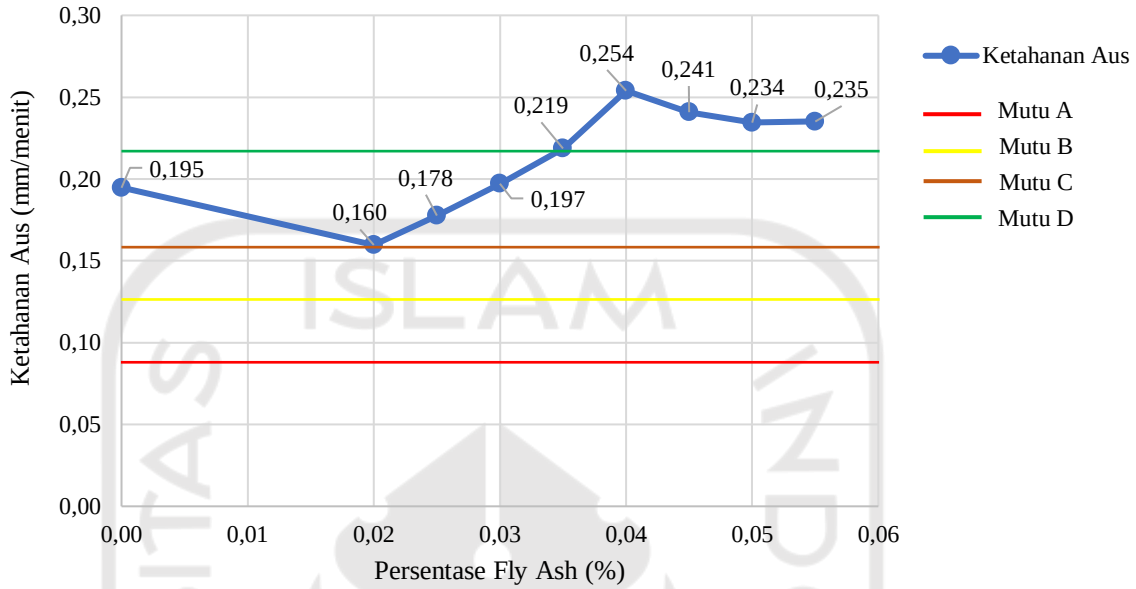
Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan berat/waktu (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
I1	95,890	93,010	2,880	15	0,192	0,267
I2	107,110	104,850	2,260	15	0,151	0,214
I3	97,750	95,650	2,100	15	0,140	0,201
I4	97,530	95,550	1,980	15	0,132	0,191
I5	108,040	104,730	3,310	15	0,221	0,303
Rata-rata						0,235
Nilai keausan maksimal						0,303

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata ketahanan aus yang telah dilakukan pada semua variasi selanjutnya yaitu menggolongkan mutu *paving block* pada setiap variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.45 dibawah ini

Tabel 5.45 Hasil Perhitungan Rata-Rata Ketahanan Aus dan Penggolongan Mutu *Paving Block*

Persentase *Fly Ash* (%)	**Rata-rata Ketahanan Aus (mm/menit)**	**Nilai Keausan Maksimal**	**Mutu *Paving Block***	**Fungsi *Paving Block***
0	0,195	0,221	D	Taman dan penggunaan lain
2	0,160	0,166	C	Pejalan kaki
2,5	0,178	0,191	D	Taman dan penggunaan lain
3	0,197	0,231	D	Taman dan penggunaan lain
3,5	0,219	0,256	-	-
4,0	0,254	0,331	-	-
4,5	0,241	0,292	-	-
5	0,234	0,303	-	-
5,5	0,235	0,303	-	-

Adapun grafik rata-rata ketahanan aus *paving block* setiap persentase penambahan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dapat dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini

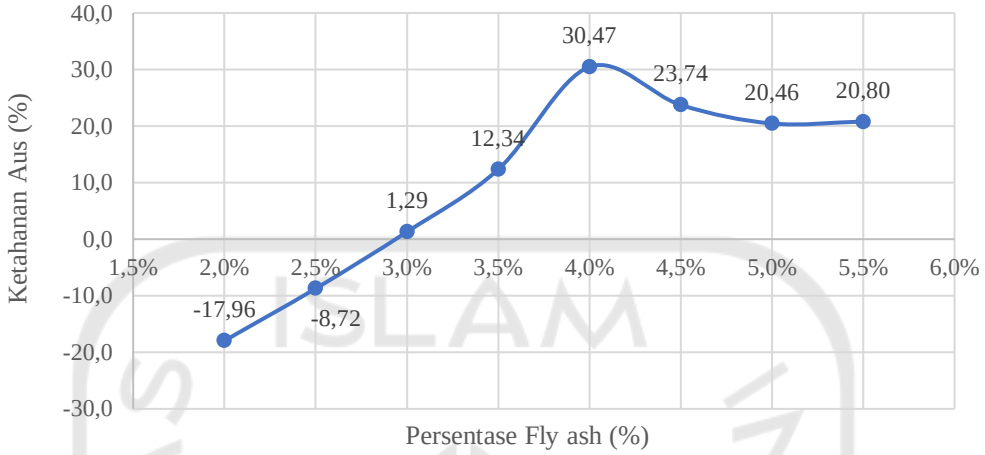


Gambar 5.5 Grafik Rata-rata Ketahanan Aus *Paving Block*

Berdasarkan perhitungan rata-rata pengujian ketahanan aus *paving block* didapatkan hasil kenaikan dan penurunan nilai pada setiap variasi. Rekapitulasi kenaikan dan penurunan nilai rata-rata pengujian ketahanan aus dapat dilihat pada Tabel 5.46 dan Gambar 5.6 dibawah ini

Tabel 5.46 Kenaikan dan Penurunan Ketahanan Aus *Paving Block Fly Ash* Terhadap *Paving Block* Normal

Persentase *Fly Ash* (%)	**Keausan (mm/menit)**	**Keausan Normal (mm/menit)**	**Kenaikan dan Penurunan Keausan (%)**
2	0,160	0,195	-17,96
2,5	0,178		-8,72
3,0	0,197		1,29
3,5	0,219		12,34
4,0	0,254		30,47
4,5	0,241		23,74
5,0	0,234		20,46
5,5	0,235		20,80



Gambar 5.6 Grafik Kenaikan dan Penurunan Ketahanan Aus *Paving Block Fly Ash* terhadap *Paving Block* Normal

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus pada *paving block*, didapatkan kenaikan serta penurunan nilai. *Paving block* dengan persentase *fly ash* 2% dan 2,5% dari berat semen mendapatkan nilai ketahanan aus sebesar 0,160 mm/menit dan 0,178 mm/menit, hasil tersebut menunjukkan penurunan nilai dari *paving block* normal sebesar 17,96% dan 8,72%, penurunan tersebut terjadi dikarenakan *fly ash* yang di campurkan dalam campuran dapat mengisi rongga-rongga sehingga *paving block* menjadi lebih padat. Pada persentase *fly ash* 3% dan 3,5% terjadi kenaikan nilai ketahanan aus dari *paving block* persentase *fly ash* 2% dan 2,5% kenaikan nilai dapat disebabkan karena pencampuran yang tidak merata sehingga masih terdapat bahan campuran yang masih menggumpal. Mengacu pada SNI 03-0691-1996 *paving block* dengan persentase *fly ash* 2% digolongkan masuk dalam mutu C, *paving block* dengan persentase *fly ash* 0%, 2,5% dan 3% digolongkan masuk pada mutu D yang digunakan untuk taman dan penggunaan lain, sedangkan pada persentase 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% tidak masuk ke dalam mutu dikarenakan semakin besar nilai ketahanan aus yang didapatkan menunjukkan semakin jelek mutu pada *paving block*, sebaliknya semakin kecil nilai ketahanan aus yang didapatkan menunjukkan semakin baik mutu pada *paving block.* Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan nilai ketahanan aus paling optimum yang

didapatkan pada *paving block* dengan persentase *fly ash* 2% yang masuk kedalam mutu C sesuai SNI 03-0691-1996.

5.7 Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Mutu *Paving Block*

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada semua pengujian maka dapat diketahui mutu yang didapatkan dengan penambahan *fly ash* pada campuran sebagai pengganti sebagian semen pada *paving block*. Pengaruh *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen terhadap mutu *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.47 sebagai berikut

Tabel 5.47 Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Mutu *Paving Block*

Variasi *Fly ash* (%)	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Mutu Kuat Tekan	Penyerapan Air (%)	Mutu Penyerapan Air	Keausan (mm/menit)	Nilai Keausan Maksimal (mm/menit)	Mutu Keausan
0	A	20,692	14,465	D	8,268	D	0,195	0,221	D
2	B	30,656	23,591	B	6,661	C	0,160	0,166	C
2,5	C	20,745	11.495	D	7,963	C	0,178	0,191	D
3	D	22,909	17,623	C	8,573	D	0,197	0,231	D
3,5	E	24,564	15,032	C	8,760	D	0,219	0,256	-
4	F	17,972	14,810	D	6,866	C	0,254	0,331	-
4,5	G	16,033	13,640	D	8,601	D	0,241	0,292	-
5,0	H	15,634	11,664	D	7,837	C	0,234	0,303	-
5,5	I	20,726	19,098	C	10,442	-	0,235	0,303	-

Dari Tabel 5.47 diatas dapat dilihat mutu berdasarkan tiga pengujian yang telah dilakukan. Mutu tertinggi dari hasil pengujian didapatkan pada kode sampel B yakni *paving block* dengan variasi *fly ash* 2% dengan kuat tekan mutu B, penyerapan air mutu C dan keausan C. Sedangkan pada *paving block* normal kode sampel A didapatkan hasil kuat tekan di mutu D serta keausan D dan penyerapan air di mutu D.

Hasil dari ketiga pengujian menunjukkan *paving block* dengan persentase 2% merupakan *paving block* paling optimum berdasarkan parameter sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yaitu kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus. Pada parameter kuat tekan, diperoleh hasil untuk kuat tekan rata-rata dan kuat tekan minimum sebesar 30,656 MPa dan 23,591 MPa. Pada parameter penyerapan air mensyaratkan nilai rata-ratanya saja, dan dari hasil penelitian didapat nilai penyerapan air sebesar 6,661%. Selanjutnya, pada parameter ketahanan aus didapatkan hasil untuk ketahanan aus rata-rata dan nilai keausan maksimal sebesar 0,160 mm/menit dan 0,166 mm/menit. Sehingga dapat disimpulkan mutu yang diperoleh pada *paving block* dengan persentase *fly ash* 2% ditinjau dari ketiga parameter dan mengacu nilai kuat tekan minimum dan nilai maksimal pada ketahanan aus *paving block* tersebut masuk kedalam mutu C.

Pada *paving block* dengan persentase *fly ash* 2,5% dan 3% digolongkan masuk kedalam mutu D hal tersebut dapat dilihat dari ketiga parameter dan melihat nilai kuat tekan minimum serta nilai keausan maksimal pada SNI 03-0691-1996. Sedangkan pada *paving block* dengan persentase 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% tidak masuk kedalam mutu hal tersebut terlihat dari hasil pengujian terdapat salah satu parameter yang nilainya tidak memenuhi syarat SNI 03-0691-1996. Penurunan mutu pada *paving block* bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti adukan yang kurang merata dan kurangnya pemadatan saat *paving block* di cetak sehingga nilai kuat tekan pada *paving block* menurun tetapi nilai ketahanan aus dan penyerapan air meningkat. *Paving block* yang tidak padat dapat menimbulkan banyak rongga-rongga udara sehingga ketika *paving block* di tekan oleh suatu beban *paving block* tersebut tidak dapat menahan beban secara maksimal, namun berbanding terbalik

dengan penyerapan air hal tersebut dikarenakan air akan masuk dan mengisi rongga udara yang ada sehingga penyerapan air akan meningkat dan semakin tinggi nilai penyerapan air pada suatu *paving block* maka nilai tersebut tidak memenuhi syarat SNI 03-0691-1996. Selain itu, banyaknya rongga-rongga udara mengakibatkan kehilangan berat akibat gesekan dengan mesin pengaus semakin besar dan nilai keausannya semakin meningkat.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nursilawati, L. I. (2018) tentang "Pemanfaatan Limbah Batu Bara (*Fly ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan *Paving block"* dengan perbandingan semen dan pasir 1:4 menunjukkan hasil optimum diperoleh dengan persentase *fly ash* 2,5% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 22,5 Mpa dan masuk pada mutu B. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan perbandingan semen dan pasir yang sama yakni 1:4 mendapatkan hasil optimum pada persentase *fly ash* 2% dan mencapai target mutu kuat tekan pada penelitian sebelumnya. Nilai pengujian yang didapatkan dalam penelitian ini menunjukkan dengan penggunaan *fly ash* sebanyak 2% dapat meningkatkan 48,16% nilai kuat tekan dibandingkan dengan *paving block* normal (*fly ash 0%*), sedangkan pada nilai penyerapan air dan ketahanan aus akan menurun. Hal tersebut dikarenakan kuat tekan *paving block* berbanding terbalik dengan penyerapan air dan ketahanan aus, oleh karena itu dapat disimpulkan penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen pada *paving block* dapat menaikkan nilai pada *paving block* sehingga mutu *paving block* akan meningkat. Namun, penggunaan *fly ash* yang berlebihan juga dapat menurunkan mutu dari *paving block*

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan, dapat diambil beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut

1. Penelitian tentang "Pengaruh Variasi Penambahan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Mutu *Paving Block*" mendapatkan hasil kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan aus sebagai berikut.
   a. Kuat tekan

      Hasil penelitian yang diperoleh pada kuat tekan pada variasi 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% secara berturut turut yaitu 20,692 MPa, 30,656 MPa, 20,745 MPa, 22,909 MPa, 24,564 MPa, 17,972 MPa, 16,033 MPa, 15,634 MPa, dan 20,726 MPa. Semua nilai kuat tekan yang diperoleh masuk syarat yang ditentukan SNI 03-0691-1996.
   b. Penyerapan air

      Nilai penyerapan air yang diperoleh dalam penelitian ini pada variasi 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% secara berturut turut yaitu 8,268%, 6,661%, 7,963%, 8,573%, 8,760%, 6,866%, 8,601%, 7,837%, dan 10,442%. Nilai yang diperoleh mengalami kenaikan dan penurunan di setiap variasi dan semua variasi masuk kedalam syarat SNI 03-0691-1996 tetapi pada variasi 5,5% nilai yang diperoleh tidak memenuhi syarat.
   c. Ketahanan aus

      Hasil yang diperoleh pada pengujian ketahanan aus dengan variasi 0%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, 5% dan 5,5% secara berturut turut yaitu 0,195 mm/menit, 0,160 mm/menit, 0,178 mm/menit, 0,197 mm/menit, 0,219 mm/menit, 0,254 mm/menit, 0,254 mm/menit, 0,241 mm/menit, 0,234 mm/menit, dan 0,235 mm/menit.

2. Hasil pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan aus diperoleh nilai optimum ada pada persentase *fly ash* 2% dengan nilai 30,656 MPa, 6,661% dan 0,160 mm/menit. Sesuai SNI 03-0691-1996 dengan melihat pada nilai kuat tekan minimum dan nilai maksimal keausan *paving block* dengan persentase fly ash 2% dapat digolongkan kedalam mutu B pada kuat tekan, mutu C pada penyerapan air dan mutu C pada ketahanan aus. Dengan demikian *paving block* dengan variasi persentase fly ash 2% berdasarkan ketiga parameter disimpulkan masuk kedalam mutu C dengan kegunaan sebagai pejalan kaki.
3. Berdasarkan hasil yang diperoleh penggunaan *fly ash* persentase 2% dari berat semen berpengaruh terhadap mutu *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *fly ash* sebanyak 2% dapat meningkatkan mutu pada *paving block*. Dari ketiga parameter yakni kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus *paving block* normal masuk kedalam mutu D. Namun, pada *paving block* dengan campuran *fly ash* 2% mengalami peningkatan mutu sehingga *paving block* masuk kedalam mutu C sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya diantaranya sebagai berikut

1. Perlu dilakukan dengan variasi perbandingan semen : pasir yang berbeda untuk mendapatkan mutu *paving block* yang sesuai dengan target kegunaannya.
2. Perlu menggunakan variasi persentase *fly ash* yang berbeda sehingga dapat mengetahui kadar optimum paving block dengan kadar *fly ash* yang berbeda
3. Perlu dipastikan bahan material tidak ada yang menggumpal, hal ini bertujuan agar campuran menjadi lebih rata dan tidak ada gumpalan di paving block
4. Nilai faktor pemadatan perlu ditambah ketika penelitian selanjutnya sehingga *paving block* dapat lebih padat ketika proses pemadatan dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

Adi, a. S. (2017). Analisa Persentase Penambahan *Fly ash* Dan Bottom Ash Pada Campuran Beton Dalam Pembuatan *Paving block*. *Kurva s: jurnal keilmuan dan aplikasi teknik sipil*, *5*(2), 15-22.

Aditya, C. (2012). Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air Dan Ketahanan Aus *Paving block*. *Widya teknika*, *20*(1).

Anhadi, a. R. (2018). Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Kayu Dan *Fly ash* Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Batako (*the effect of using sawdust and fly ash on the compressive strength and water absorption of batako*).

Elvita Azmi, R., & Putri, D. (2020). Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Dan *Abu Boiler* Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air *Paving Block* (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Pln).

Gardjito, e., candra, a. I., & cahyo, y. (2018). Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan *Paving block*. *Ukarst*, *2*(1), 36.

Harystama, A., Al Fathoni, M. A. S., & Azizi, A. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Paving Block. CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 1(1).

Larasati, d., iswan, i., & setyanto, s. (2016). Uji Kuat Tekan *Paving block* Menggunakan Campuran Tanah Dan Kapur Dengan Alat Pemadat Modifikasi. *Jurnal rekayasa sipil dan desain*, *4*(1), 11-22.

Marwan, M., Supriani, F., & Afrizal, Y. (2017). Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Terbang (*Fly ash*) Dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tekan *Paving block*. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, *9*(1), 1-8.

Marza, a. (2007). Pengaruh Ijuk Sebagai Serat Terhadap Kuat Lentur Kuat Desak Dan Kuat Geser Pada Conblock (beton pasir).

Nursilawati, l. I. (2018). Pemanfaatan Limbah Batu Bara (*Fly ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada *Paving block* (doctoral dissertation, universitas mataram).

Ola, a. L., & silaban, d. P. Pengaruh *Fly ash* Dari Limbah Padat Pabrik Minyak Nabati Dalam Produksi *Paving block*.

Pamuji, A. L. (2007). Pengaruh Penambahan Tras Muria Sebagai bahan Ikat Tambahan Pada Pembuatan *Paving block* Ditinjau Terhadap Nilai Kuat Tekan, Ketahanan Aus dan Serapan Air, Skripsi ST. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang*.

Prasetyo Kuncoro, A., & Mochamad Solikin, S. T. (2018). Analisis Kuat Tekan Dan Serapan Air *Paving block* Dengan Pemakaian *Fly ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

Priambudi, G. A. (2019) Penggunaan *Fly ash* Sebagai Bahan Pengisi Dalam Pembuatan *Paving block* Ditinjau Dari Kuat Tekan.

Sari, k. I., & nusa, a. B. (2019). Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe (High Density Polythylene) Sebagai Bahan Pembuatan *Paving block*. *Buletin utama teknik*, *15*(1), 29-32.

Setiawan, i. (2018). Potensi Ekonomi Limbah Arang Tempurung Kelapa Sawit untuk Bahan Tambah *Paving block*.

Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Prosiding Semnastek*.

Siagian, h., & dermawan, a. (2011). Pengujian Sifat Mekanik Batako Yang Dicampur Abu Terbang (*Fly ash*). *Jurnal sains indonesia*, *35*(01), 23-28.

Subramanian, R. (2006). *Evaluation Of Shrinkage Cracking Potential Of Concrete Used In Bridge Decks In Florida*. University of Florida.

Standar Nasional Indonesia. 1996. Bata Beton (*paving block*). Sni 03-0691- 1996. Jakarta. Dewan standarisasi nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2002. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung. Sni 03-2847-2002. Jakarta. Badan Standar Nasional Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Sni 03-1968-1990. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Sni 1970:2008. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2012. Metode Uji Bahan Lebih Halus Dari Saringan No.200 Dalam Agregat Mineral Dengan Pencucian. Sni 03-4142-1996 Jakarta. Badan Standarisasi Nasional

Standar Nasional Indonesia. 1998. Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat. Sni 03-4804-1998. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2015. Semen Portland. Sni 2049:2015. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2002. Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen. Sni 03-6820-2002. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2014. Spesifikasi Abu Terbang Batubara Dan Posolan Alam Mentah Atau Yang Telah Di Kalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton . Sni 2460:2014. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium

Nomor : 120/Ka. Prodi/20/PSTS/IV/2022
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada :
Yth. **Koordinator Laboratorium**
Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	**Fanissa Lifnastiti**
NIM	:	**18511202**
Program Studi	:	**Teknik Sipil**
Dosen pembimbing TA	:	**Astriana Hardawati, S.T., M.Eng**
Judul Tugas Akhir	:	**Pengaruh Variasi Penambahan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Mutu *Paving Block***

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan permohonan untuk meminjam peralatan beserta fasilitas Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 13 April 2022
Pemohon

Fanissa Lifnastiti
NIM: 18511202

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

Menyetujui Koordinator Laboratorium	Menyetujui Dosen Pembimbing Tugas Akhir	Menyetujui Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT)
Ir. Bambang Sulistiono, MSCE	Astriana Hardawati, S.T., M.Eng	Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Catatan:
Kepala laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada:
1. Properties Materian dan atau pembuatan sampel pada tanggal 11 Mei – 25 Mei 2022
2. Pengujian Sampel pada tanggal 11 Juli – 11 Agustus 2022

Nomor : 121/Ka. Prodi/20/PSTS/IV/2022
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Teknik Sipil UII

Kepada :
Yth. **Ketua Tim Satgas Covid 19**
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	**Fanissa Lifnastiti**
NIM	:	**18511202**
Program Studi	:	**Teknik Sipil**
Dosen Pembimbing TA	:	**Astriana Hardawati, S.T., M.Eng**
Judul Tugas Akhir	:	**Pengaruh Variasi Penambahan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Mutu *Paving Block***

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan ijin untuk memasuki lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 13 April 2022
Pemohon

Fanissa Lifnastiti
NIM: 18511202

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

Lampiran:
1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT)

Lampiran 2 Gambar Alat yang Digunakan



Gambar L-2.1 Timbangan



Gambar L-2.2 Oven



Gambar L-2.3 Cetok



Gambar L-2.4 Jangka Sorong



Gambar L-2.5 Pan



Gambar L-2.6 Piknometer



Gambar L-2.7 Cetakan Slinder Beton



Gambar L-2.8 Gerinda Duduk



Gambar L-2.9 Mesin Cetak *Paving block*



Gambar L-2.10 Alat Uji Kuat Tekan



Gambar L-2.11 Alat Uji Ketahanan Aus



Gambar L-2.12 Alat Pengaduk Campuran

Lampiran 3 Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-3.1 Semen



Gambar L-3.2 *Fly ash*



Gambar L-3.3 Pasir

Lampiran 4 Gambar Proses Pengujian Properties



Gambar L-4.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus



Gambar L-4.2 Pengujian Lolos Saringan No.200 (Kandungan Lumpur)



Gambar L-4.3 Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus

Lampiran 5 Gambar Proses Pembuatan *Paving block*



Gambar L-5.1 Proses Pencampuran Bahan *Paving block*



Gambar L-5.2 Proses Pencetakan *Paving block*



Gambar L-5.3 Proses Pengeringan *Paving block*



Gambar L-5.4 Proses Perawatan *Paving block*



Gambar L-5.5 Proses Pemotongan *Paving block*

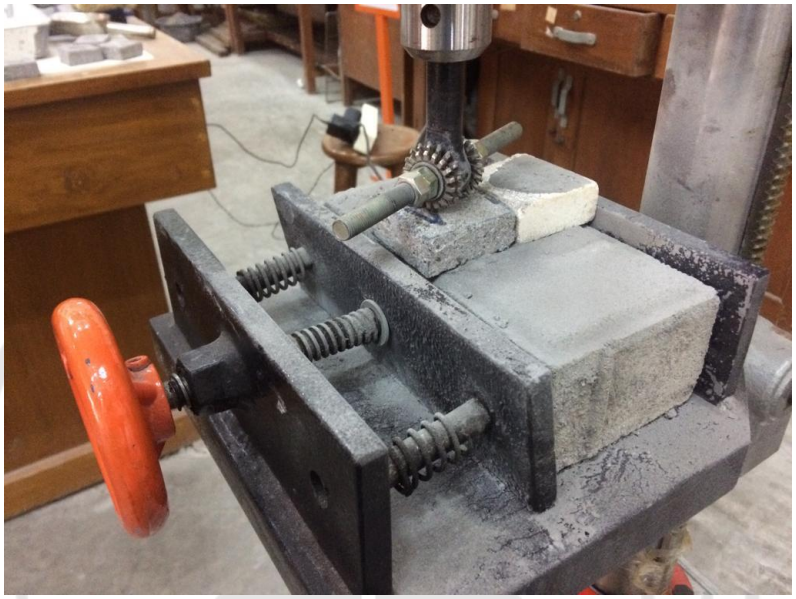
Lampiran 6 Gambar Proses Pengujian *Paving block*



Gambar L-6.1 Proses Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-6.2 Proses Pengujian Penyerapan Air



Gambar L-6.3 Proses Pengujian Ketahanan Aus

Lampiran 7 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

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

Nama : Fanissa Lifnastiti
NIM : 18511202
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
0	A1	6,000	6,000	6,250	36,000	97,626	27,118	20,692
	A2	6,100	6,100	6,250	37,210	55,443	14,900	
	A3	5,900	6,000	6,275	35,400	51,764	14,623	
	A4	6,100	6,100	6,125	37,210	72,120	19,382	
	A5	6,200	6,100	6,200	37,820	54,707	14,465	
	A6	6,100	6,200	6,250	37,820	88,061	23,284	
	A7	6,000	6,000	5,950	36,000	81,439	22,622	
	A8	6,100	6,200	6,175	37,820	91,985	24,322	
	A9	6,200	6,200	6,050	38,440	87,325	22,717	
	A10	6,100	6,130	6,270	37,393	87,816	23,484	
		Dimensi						

Persentase *Fly Ash* (%)		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
2	B1	6,070	6,000	5,930	36,420	125,094	34,347	30,656
	B2	6,070	6,000	6,030	36,420	108,662	29,836	
	B3	6,100	6,000	6,270	36,600	86,344	23,591	
	B4	6,000	6,100	6,130	36,600	86,344	23,591	
	B5	6,170	5,930	5,780	36,588	142,261	38,882	
	B6	6,130	6,000	6,250	36,780	112,831	30,677	
	B7	6,100	6,000	6,200	36,600	100,078	27,344	
	B8	5,930	5,970	6,100	35,402	110,869	31,317	
	B9	6,070	5,970	5,630	36,238	133,432	36,821	
	B10	6,100	6,000	5,900	36,600	110,379	30,158	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
2,5	C1	6,030	6,000	6,125	36,180	60,838	16,815	20,475
	C2	6,000	6,000	6,275	36,000	69,912	19,420	
	C3	5,933	6,000	6,250	35,598	72,610	20,397	
	C4	5,900	5,933	6,125	35,005	44,406	12,686	
	C5	5,967	5,867	6,350	35,008	78,987	22,562	
	C6	6,067	5,800	5,975	35,189	87,325	24,816	
	C7	6,000	5,933	6,275	35,598	62,800	17,641	
	C8	5,932	5,967	6,325	35,396	69,177	19,543	
	C9	5,900	5,967	5,825	35,205	95,173	27,034	
	C10	6,133	6,000	5,975	36,798	97,626	26,530	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
3	D1	6,100	5,933	6,200	36,191	63,781	17,623	22,909
	D2	6,000	6,067	5,725	36,402	103,021	28,301	
	D3	6,100	5,967	6,250	36,399	85,363	23,452	
	D4	6,033	5,933	6,250	35,794	82,911	23,163	
	D5	6,000	6,000	5,815	36,000	77,515	21,532	
	D6	6,000	6,100	6,200	36,600	74,572	20,375	
	D7	6,100	6,067	6,050	37,009	71,629	19,355	
	D8	6,100	6,100	6,300	37,210	87,325	23,468	
	D9	6,000	6,000	5,925	36,000	118,717	32,977	
	D10	6,000	6,033	6,075	36,198	68,196	18,840	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
3,5	E1	6,100	6,000	5,775	36,600	109,888	30,024	24,654
	E2	6,037	6,000	6,125	36,222	90,268	24,921	
	E3	6,000	6,000	6,100	36,000	93,211	25,892	
	E4	6,100	6,100	6,200	37,210	55,933	15,032	
	E5	6,000	6,000	5,825	36,000	67,705	18,807	
	E6	6,033	6,000	6,175	36,198	85,363	23,582	
	E7	5,800	6,200	6,000	35,960	90,268	25,102	
	E8	6,167	6,050	5,975	37,310	109,398	29,321	
	E9	6,033	6,100	5,900	36,801	111,360	30,260	
	E10	6,200	6,100	6,150	37,820	85,854	22,701	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
4	F1	6,167	6,200	5,750	38,234	94,192	24,636	17,972
	F2	6,300	6,100	6,225	38,430	56,914	14,810	
	F3	5,933	6,100	6,250	36,191	58,386	16,132	
	F4	6,033	6,100	6,225	36,801	59,367	16,132	
	F5	6,100	6,033	6,200	36,801	67,215	18,264	
	F6	6,100	6,133	6,225	37,411	65,253	17,442	
	F7	6,167	6,100	5,925	37,619	82,420	21,909	
	F8	6,100	6,167	6,000	37,619	72,610	19,302	
	F9	6,000	6,100	5,825	36,600	55,933	15,282	
	F10	6,000	6,000	6,100	36,000	56,914	15,809	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
4,5	G1	5,900	6,000	6,200	35,400	57,405	16,216	16,033
	G2	6,000	6,000	5,875	36,000	58,386	16,218	
	G3	6,000	6,000	6,175	36,000	50,292	13,970	
	G4	6,100	6,133	6,050	37,411	67,460	18,032	
	G5	6,000	6,000	6,150	36,000	55,443	15,401	
	G6	6,200	6,100	6,225	37,820	66,234	17,513	
	G7	6,000	6,100	6,025	36,600	53,971	14,746	
	G8	5,900	5,900	6,150	34,810	59,857	17,195	
	G9	6,033	6,100	6,175	36,801	64,026	17,398	
	G10	6,100	6,133	6,300	37,411	51,028	13,640	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
5	H1	5,930	5,900	6,050	34,987	46,368	13,253	15,634
	H2	5,900	6,000	5,875	35,400	66,969	18,918	
	H3	6,000	6,100	5,950	36,600	42,690	11,664	
	H4	6,000	6,000	6,225	36,000	61,329	17,036	
	H5	6,100	6,100	6,150	37,210	59,367	15,954	
	H6	6,000	6,200	5,950	37,200	67,950	18,266	
	H7	6,000	6,000	6,175	36,000	66,234	18,398	
	H8	6,000	6,000	6,075	36,000	56,178	15,605	
	H9	5,967	5,900	5,875	35,205	48,576	13,798	
	H10	6,000	5,900	6,125	35,400	47,595	13,445	

Persentase *Fly Ash* (%)		Dimensi			Luas Penampang (cm^2)	Beban Maksimal (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)				
5,5	I1	6,000	6,000	5,800	36,000	66,234	18,398	20,726
	I2	6,000	6,000	5,950	36,000	79,722	22,145	
	I3	6,000	5,900	5,975	35,400	82,420	23,283	
	I4	6,000	6,000	5,700	36,000	79,477	22,077	
	I5	6,000	6,000	5,950	36,000	78,496	21,804	
	I6	6,000	5,900	6,000	35,400	81,930	23,144	
	I7	5,900	5,900	6,025	34,810	79,477	22,832	
	I8	5,900	5,900	5,850	34,810	66,479	19,098	
	I9	6,000	6,000	5,825	36,000	64,517	17,921	
	I10	6,000	6,000	5,975	36,000	59,612	16,559	

Yogyakarta, 5 September 2022

Diperiksa oleh,

Kepala Laboratorium BKT,

Darussalam, A.Md.

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 8 Laporan Sementara Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

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

Nama : Fanissa Lifnastiti
NIM : 18511202
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
0	A1	2474	2282	8,414	8,268
	A2	2473	2270	8,943	
	A3	2502	2319	7,891	
	A4	2540	2351	8,039	
	A5	2549	2359	8,054	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
2	B1	2536	2357	7,594	6,661
	B2	2456	2269	8,242	
	B3	2583	2399	7,670	
	B4	2515	2398	4,879	
	B5	2495	2378	4,920	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
2,5	C1	2499	2282	9,509	7,963
	C2	2533	2353	7,650	
	C3	2444	2278	7,287	
	C4	2488	2335	6,552	
	C5	2543	2337	8,815	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
3	D1	2478	2329	6,398	8,573
	D2	2522	2298	9,748	
	D3	2450	2240	9,375	
	D4	2594	2438	6,399	
	D5	2504	2257	10,944	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
3,5	E1	2526	2324	8,692	8,760
	E2	2514	2319	8,409	
	E3	2509	2289	9,611	
	E4	2398	2232	7,437	
	E5	2511	2290	9,651	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
4	F1	2525	2425	4,124	6,866
	F2	2545	2356	8,022	
	F3	2593	2412	7,504	
	F4	2560	2401	6,622	
	F5	2548	2358	8,058	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
4,5	G1	2505	2307	8,583	8,601
	G2	2400	2260	6,195	
	G3	2548	2328	9,450	
	G4	2435	2220	9,685	
	G5	2544	2332	9,091	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
5	H1	2609	2414	8,078	7,837
	H2	2563	2372	8,052	
	H3	2573	2346	9,676	
	H4	2580	2423	6,480	
	H5	2619	2450	6,898	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata Penyerapan Air (%)
5,5	I1	2563	2322	10,379	10,442
	I2	2549	2306	10,538	
	I3	2503	2258	10,850	
	I4	2522	2276	10,808	
	I5	2526	2304	9,635	

Yogyakarta, 5 September 2022

Diperiksa oleh,

Kepala Laboratorium BKT,

Darussalam, A.Md.

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 8 Laporan Sementara Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 898444 eks 3200 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KETAHANAN AUS
(SNI 03-0691-1996)

Nama : Fanissa Lifnastiti
NIM : 18511202
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir S1

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
0	A1	116,480	114,550	1,930	15	0,187	0,195
	A2	117,370	115,720	1,650	15	0,163	
	A3	113,490	111,150	2,340	15	0,221	
	A4	114,610	112,330	2,280	15	0,216	
	A5	113,160	111,240	1,920	15	0,186	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
2	B1	92,390	90,910	1,480	15	0,149	0,160
	B2	94,990	93,310	1,680	15	0,166	
	B3	94,220	92,620	1,600	15	0,159	
	B4	95,160	93,510	1,650	15	0,163	
	B5	96,250	94,620	1,630	15	0,162	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
2,5	C1	118,580	116,890	1,690	15	0,167	0,178
	C2	116,420	114,440	1,980	15	0,191	
	C3	118,030	116,190	1,840	15	0,179	
	C4	112,720	110,870	1,850	15	0,180	
	C5	115,310	113,560	1,750	15	0,172	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
3	D1	107,550	106,030	1,520	15	0,152	0,197
	D2	101,610	99,300	2,310	15	0,219	
	D3	111,860	109,860	2,000	15	0,193	
	D4	113,980	111,520	2,460	15	0,231	
	D5	112,420	110,440	1,980	15	0,191	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
3,5	E1	111,470	108,720	2,750	15	0,256	0,219
	E2	116,610	114,510	2,100	15	0,201	
	E3	111,980	109,850	2,130	15	0,204	
	E4	109,360	107,130	2,230	15	0,212	
	E5	110,680	108,340	2,340	15	0,221	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
4	F1	114,440	110,790	3,650	15	0,331	0,254
	F2	115,860	112,710	3,150	15	0,289	
	F3	120,890	118,370	2,520	15	0,236	
	F4	116,360	114,010	2,350	15	0,222	
	F5	112,870	110,890	1,980	15	0,191	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
4,5	G1	124,800	122,310	2,490	15	0,234	0,241
	G2	108,390	105,940	2,450	15	0,230	
	G3	132,400	130,160	2,240	15	0,213	
	G4	114,300	111,120	3,180	15	0,292	
	G5	123,490	120,980	2,510	15	0,235	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
5	H1	119,070	116,140	2,930	15	0,271	0,234
	H2	113,210	109,890	3,320	15	0,303	
	H3	97,770	96,030	1,740	15	0,171	
	H4	112,520	110,880	1,640	15	0,162	
	H5	111,230	108,370	2,860	15	0,265	

Persentase *Fly Ash* (%)		Berat		Selisih (gram)	Waktu (menit)	Keausan (mm/menit)	Rata-rata Keausan (mm/menit)
		Awal (gram)	Akhir (gram)				
5,5	I1	95,890	93,010	2,880	15	0,267	0,235
	I2	107,110	104,850	2,260	15	0,214	
	I3	97,750	95,650	2,100	15	0,201	
	I4	97,530	95,550	1,980	15	0,191	
	I5	108,040	104,730	3,310	15	0,303	

Yogyakarta, 5 September 2022

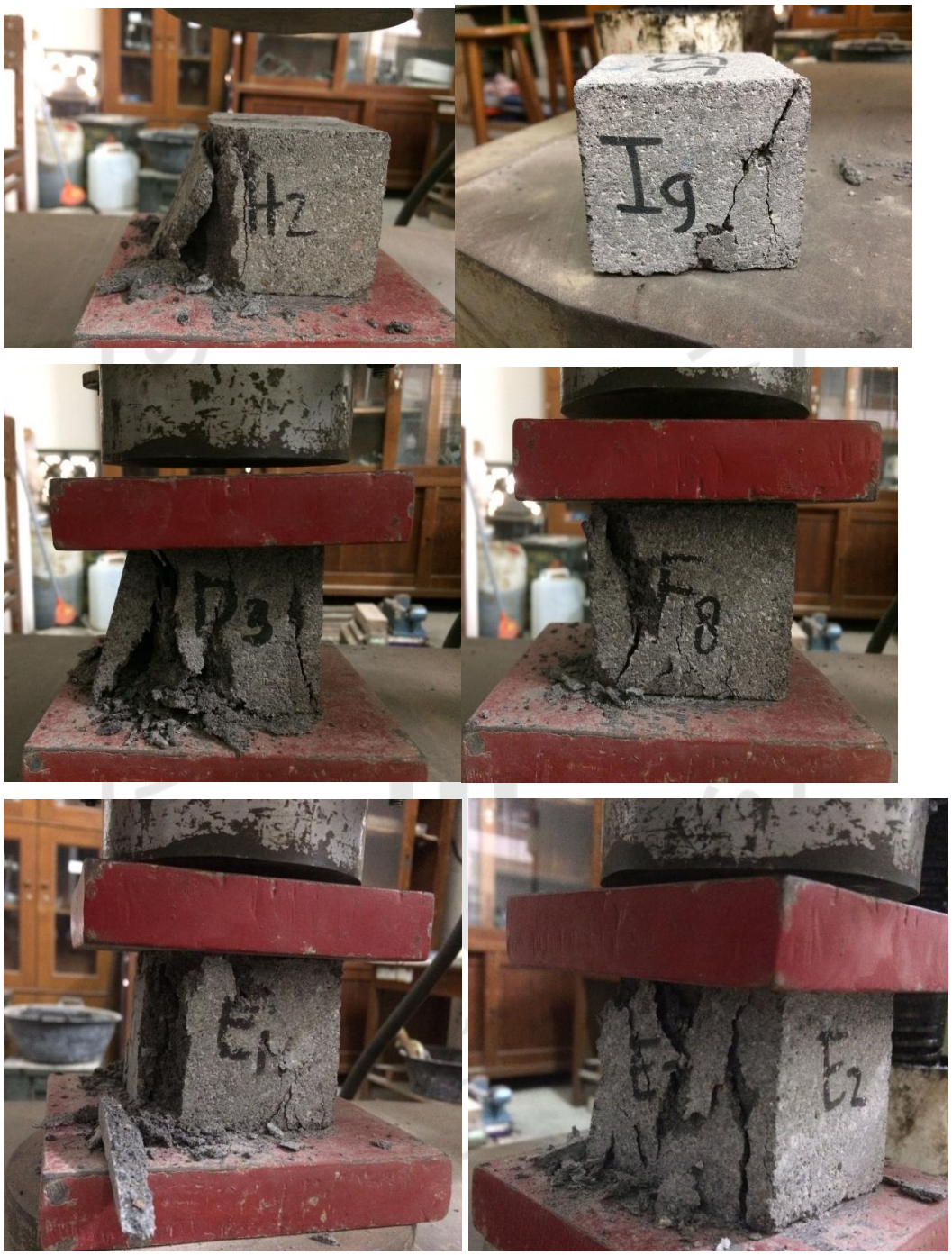
Diperiksa oleh,

Kepala Laboratorium BKT,

Darussalam, A.Md.

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

Lampiran 10 Gambar Hasil Uji Kuat Tekan



Gambar L-10.1 Sampel Benda Uji Pengujian Kuat Tekan

Lampiran 11 Gambar Hasil Uji Ketahanan Aus



Gambar L-11.1 Sampel Benda Uji Pengujian Ketahanan Aus