TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH *FLY ASH* DAN SUBSTITUSI ABU BATU TERHADAP MUTU DAN BIAYA PRODUKSI *PAVING BLOCK*
(*THE EFFECT OF FLY ASH ADDITIVE AND STONE DUST SUBTITUTION ON THE QUALITY AND PRODUCTION COST OF PAVING BLOCK*)

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

Muhammad Naufal Ali Zidhan
19511047

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

2023

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH FLY ASH DAN SUBSTITUSI ABU BATU TERHADAP MUTU DAN BIAYA PRODUKSI PAVING BLOCK

(THE EFFECT OF FLY ASH ADDITIVE AND STONE DUST SUBTITUTION ON THE QUALITY AND PRODUCTION COST OF PAVING BLOCK)

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

Disusun oleh

Muhammad Naufal Ali Zidhan
19511047

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

Diuji Pada Tanggal 2 Oktober 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
05/10 22	9/10 2023	9/10 2023
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.	**Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.**	**Jafar, S.T., MURP., M.T.**
NIK : 185111304	**NIK : 855110201**	**NIK : 185111305**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

11/2023

Ir. 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 penyelesaian program sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya sendiri. Adapun beberapa bagian dalam laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya dengan standar, aturan, dan etika penulisan artikel ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiasi atau terbukti bukan hasil karya saya sendiri baik sebagian atau keseluruhan dalam laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan dan perundang-undangan yang berlaku termasuk pencabutan gelar sarjana yang saya sandang.

Yogyakarta, 25 September 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Naufal Ali Zidhan

(19511047)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas izin-Nya laporan Tugas Akhir saya yang berjudul Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* dan Substitusi Pasir dengan Abu Batu pada Campuran *Paving Block* dapat terselesaikan. Shalawat dan salam tidak lupa penulis haturkan kepada junjungan kita baginda nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini penulis ajukan sebagai pemenuhan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak melalui tantangan dan rintangan. Penulis menyadari dalam proses penyusunan banyak kesalahan dan kekurangan, namun berkat kritik, saran, maupun dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Proposal dan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D. selaku Penguji I.
3. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. selaku Penguji II.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Agus Fahrudin, S.Pd. dan Ibu Suratmi selaku Bapak dan Ibu penulis yang telah mendidikan dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang.
6. Anisa Intan Permatasari, S.Pd., M.Pd, Muhammad Harun, dan Muhammad Farkhan Muzaqi selaku saudara penulis yang selalu memberikan motivasi dan semangat.

7. Bapak Suluk dan Mas Andi selaku tenaga kerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam pembuatan benda uji *paving block*.
8. Teman-teman kelas B yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
9. Keluarga Social Concept, yang telah membantu menghibur penulis dikala jenuh dan selalu menjadi tempat ternyaman untuk mencurahkan isi hati maupun pikiran.

Akhir kata penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 25 September 2023

Penulis,



Muhammad Naufal Ali Zidhan

(19511047)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Penelitian Terdahulu 6
2.2 Perbandingan Penelitian 8
2.3 Keaslian Penelitian 13
BAB III LANDASAN TEORI 14
3.1 Umum 14
3.1.1 Definisi *Paving Block* 14
3.1.2 Klasifikasi *Paving Block* 14
3.1.3 Syarat Mutu *Paving Block* 14
3.1.4 Keunggulan dan Kelemahan *Paving Block* 15
3.2 Benda Uji 16
3.3 Bahan Penyusun *Paving Block* 16
3.3.1 Semen *Portland* 17

3.3.2 Air 18
3.3.3 Agregat Halus 18
3.4 Bahan Tambahan 19
3.4.1 *Fly Ash* 19
3.4.2 Abu Batu 20
3.5 Pengujian *Paving Block* 20
3.5.1 Kuat Tekan 20
3.5.2 Ketahanan Aus 21
3.5.3 Penyerapan Air 21
3.6 Harga Pokok Produksi *Paving Block* 22
BAB I METODE PENELITIAN 24
4.1 Umum 24
4.2 Alat dan Bahan 24
4.2.1 Alat 24
4.2.2 Bahan 30
4.3 Komposisi Benda Uji 34
4.4 Tahap Penelitian 35
4.4.1 Persiapan Bahan 36
4.4.2 Tahap Pencampuran 40
4.4.3 Pembuatan Benda Uji 41
4.4.4 Perawatan Benda Uji 42
4.4.5 Pemotongan Benda Uji 42
4.4.6 Pengujian *Paving Block* 43
4.5 Harga Pokok Produksi *Paving Block* 46
4.5.1 Data biaya 47
4.5.2 Penentuan harga pokok produksi 47
4.6 Hasil Pemeriksaan Bahan 48
4.6.1 Pengujian Agregat Halus (Pasir) 48
4.6.2 Pengujian Abu Batu 53
4.6.3 Pemeriksaan Semen 58
4.6.4 Pemeriksaan Air 58

4.6.5 Pemeriksaan *Fly Ash* 58
4.7 Perhitungan Campuran 59
4.8 Bagan Alir Penelitian 61
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 63
5.1 Tinjauan Umum 63
5.2 Hasil Pengujian *Paving Block* 63
5.2.1 Pengujian Kuat Tekan 63
5.3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* 78
5.4 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* 83
5.5 Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Bahan Tambah Semen Dan Abu Batu Sebagai Bahan Substitusi Pasir Terhadap Mutu *Paving Block* 89
5.6 Perbandingan Biaya Produksi *Paving Block* 92
5.6.1 Harga Pokok Produksi *Paving Block* 93
5.6.2 Perbandingan Harga Jual *Paving Block* 100
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 104
6.1 Kesimpulan 104
6.2 Saran 106
DAFTAR PUSTAKA 107
LAMPIRAN 109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian	9
Tabel 3.1	Sifat-sifat Fisika *Paving Block*	15
Tabel 4.1	Jumlah Sampel Pengujian	35
Tabel 4.2	Dimensi Sampel Pengujian	35
Tabel 4.3	Modulus Halus Butir Agregat (Pasir)	48
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir	51
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir	51
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kadar Lumpur	53
Tabel 4.7	Modulus Halus Butir Abu Batu	54
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu	56
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Batu	57
Tabel 4.10	Rekapitulasi Kebutuhan Campuran	61
Tabel 5.1	Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB)	65
Tabel 5.2	Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB)	65
Tabel 5.3	Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB)	66
Tabel 5.4	Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi III (10%FA, 20%AB)	66
Tabel 5.5	Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB)	67
Tabel 5.6	Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB)	67
Tabel 5.7	Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB)	69
Tabel 5.8	Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB)	70
Tabel 5.9	Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB)	71
Tabel 5.10	Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi III (10%FA, 20%AB)	72
Tabel 5.11	Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB)	73
Tabel 5.12	Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB)	74

Tabel 5.13 Klasifikasi Mutu Kuat Tekan *Paving Block* 76
Tabel 5.14 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB) 79
Tabel 5.15 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB) 79
Tabel 5.16 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB) 80
Tabel 5.17 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi III (10%FA, 20%AB) 80
Tabel 5.18 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB) 80
Tabel 5.19 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB) 81
Tabel 5.20 Klasifikasi Mutu Ketahana Aus *Paving Block* 82
Tabel 5.21 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB) 84
Tabel 5.22 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB) 85
Tabel 5.23 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB) 85
Tabel 5.24 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi III(10%FA, 20%AB) 85
Tabel 5.25 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB) 86
Tabel 5.26 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB) 86
Tabel 5.27 Klasifikasi Mutu Penyerapan Air *Paving Block* 88
Tabel 5.28 Rekapitulasi Mutu *Paving Block* 90
Tabel 5.29 Rekapitulasi Harga Pokok Produksi *Paving Block* 99
Tabel 5.30 Rekapitulasi Perbandingan Harga Jual *Paving Block* 101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	*Paving Block*	16
Gambar 4.1	Sekop	25
Gambar 4.2	Cetok	25
Gambar 4.3	Timbangan	26
Gambar 4.4	Saringan Agregat	26
Gambar 4.5	Mesin Pengaduk (*Mixer*)	27
Gambar 4.6	Mesin Press	27
Gambar 4.7	Papan Kayu	28
Gambar 4.8	Alat Pemotong *Paving Block*	28
Gambar 4.9	Alat Uji Kuat Tekan	29
Gambar 4.10	Oven	29
Gambar 4.11	Alat Uji Ketahanan Aus	30
Gambar 4.12	Semen	30
Gambar 4.13	Agregat Halus	31
Gambar 4.14	Air	31
Gambar 4.15	Abu Batu	33
Gambar 4.16	*Fly Ash*	34
Gambar 4.17	Dimensi *Paving Block*	34
Gambar 4.18	Pencampuran Bahan	41
Gambar 4.19	Pembuatan Benda Uji	42
Gambar 4.20	Perawatan Benda Uji	42
Gambar 4.21	Pemotongan Benda Uji	43
Gambar 4.22	Dimensi Kuat Tekan *Paving Block*	44
Gambar 4.23	Pengujian Kuat Tekan	44
Gambar 4.24	Dimensi Ketahanan Aus *Paving Block*	45
Gambar 4.25	Pengujian Ketahanan Aus	45
Gambar 4.26	Pengujian Penyerapan Air	46
Gambar 4.27	Grafik Gradasi Pasir Daerah II	50
Gambar 4.28	Gradasi Daerah IV Abu Batu	56

Gambar 4.29	Diagram Alir Penelitian	62
Gambar 5.1	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block*	75
Gambar 5.2	Grafik Hasil Pengujian Ketahanan Aus Rata-rata *Paving Block*	81
Gambar 5.3	Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block*	87
Gambar 5.4	Grafik Rekapitulasi Hasil Pengujian *Paving Block*	90
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan Harga Pokok Produksi	99
Gambar 5.6	Grafik Perbandingan Harga Jual *Paving Block*	102

ABSTRAK

Paving block merupakan material beton yang dapat digunakan untuk perkerasan jalan, parkir, trotoar, atau taman. Upaya peningkatan mutu *paving block* dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah atau pengganti dalam campuran, seperti *fly ash* dan abu batu. *Fly ash* merupakan limbah dari pembakaran batu bara, dapat digunakan sebagai tambahan semen karena memiliki sifat serupa dan meningkatkan kuat tekan. Abu batu yang berupa limbah hasil dari penggilingan batu yang dapat menggantikan pasir dalam campuran *paving block*.

Campuran *paving block* menggunakan perbandingan 1 semen : 6 pasir. Penggunaan *fly ash* sebesar 10% dari berat semen dan penggantian pasir dengan abu batu bervariasi sebesar 0%, 10%, 20%, 25% dan, 30%. Pengujian dilakukan pada *paving block* berumur 28 hari. Pengujian yang dilakukan sesuai standar SNI-03-0691-1996 termasuk kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air dan dilakukan analisa perhitungan harga produksi dan harga jual.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mutu optimum pada variasi I dengan tambahan *fly ash* 10%, memiliki kuat tekan rata-rata 21,690 MPa, ketahanan aus rata-rata 0,143 mm/menit, dan penyerapan air rata-rata 6,108%, dapat diklasifikasikan sebagai mutu B untuk peralatan parkir. Variasi II dengan bahan tambah 10% *fly ash* dan substitusi pasir 10% menggunakan abu batu memiliki kuat tekan tertinggi rata-rata 24,533 MPa, tetapi masuk kedalam klasifikasi mutu C karena ketahanan aus dan penyerapan air tidak memenuhi klasifikasi mutu B. Berdasarkan analisa perhitungan harga pokok produksi dan harga jual didapat kenaikan harga seiring dengan bertambahnya penggunaan *fly ash* dan abu batu. Variasi II mendapatkan harga pokok produksi Rp28.017 per m2 dan harga jual Rp61.649 per m2 dengan mutu yang sama pada variasi normal tetapi dengan kelebihan nilai kuat tekan yang lebih tinggi.

Kata Kunci: *Paving block* Abu batu, *Paving Block Fly ash*, Kuat tekan, Ketahanan aus, Penyerapan Air

ABSTRACT

Paving block is a concrete material that can be used for road surfaces, parking lots, sidewalks, or gardens. The effort to improve the quality of paving blocks can be done by using additives or substitutes in the mixture, such as fly ash and stone dust. Fly ash is a waste product from coal combustion and can be used as an additional cement because it has similar properties and enhances compressive strength. Stone dust, which is a waste product from stone grinding, can replace sand in the mixture of paving blocks.

The mixture of paving blocks uses a ratio of 1 cement to 6 sand. The use of fly ash is at 10% of the weight of cement, and the substitution of sand with stone dust varies at 0%, 10%, 20%, 25%, and 30%. Testing was conducted on paving blocks aged 28 days. The tests were carried out in accordance with the SNI-03-0691-1996 standard, including compressive strength, abrasion resistance, and water absorption, and a cost production and selling price analysis was performed.

The test results show that the optimum quality is found in Variation I with the addition of 10% fly ash, which has an average compressive strength of 21.690 MPa, an average abrasion resistance of 0.143 mm/minute, and an average water absorption of 6.108%. This can be classified as Quality B for parking equipment. Variation II with 10% fly ash and 10% sand substitution with stone dust has the highest average compressive strength of 24.533 MPa, but falls into Quality C classification because abrasion resistance and water absorption do not meet Quality B classification. Based on the analysis of production cost and selling price, there is an increase in price with the increasing use of fly ash and stone dust. Variation II has a production cost of Rp28.017 per m^2 and a selling price of Rp61.649 per m^2 with the same quality as the normal variation but with the additional advantage of higher compressive strength.

***Keywords**: Paving block stone dust, Paving block fly ash, Compressive strength, Abrasion resistance, Water absorption.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paving block di masa sekarang banyak digunakan sebagai alternatif pilihan dalam bidang konstruksi sebagai lapis perkerasan permukaan tanah. *Paving block* banyak menjadi pilihan karena memiliki daya serap air yang baik sehingga dapat mencegah banjir dan menjaga keseimbangan air tanah, mudah dalam pemasangan, memenuhi dalam aspek fungsional dan keindahan. *Paving* umum nya digunakan untuk perkerasan jalan, pedestrian, lahan parkir, trotoar, maupun taman.

Menurut SNI 03-0691-1996, bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu. Bata beton (*paving block*) merupakan hasil beton pracetak dengan berbagai macam bentuk yang berfungsi untuk menutup bagian tanah baik digunakan untuk jalan, peralatan parkir, maupun untuk pejalan kaki.

Upaya peningkatan mutu dari *paving block* dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti menggunakan bahan tambah ataupun substitusi bahan pokok dari *paving block* guna meningkatkan mutu pada *paving block*. Bahan yang dapat digunakan untuk substitusi ataupun sebagai bahan tambah seperti abu batu, *fly ash* (abu terbang), dan bahan lainnya. Bahan pengisi atau *filler* yang berfungsi sebagai bahan tambah dari bahan pokok seperti semen, dan pasir pada campuran beton.

Abu batu dan *fly ash* merupakan limbah industri yang sering menjadi masalah bagi lingkungan. Pemanfaatan limbah tersebut dapat menjadi upaya untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan dengan berwawasan lingkungan (*sustainable development*) dengan beberapa prinsip yaitu : *reuse, reduce, recycling*, dan *recovery*.

Abu batu adalah agregat halus yang lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,075 mm, sehingga abu batu adalah limbah yang berguna menjadi

campuran bahan material bangunan konstruksi karena abu batu dapat berfungsi sebagai agregat halus pengganti pasir pada campuran beton maupun aspal (Handayani, 2019). Abu batu berbentuk material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah untuk membentuk suatu beton memiliki spesifikasi mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran <0,075 mm). Limbah abu batu yang berupa material yang berasal dari *stone crusher* atau penggilingan batu banyak ditemukan di sekitar lereng Gunung Merapi, selain harga yang murah dan mudah didapat dipasaran abu batu memiliki sifat higroskopis sehingga diharapkan mampu meningkatkan viskositas beton. Material abu batu dapat menjadi substitusi atau sebagai bahan pengganti pasir, material ini memiliki daya ikat yang lebih baik daripada pasir. Pada kondisi terkena air maka pasir akan lebih mudah terurai dan abu batu jika terkena air maka akan semakin mengeras dan kuat mengikat.

Penelitian ini menggunakan abu batu sebagai substitusi pasir sebesar 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30%. Pemilihan kadar variasi tersebut berdasarkan hasil penelitian terhadulu. Syarah (2020) pada penelitiannya yang menyatakan penggunaan abu batu sebanyak 10% dan 20% dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* dan menurun pada variasi 30% dan 40%. Aji (2022) pada penelitiannya mendapatkan hasil optimum pada kadar abu batu 10%. Bere dkk. (2021) menyatakan pada hasil penelitiannya hasil optimum didapatkan pada kadar 15%. Maka dari itu penelitian ini membatasi penggunaan abu batu terbesar pada variasi V yaitu 30%.

Fly ash (abu terbang) adalah limbah material yang berasal dari hasil sisa pembakaran batu bara. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa abu terbang atau *fly ash* hasil dari pembakaran batu bara dikategorikan sebagai limbah B3. Limbah B3 atau Bahan Berhaya dan Beracun memiliki sifat yang dapat membahayakan lingkungan sekitar baik dari segi kesehatan, ataupun kerusakan lingkungan yang lainnya. Mulyono (2004) menyatakan abu terbang (*fly ash*) dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton karena terdapat kandungan mineral yang dapat memperbaiki kinerja beton khusus nya kinerja kuat tekan beton, *fly ash* cenderung memiliki sifat penyemenan.

Penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambah sebesar 10%. Hal tersebut didasarkan pada hasi dari penelitian terdahulu, seperti penelitian yang dilakukan Pratama (2019) yang mendapatkan hasil optimum pada kadar 10% penambahan *fly ash*. Shafwan (2021) mendapatkan hasil optimum pada kadar variasi *fly ash* 10%. Sudjatmiko dkk. (2022) mendapatkan hasil optimum pada kadar 10% *fly ash*.

Penggunaan abu batu sebagai bahan pengganti pasir dapat mengurangi biaya produksi *paving block* karena harga abu batu yang lebih murah apabila dibandingkan dengan harga pasir. Untuk mengetahui kenaikan atau penurunan harga *paving block* diperlukan adanya analisis dan perhitungan harga pokok produksi maupun harga jual. Harga pokok produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu produk pada suatu perusahaan manufaktur (Haryono, 2005). Melihat ramainya penggunaan *paving block* sebagai salah satu penunjang infrastruktur terutama pada perkerasan, perusahaan produsen *paving block* dituntut untuk meningkatkan kualitas produk tetapi dengan harga jual yang ekonomis.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian *paving block* dengan bahan tambah *fly ash* dan bahan pengganti pasir dengan abu batu. Penilitian ini dilakukan agar mengetahui pengaruh *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir terhadap mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui harga pokok produksi dan harga jual *paving block* yang menggunakan bahan tambah *fly ash* dan abu batu sebagai bahan pengganti pasir serta membandingkan dengan harga *paving block* dipasaran. Penggunaan *fly ash* dan abu batu pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan mutu *paving block* tetapi dengan harga yang lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan harga yang ada dipasaran. Selain itu, diharapkan dengan penggunaan *fly ash* dan abu batu memberikan efek positif untuk mengurangi dampak lingkungan terhadap limbah abu pembakaran batu bara maupun hasil industri pemecah batu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yakni sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai substitusi pasir pada campuran beton *paving* terhadap nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air menurut SNI 03-0691-1996?
2. Perbandingan harga pokok produksi *paving block* tanpa bahan tambah ataupun substitusi pada campuran *paving block* dengan *paving block* yang menggunakan bahan tambah berupa *fly ash* dan substitusi abu batu serta membandingkan harga jual *paving block* dipasaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari adanya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan pengaruh *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu untuk substitusi pasir pada campuran beton *paving* terhadap pengujian kuat tekan, kekuatan aus, dan penyerapan air menurut SNI 03-0691-1996.
2. Menghitung perbandingan harga pokok produski *paving block* tanpa bahan tambah ataupun substitusi pada campuran *paving block* dengan *paving block* yang menggunakan bahan tambah berupa *fly ash* dan substitusi berupa abu batu serta membandingkan harga jual *paving block* dipasaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari tujuan penelitian diatas, maka diharapkan penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Meningkatkan kualitas *paving block* yang ditinjau dari segi kuat tekan, keausan, dan penyerapan air.
2. Mengurangi biaya yang harus dikeluarkan untuk produksi *paving block* tetapi tanpa mengurangi mutu yang disyaratkan.
3. Menghasilkan *paving block* dengan kualitas baik dan ramah lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menyerderhakan analisis yang akan dilakukan selama penelitian ini, maka diperlukan pembatasan sebagai berikut :

1. Menggunakan semen portland tipe I, dengan *Merk* Tiga Roda.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan diameter 4,75 mm.
3. Pembuatan benda uji berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia (PIMVM UII).
4. Abu batu yang digunakan berasal dari limbah industri *stone crusher* batu andesit di wilayah Kapanewon, Cangkringan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
5. *Fly ash* yang digunakan untuk bahan tambah menggunakan tipe C yang berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur.
6. Variasi penggunaan bahan tambah *fly ash* sebesar 10% dari berat semen.
7. Menggunakan perbandingan volume semen : pasir 1 : 6 dengan persentase abu batu sebagai substitusi pasir sebesar 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% terhadap berat pasir.
8. Dibutuhkan 10 benda uji tiap variasi untuk pengujian kuat tekan, 5 benda uji tiap variasi untuk pengujian keausan, dan 5 benda uji tiap variasi untuk pengujian penyerapan air.
9. Pengujian dilakukan pada saat *paving block* berumur 28 hari.
10. Dimensi benda uji berbentuk balok dengan tipe *holland* dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm.
11. Pengujian dalam penelitian ini meliputi :
    a. Pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996,
    b. Pengujian keausan berdasarkan SNI 03-0691-1996,
    c. Pengujian penyerapan air berdasarkan SNI 03-0691-1996.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pratama (2019) dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh Substitusi Fly Ash Pada Bahan Pengikat Campuran *Paving Block* Ditinjau Dari Kuat Tekan, Keausan Dan Penyerapan Air" yang berisi mengenai Penggunaan fly ash sering kali digunakan sebagai substitusi semen karena bersifat pozzolan (bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina). Penggunaan substitusi fly ash dalam pembuatan paving block ditujukan untuk mereduksi kadar volume bahan pengikat. Pada penelitian ini substitusi fly ash 0%, 5%, 10%, 15% 20% dan 25% terhadap bahan pengikat. Dengan adanya substitusi fly ash dapat berpengaruh pada kuat tekan, keausan dan penyerapan air paving block. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada paving block dengan menggunakan substitusi fly ash. Pada komposisi 3 penggunaan 10% substitusi fly ash memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 19,69 Mpa dibandingkan dengan komposisi yang lain. Sedangkan penyerapan air terendah pada komposisi 3 yaitu sebesar 4,20 % dan keausan 0,124 mm/menit dalam penelitian ini.

Sudjatmiko dkk. (2022) dalam penelitian yang berjudul "*Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Pada *Paving Block* Terhadap Pengujian Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Dengan Penekanan Menggunakan Desak *Pyramid* " yang berisi mengenai *fly ash* yang didapatkan dari sisa pembakaran batu bara yang sudah tidak terpakai. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan, daya serap air dan kuat lentur dari berbagai variasi campuran fly ash. Penambahan fly ash dalam campuran paving block sebesar 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat semen. Paving block dengan ukuran 20cmx10cmx10cm sebanyak 96 buah. Metode pembuatan paving block dengan dua variasi yaitu metode desak normal dan metode desak pyramid. Penelitian ini menggunakan komposisi campuran 1:6 untuk berat semen dan pasir. Hasil dari penelitian kuat tekan rata-rata optimum paving block metode normal dan paving block metode desak pyramid yaitu 25,750 MPa dan 27,850 MPa

pada campuran fly ash sebanyak 10 %. Persentase penyerapan air minimum paving block metode normal dan paving block metode desak pyramid yaitu 6,158 % dan 6,573 % pada campuran fly ash sebanyak 10 %. Nilai kuat lentur optimum paving block metode normal dan paving block metode desak pyramid yaitu 9,581 MPa dan 10,248 MPa pada campuran fly ash sebanyak 10 %

Anggraini dkk. (2022) dalam penelitian yang berjudul "Penggunaan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton *Porous*" yang bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan porositas beton porous dengan penggunaan fly ash serta komposisi campuran maksimum dan minimum yang diperoleh pada campuran fly ash dengan varasi 0% 15%,25%, dan 35%, dan menggunakan metode dari American Concrete Institute 522 R-10. Berdasarkan hasil penelitian menunjukan bahwa variasi campuran fly ash 25% merupakan hasil yang optimum dimana hasil kuat tekan yang diperoleh sebesar 10,333 MPa dengan porositas dengan campuran fly ash Minimum sebesar 29,3%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan pada variasi 0%, nilai kuat tekannya 9,483 MPa dan porositasnya 36,1%, hasil variasi Fly Ash 15% nilai kuat tekannya 8,776 MPa, porositasnya 29,3%, hasil variasi Fly Ash 25% nilai kuat tekannya 10,333 MPa dan porositasnya 31,2%. dan nilai variasi Fly Ash 35% nilai kuat tekannya 9,766 MPa, dan porositasnya.

Shafwan (2021) dalam penelitian yang berjudul "Optimalisasi Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Menggunakan *Fly Ash* Dan Abu Batu Sebagai Bahan Pengganti Semen Dan Pasir" yang bertujuan mengetahui nilai kuat tekan rata rata dari berbagai variasi penambahan fly ash dan abu batu sebesar, 0 %, 7,5 %, 10 %, 12,5 %, 15 %. Dari hasil pengujian kuat tekan Paving block diperoleh kuat tekan rata-rata dengan variasi 0 % campuran fly ash dan abu batu diperoleh kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 4,41 (MPa) untuk tipe I dan 4,04 (MPa) untuk tipe II, pada tahap percobaan kedua dengan penambahan 7,5 % fly ash dan abu batu diperoleh kenaikan nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 9,13 (MPa) untuk tipe I dan 10,38 (MPa) untuk tipe II. pada tahap percobaan ketiga dengan penambahan 10 % fly ash dan abu batu diperoleh kenaikan nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 10,81 (MPa) untuk tipe I dan 12,14 (MPa) untuk tipe II. pada tahap percobaan keempat dengan penambahan 12,5 % fly ash dan abu batu diperoleh penurunan nilai kuat tekan rata-

rata yaitu sebesar 8.68 (MPa) untuk tipe I dan 15,12 (MPa) untuk tipe II mengalami kenaikan. Dan pada tahap percobaan terakhir dengan penambahan 15 % fly ash dan abu batu diperoleh penurunan nilai kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 7,02 (MPa) untuk tipe I dan 9.45 (MPa) untuk tipe II. Dengan adanya kenaikan nilai kuat tekan sebesar 30 % hal ini menunjukan bahwa adanya peningkatan dalam mutu Paving block tersebut.

Syarah (2022) dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Untuk Pembuatan *Paving Block*" yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan *paving block* yang optimum dengan substitusi abu batu. Penelitian dilakukan menggunakan benda uji *paving block* dengan mutu kuat tekan K225 kg/cm^2 dengan menggunakan variasi substitusi abu batu yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Nilai kuat tekan optimum yang didapatkan berada pada variasi 20% substitusi abu batu dengan nilai kuat tekan 22,4 MPa atau setara dengan mutu K228 kg/cm^2.

2.2 Perbandingan Penelitian

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penilitian-penelitian sebelumnya. Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

	Penelitian Terdahulu					**Penelitian yang Dilakukan**
Peneliti	Sandhy Rheza Pratama (2019)	Aliem Sudjatmiko dkk (2022)	Rita Anggraini dkk (2022)	Mochammad Dennis Shafwan (2021)	May Syarah (2022)	Muhammad Naufal Ali Zidhan (2023)
Judul	Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Pada Bahan Pengikat Campuran *Paving Block* Ditinjau Dari Kuat Tekan, Keausan, Dan Penyerapan Air	*Fly Ash S*ebagai Substitusi Semen Pada *Paving Block* Terhadap Pengujian Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Dengan Penekanan Menggunakan Desak *Pyramid*	Penggunaan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beron *Porous*	Optimalisasi Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Menggunakan *Fly Ash* Dan Abu Batu Sebagai Bahan Pengganti Semen Dan Pasir	Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Untuk Pembuatan *Paving Block*	Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* Dan Substitusi Abu Batu Terhadap Mutu Dan Biaya Produksi *Paving Block*

Sumber : Pratama (2019), Sudjatmiko, dkk. (2022), Anggraini, dkk. (2022), Shafwan (2021), Syarah (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

	Penelitian Terdahulu					**Penelitian yang Dilakukan**
Peneliti	Sandhy Rheza Pratama (2019)	Aliem Sudjatmiko dkk (2022)	Rita Anggraini dkk (2022)	Mochammad Dennis Shafwan (2021)	May Syarah (2022)	Muhammad Naufal Ali Zidhan (2023)
Tujuan	Memanfaatkan limbah industri berupa *fly ash* yang membahayakan lingkungan untuk bahan substitusi semen dan mengetahui pengaruh pencampuran tersebut terhadap nilai kuat tekan, keausan, dan penyerapan air pada *paving block*.	Membandingkan nilai hasil pengujian kuat tekan, daya serap air, dan kuat lentur *paving block* dengan penambahan *fly ash* dengan variasi yang beragam dengan metode desak *pyramid*.	Mengetahui nilai kuat tekan dan porositas beton *porous* dengan penggunaan fly ash serta komposisi campuran maksimum dan minimum yang diperoleh pada variasi fly ash 0%, 15%, 25% dan 35%.	Meningkatkan mutu dan kualitas *paving block* yang ditinjau dari nilai kuat tekan, keausan, dan penyerapan air.	Mempelajari proses pembuatan *paving block* dan mengetahui pengaruh substitusi abu batu terhadap agregat halus yang ditinjau dari nilai kuat tekannya.	Mengetahui pengaruh bahan tambah *fly ash* dan substitusi abu batu terhadap campuran yang ditinjau pada nilai kuat tekan, keausan, dan penyerapan air, serta membandingkan biaya produksi *paving block* tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah.

Sumber : Pratama (2019), Sudjatmiko, dkk. (2022), Anggraini, dkk. (2022), Shafwan (2021), Syarah (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

	Penelitian Terdahulu					**Penelitian yang Dilakukan**
Peneliti	Sandhy Rheza Pratama (2019)	Aliem Sudjatmiko dkk (2022)	Rita Anggraini dkk (2022)	Mochammad Dennis Shafwan (2021)	May Syarah (2022)	Muhammad Naufal Ali Zidhan (2023)
Parameter Penelitian	• *Fly ash* yang digunakan sebagai substitusi semen yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. • Pengujian meliputi kuat tekan, keausan, dan penyerapan air. • Pengujian dilakukan pada umur *paving block* 28 hari.	• Penelitian ini menggunakan variasi *fly ash* sebagai substitusi semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dari berat semen. • Pengujian yang dilakukan meliputi kuat tekan, daya serap air, dan kuat lentur. • Pengujian dilakukan pada umur *paving block* 28 hari.	• *Fly ash* digunakan sebagai substitusi semen dengan variasi 0%, 15%, 25%, dan 35%. • Pengujian dilakukan yaitu uji kuat tekan dan uji porositas beton. • Pengujian dilakukan pada umur *paving block* 28 hari.	• Vairasi penambahan *fly ash* dan abu batu pada campuran sebesar 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%. • Pengujian meliputi kuat tekan, keausan, dan penyerapan air. • Pengujian dilakukan pada umur *paving block* 28 hari.	• Variasi substitusi abu batu terhadap campuran *paving block* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat agregat halus. • Parameter pengujian meliputi pengujian kuat tekan. • Umur *paving block* untuk pengujian yaitu 7, 21, dan 28 hari.	• *Fly ash* untuk bahan tambah sebagai variasi tetap yaitu sebesar 10%. • Substitusi abu batu dengan variasi 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30%. • Parameter pengujian meliputi kuat tekan, keausan, dan penyerapan air. • Pengujian dilakukan pada saat umur *paving block* 28 hari.

Sumber : Pratama (2019), Sudjatmiko, dkk. (2022), Anggraini, dkk. (2022), Shafwan (2021), Syarah (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

	Penelitian Terdahulu					**Penelitian yang Dilakukan**
Peneliti	Sandhy Rheza Pratama (2019)	Aliem Sudjatmiko dkk (2022)	Rita Anggraini dkk (2022)	Mochammad Dennis Shafwan (2021)	May Syarah (2022)	Muhammad Naufal Ali Zidhan (2023)
Hasil Penelitian	Penggunaan 10% *fly ash* memperoleh nilai kuat tekan tertinggi yaitu 19,69 MPa, nilai keausan 0,124 mm/menit, dan penyerapan air 4,20%.	Variasi 10% *fly ash* metode desak normal dan *pyramid* kuat tekan sebesar 25,750 MPa dan 27,850 MPa, daya serap air sebesar 6,158% dan 6,573%, kuat lentur sebesar 9,581 MPa dan 10,248 MPa.	Hasil optimum didapatkan pada variasi beton *porous* dengan *fly ash* 25% dengan nilai kuat tekan 10,333 MPa dan nilai porositasnya 29,3%.	Kadar optimum variasi campuran *fly ash* dan abu batu yaitu 10% dengan nilai kuat tekan 12,30 MPa.	Substitusi 20% memiliki nilai kuat tekan optimum yaitu sebesar 22,4 MPa atau setara dengan K228 kg/cm^2.	Hasil optimum diperoleh pada *paving block* variasi I dengan kadar bahan tambah 10% *fly ash* tanpa substitusi abu batu yang memenuhi syarat mutu B, didapatkan nilai rata-rata kuat tekan 21,690 MPa, ketahanan aus 0,143 mm/menit, dan penyerapan air 6,108%.

Sumber : Pratama (2019), Sudjatmiko, dkk. (2022), Anggraini, dkk. (2022), Shafwan (2021), Syarah (2022)

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian yang bersumber pada penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan oleh penulis merupakan karya asli dan bukan merupakan plagiasi. Perbedaan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada komposisi bahan yang digunakan. Komposisi campuran yang digunakan yaitu 1 semen : 6 pasir. Bahan tambah atau substitusi yang digunakan yaitu *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai substitusi pasir. Penelitian ini menggunakan *fly ash* tipe C hasil dari limbah PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. *Fly ash* digunakan sebagai bahan tambah semen sebesar 10% dari berat semen. Abu batu sebagai substitusi agregat halus dengan variasi 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% terhadap berat. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air sesuai denan SNI 03-0691-1996. Tujuan dari penelitian ini yaitu diperoleh nilai optimum *paving block* dengan bahan tambah dan substitusi limbah *fly ash* dan limbah abu batu.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Umum

3.1.1 Definisi *Paving Block*

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

3.1.2 Klasifikasi *Paving Block*

Berikut merupakan klasifikasi *paving block* berdasarkan penggunaannya menurut SNI 03-0691-1996.

Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan

Bata beton mutu B : digunakan untuk peralatan parkir

Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki

Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

3.1.3 Syarat Mutu *Paving Block*

Syarat mutu yang harus dipenuhi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 yaitu sebagai berikut.

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

3. Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Sifat-sifat Fisika *Paving Block*

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 : SNI 03-0691-1996

3.1.4 Keunggulan dan Kelemahan *Paving Block*

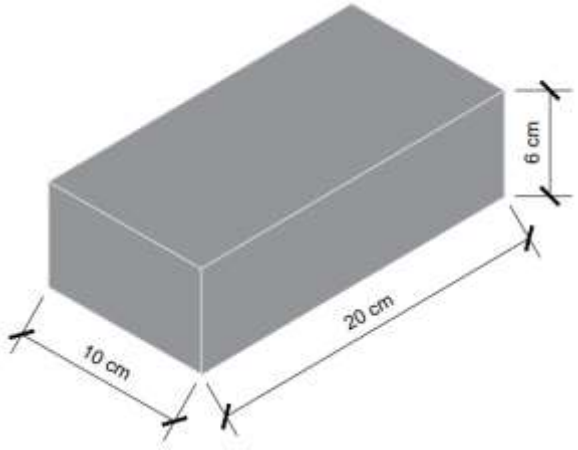
Adapun keunggulan dan keleman dari *paving block* adalah sebagai berikut.

1. Keunggulan *Paving Block*
   a. *Paving block* memiliki daya serap air yang baik, sehingga dapat mengurangi genangan air menjaga keseimbangan air tanah sekitar.
   b. Bentuk, tekstur, warna, dan motif yang beragam mendukung untuk digunakan sebagai penambah aksen eksterior rumah, jalan, taman, dll.
   c. Memiliki harga yang lebih terjangkau daripada jenis perkerasan lainnya.
   d. Pemasangan yang mudah dan tidak membutuhkan alat berat.
   e. Apabila terjadi kerusakan atau cacat dapat dilakukan penggantian dengan cara yang mudah.
2. Kelemahan *Paving Block*
   a. Pemasangan *paving block* mudah bergelombang apabila pondasinya tidak dipasang dengan kuat.
   b. *Paving block* kurang cocok apabila dipakai untuk lahan yang dilalui kendaraan yang berkecepatan tinggi.
   c. Jalan tidak merata akibat dari pemasangan yang kurang tepat dan menyebabkan *paving block* mudah lepas dari sambungannya.

3.2 Benda Uji

Penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambah semen sebesar 10% dari berat semen dan abu batu sebagai bahan substitusi pasir yang terbagi menjadi 5 variasi yaitu sebesar 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% dari berar pasir. Benda uji yang akan digunakan disetiap pengujian menggunakan 1 sampel utuh yang berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm yang dipotong kubus dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm sehingga didapat 3 buah sampel benda uji berbentuk kubus untuk pengujian. Adapun sampel yang diperlukan pada pengujian kuat tekan yaitu sebanyak 10 benda uji untuk setiap variasi, dan untuk pengujian penyerapan air dan keausan menggunakan 5 benda uji di setiap variasi. Penentuan jumlah benda uji berdasarkan pada ketentuan yang ada pada SNI 03-0691-1996.

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini yaitu *paving block* tipe *Holland* dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. berikut ilustrasi benda uji yang akan dibuat. Berikut ilustrasi *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Paving Block*

3.3 Bahan Penyusun *Paving Block*

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* seperti yang sudah tertera dalam definisi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 yaitu campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahanan lainnya dengan syarat tidak mengurangi mutu beton. Berikut adalah penjelesan mengenai bahan penyusun *paving block*.

3.3.1 Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* adalah 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. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat dan air pada beton yang menghasilkan beton yang kuat dan padat, selain itu semen juga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler)* pada agregat agar tidak terdapat rongga atau celah pada agregat. Adapun menurut SNI 15-2049-2004 jenis dan penggunaan semen sebagai berikut.

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

3.3.2 Air

Air merupakan bahan penting untuk membuat campuran beton karena air sebagai bahan untuk bercampurnya semen dengan agregat dengan proses kiamawi dari semen. Menurut Tjokrodimulyo (1992), untuk memicu reaksi semen dibutuhkan air sekitar 25% dari berat semen, tetapi pada kenyataannya Faktor Air Semen (FAS) yang <0,35 akan sulit memicu reaksi kiamiawi dari semen. Fungsi dari air yaitu sebagai bahan pencampur dan pengaduk antara semen dan agregat.

Menurut SK-SNI-S04-1989-F, persyaratan air yang digunakan untuk beton yaitu seperti berikut.

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung lumpur minyak dan benda lain yang bisa dilihat secara visual.
4. Tidak mengandung bahan yang dapat merusak beton (asam organic) lebih dari 15 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
6. Tidak mengandung *chloride* (CI) lebih dari 0,5 gram/liter.

3.3.3 Agregat Halus

Umumnya agregat halus yaitu berupa pasir yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) yang digunakan pada beton. Menurut SNI 1970-2008, agregat halus adalah pasir alam hasil dari disintegrasi alami dari bebatuan atau pasir yang memiliki ukuran sebesar 4,75 mm, agregat halus atau pasir sekarang banyak yang dihasilkan oleh industri *stone crusher* (pemecah batu).

Menurut Tjokrodimuljo (1992) pasir dibagi menjadi 3 macam golongan yang diantaranya sebagai berikut.

1. Pasir galian, didapat langsung dari permukaan tanah atau dapat digali terlebih dahulu. Pasir galian memiliki sifat tajam, memiliki sudut, memiliki pori-pori, tidak terdapat kandungan garam.
2. Pasir sungai, didapat dari hasil menggali dasar sungai. Pasir ini memiliki sifat halus, berbentuk bulat yang terbentuk karena akibat dari gesekan, daya lekat butirnya kurang. Umumnya pasir sungai digunakan untuk bahan plester tembok.

3. Pasir laut, dapat diambil di pantai-pantai. Pasir ini memiliki sifat halus, berbentuk bulat, terdapat kandungan garam. Pasir ini tidak dapat dipakai untuk bahan bangunan.

3.4 Bahan Tambahan

3.4.1 *Fly Ash*

Fly ash atau abu terbang adalah limbah dari bekas pembakaran batubara pada pembangkit listrik. Menurut ASTM C.618, abu terbang (*fly ash*) adalah bubuk batu bara atau hasil dari residu pembakaran batubara yang berbentuk butiran halus. Melihat dari banyaknya PLTU yang ada di Indonesia ketersediaan *fly ash* dapat dikatakan sangat melimpah. *Fly ash* dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). *Fly ash* diera sekarang baik di luar negeri maupun dalam negeri banyak digunakan untuk bahan substitusi dari semen, alasannya penggunaan *fly ash* karena mudah untuk didapat, harga yang terjangkau, dan dapat mengurangi limbah dengan cara memanfaatkannya. Abu terbang (*fly ash*) dapat berfungsi sebagai bahan tambah yang termasuk jenis bahan tambah mineral yang dapat berfungsi untuk memperbaiki kinerja beton khususnya memperbaiki kinerja tekan beton, *fly ash* cenderung memiliki sifat penyemenan (Mulyono, 2004).

Menurut ACI *Manual of Concrete Practice* 1993 *Part* 1 226.3R-R, *fly ash* dapat dibedakan dalam 3 jenis yaitu sebagai berikut.

1. Kelas C
   a. *Fly ash* memiliki kandungan senyawa CaO diatas 10% merupakan hasil dari pembakaran lignite atau sub bitumen batu bara.
   b. Memiliki kadar SiO_2 + Al2 O_3 + Fe_2 O_3 hingga kadar oksida total lebih dari 50%.
   c. Memiliki kadar Na_2O yang mencapai 10%.
   d. 15% - 35% dari total berat *binder* digunakan untuk campuran beton.
2. Kelas F
   a. Fly ash memiliki kandungan senyawa CaO diatas 10% merupakan hasil dari pembakaran anthrchacite atau bitumen batu bara.

b. Memiliki kadar SiO_2 + Al2 O_3 + Fe_2 O_3 hingga kadar oksida total lebih dari 70%.
c. Memiliki kadar Na_2O kurang dari 5%.
d. 15% - 25% dari total berat *binder* digunakan untuk campuran beton.

3. Kelas N
   a. Hasil pembakaran atau *pozzolan* dapat dikategorikan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz, shales*, *tuff*, dan abu vulkanik yang diproses melalui pembakaran.

3.4.2 Abu Batu

Abu batu yaitu bahan yang dihasilkan dari industri pemecah batu yang berupa limbah berbutir seperti agregat. Industri pemecah batu banyak terdapat di area tambang Gunung Merapi yang menghasilkan banyak abu batu, tetapi dalam dunia konstruksi masih jarang digunakan dan tidak begitu laku karena hanya dianggap sebagai limbah pecahan batu. Dalam pembuatan *paving block* abu batu dapat menggantikan sebagian dari pasir atau agregat halus, selain sebagai bahan substitusi dari agregat halus harga dari abu batu sendiri lebih terjangkau apabila dibandingkan dengan harga pasir maka dapat menekan biaya produksi *paving block*. Menurut Celik dkk (1996), *stone crusher* menghasilkan agregat halus kurang lebih 17% - 25% fraksi abu batu, sehingga produksi abu batu tergolong cukup tinggi dan memiliki potensi yang besar untuk pengisi campuran semen. Selain harga yang terjangkau dan mudah didapat abu batu memiliki kekurangan berupa penyerapan air yang lebih besar dari pasir alam.

3.5 Pengujian *Paving Block*

Menurut SNI-03-0691-1996, pengujian *paving block* dapat dilakukan dengan beberapa parameter pengujian yang berupa kuat tekan, ketahanan aus, dan pengujian daya serap air. Pengujian *paving block* bertujuan untuk mengetahui mutu dari *paving block*. Berikut merupakan penjelasan pada pengujian *paving block*.

3.5.1 Kuat Tekan

Kuat tekan *paving block* yaitu beban yang mampu ditahan oleh benda uji per satuan luas benda uji. Pengujian akan mendapatkan nilai maksimum kuat tekan

apabila pada penanda jarum penunjuk beban mulai menurun. Kuat tekan *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan SNI-03-0691-1996 sebagai berikut.

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

dengan :

σ = kuat tekan (N/mm^2)

P = beban tekan (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

3.5.2 Ketahanan Aus

Ketahanan aus atau keausan yaitu salah satau parameter pengujian *paving block* untuk mengetahui kemampuan daya tahan benda uji terhadap gesekan yang dilakukan secara terus menerus. Pengujian kuat aus menentukan kualitas sebuah *paving* memiliki *output* yaitu nilai keausan dengan nilai keausan semakin kecil maka mutu *paving block* semakin baik. Keausan *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

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

dengan :

D = keausan (mm/menit)

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

(sumber : Laboratorium Bahan Bangunan UGM)

3.5.3 Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air yaitu pengujian daya serap air yang mampu diloloskan oleh *paving block*. Kapasitas air yang diserap *paving block* yaitu persentase berat air yang dapat diserap pada pori-pori *paving block*. Hasil pengujian penyerapan air didapat dari membandingkan berat *paving block* pada kondisi kering dan kondisi basah (setelah benda uji direndam air). Parameter kualitas daya resap air didapatkan nilai yang semakin rendah maka semakin baik kualitasnya. Penyerapan air dapat dihitung dengan rumus berdasarkan SNI-03-0691-1996 sebagai berikut.

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

dengan :

A = berat bata beton basah

B = berat bata beton kering

3.6 Harga Pokok Produksi *Paving Block*

Definisi harga pokok produksi menurut Haryono (2005), harga pokok produksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu produk pada suatu perusahaan manufaktur. Harga pokok produksi bertujuan untuk menentukan harga jual suatu produk dengan nilai keuntungan tertentu. Selain untuk menentukan nilai keuntungan, menghitung harga pokok produk harus dilakukan dengan teliti agar tidak ada yang tertinggal sehingga dapat menyebabkan kerugian.

Menurut Supriyono (2011) biaya digolongkan susuai dengan fungsi pokok dari aktivitas perusahaan. Golongan fungsi pokok antara lain fungsi produksi, fungsi pemasaran, fungsi administrasi umum, dan fungsi keuangan. Fungsi produksi yang dijabarkan menjadi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik. Adapun menurut Mulyadi (2003) unsur harga pokok produksi antara lain :

1. Biaya bahan baku

   Biaya yang digunakan untuk membeli bahan baku (*paving block*). Bahan baku yang dimaksud antara lain semen, pasir, dan air. Selain bahan baku diatas penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa *fly ash* dan abu batu.

2. Biaya tenaga kerja langsung

   Biaya yang dibayarkan kepada tenaga kerja yang bertugas untuk membuat suatu produk. Tenaga kerja dalam hal ini bertugas membuat *paving block* yang langsung menerima gaji atau bayarannya.

3. Biaya *overhead* pabrik

   Biaya produksi yang tidak berhubungan langsung dengan hasil suatu produk, dapat disebut sebagai biaya produk tidak langsung. Penelitian ini menggunakan biaya produk tidak langsung antara lain biaya pengiriman, biaya konsumsi, dan margin keuntungan.

Penelitian ini menggunakan variabel *costing*, menurut Mulyadi (2009) variabel *costing* yaitu salah satu metode untuk menentukan harga pokok produksi dengan membatasi perhitungan seperti biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik variabel. Adikoesoemah (1982) mengemukakan mengenai fungsi dari penetepan harga pokok :

1. Menetapkan harga jual,
2. Menetapkan biaya yang diserap,
3. Dasar untuk penilaian efisiensi kerja dan efektifitas biaya,
4. Dasar untuk pengambilan keputusan manajemen.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian yaitu langkah untuk memperoleh hasil yang rasional dari suatu penelitian. Penulis menggunakan metode dalam penelitian ini agar dapat memudahkan dalam mencapai tujuan yang diinginkan oleh penulis mengenai *paving block* dengan bahan pokok campuran agregat halus yang menggunakan substitusi abu batu terhadap pasir dan *fly ash* sebagai bahan tambah semen. Abu batu dan *fly ash* merupakan variabel yang terbagi menjadi dua, yakni abu batu sebagai variabel bebas dan *fly ash* sebagai variabel tetap. Adapun variasi substitusi agregat halus dengan abu batu yaitu 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% yang ditentukan melalui konversi perhitungan volume menjadi berat agregat halus (pasir), sedangkan bahan tambah *fly ash* terhadap semen sebesar 10% terhadap berat semen.

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia (PIMVM UII) sebagai tembat pembuatan benda uji *paving block* dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia sebagai tempat pengujian bahan dan benda uji. Benda uji akan dibuat mengikuti SNI 03-0691-1996 dengan bentuk *paving block* tipe *holland* dengan dimensi panjang x lebar x tinggi yaitu 20 cm x 10 cm x 6 cm yang dipotong kubus dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm sehingga didapat 3 buah sampel benda uji berbentuk kubus untuk pengujian.

4.2 Alat dan Bahan

4.2.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Sekop

   Alat ini digunakan untuk mengaduk atau mencampurkan, memindahkan, atau mengambil campuran bahan *paving*.

Berikut merupakan gambar sekop yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Sekop

2. Cetok

   Cetok digunakan untuk memasukkan dan meratakan campuran kedalam cetakan *paving block.* Berikut merupakan gambar cetok yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Cetok

3. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk mengetahui detail berat bahan penyusun *paving block* dengan ketelitian 1 gram. Adapun timbangan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Timbangan

4. Saringan Agregat

   Alat ini digunakan untuk memisahkan material guna untuk mendapatkan agregat halus atau pasir dengan kriteria yang direncanakan yaitu lolos saringan diameter 4,75 mm. Adapun saringan agregat dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Saringan Agregat

5. Mesin Pengaduk (*Mixer*)

   Mixer digunakan untuk membantu dalam proses pencampuran bahan *paving block* agar dapat tercampur dengan baik. Adapun mesin pengaduk dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Mesin Pengaduk (*Mixer*)

6. Mesin Press

   Alat ini digunakan untuk mencetak sekaligus memadatkan benda uji dengan cara menekan saat proses pencetakan, selain itu mesin ini dapat digunakan untuk mengangkat cetakan karena pada mesin ini sudah dilengkapi dengan sistem hidrolik dan vibrator. Adapun mesin press dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mesin Press

7. Papan Kayu

   Papan kayu digunakan untuk menjadi alas *paving block* yang sudah dicetak. Adapu papan kayu dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Papan Kayu

8. Alat Pemotong *Paving Block*

   Benda uji yang berupa *paving block* dengan tipe *holland* dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm akan dipotong menjadi bentuk kubus yang memiliki dimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm guna untuk menjadi sampel atau benda uji pada pengujian kuat tekan dan keausan. Adapun alat pemotong *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Alat Pemotong *Paving Block*

9. Alat Uji Kuat Tekan

   Alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan yaitu alat yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dengan pembacaan kuat tekan digital model ADR 3000 yang bekerja dengan sistem hidrolis dan memiliki kapasitas tekan 3000 kN. Adapun alat uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Alat Uji Kuat Tekan

10. Oven

    Oven digunakan untuk proses pengeringan benda uji sebagai pengujian daya serap air. Adapun oven dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Oven

11. Alat Uji Ketahanan Aus

    Alat yang digunakan untuk pengujian ketahanan aus yaitu alat yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia model BDM16. Adapun alat uji ketahanan aus dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Alat Uji Ketahanan Aus

4.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Semen

   Semen yang digunakan yaitu dengan merk Tiga Roda. Ditakar dan diambil sesuai berat yang sudah di perhitungkan yang digunakan pada setiap variasinya. Adapun semen dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Semen

2. Agregat Halus

   Agregat halus atau material pasir yang digunakan yaitu pasir dari daerah Gunung Merapi yang lolos saringan diameter 4,75 mm. Adapun agregat halus dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Agregat Halus

3. Air

   Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Adapun air dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Air

4. Abu Batu

Abu batu sebagai bahan substitusi agregat halus atau pasir dari perusahaan pemecah batu (*stone crusher*) yang berada di Kecamatan Cangkringan yang sudah tersedia di PIMVM. Substitusi abu batu terhadap pasir memiliki variasi 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% dari berat pasir.

Penentuan persentase variasi abu batu yang digunakan berdasarkan beberapa penelitian terdahulu sebagai berikut.

a. Penelitian yang dilakukan oleh Syarah (2022) yang menggunakan persentase variasi abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%, hasil dari penelitian tersebut menunjukkan nilai kuat tekan *paving block* meningkat pada variasi 10% dengan nilai 21,7 MPa dan variasi 20% dengan nilai 22,4 MPa, dan menurun pada variasi 30% dan 40%.
b. Penelitian yang dilakukan oleh Aji (2022) yang menggunakan abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir dengan persentase 10%, 20%, 25%, dan 30%. Mendapatkan hasil optimum pada variasi 10% sebesar 31,268 MPa, dan semakin turun mutu dari *paving block* seiring bertambahnya persentase kadar abu batu yang digunakan.
c. Penelitian yang dilakukan oleh Bere dkk. (2021) yang menggunakan abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada campuran Beton Busa sebesar 15% dan 30%. Penelitian ini mendapatkan hasil optimum pada kadar 15% sebesar 20,29 MPa, sedangkan pada kadar 30% mengalami penurunan dengan hasil sebesar 15,11 MPa.

Pemilihan kadar variasi abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada penelitian ini berdasarkan hasil penelitian terdahulu diatas. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar mutu optimum abu batu yang digunakan sebagai substitusi pasir berkisar diantara 10% hingga 20%. Kadar variasi diatas 20% menunjukkan hasil mutu yang menurun seiring dengan bertambahnya kadar abu batu yang digunakan. Maka dari itu, pada penelitian ini menggunakan interval 10% dan 5% karena pada penelitian terdahulu menunjukkan kadar 30% mengalami penurunan mutu *paving block*.

Adapun abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Abu Batu

5. *Fly Ash*

   Fly ash atau abu terbang limbah hasil pembakaran batu bara yang akan digunakan yaitu tipe C yang berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur.

   Kadar variasi *fly ash* sebagai bahan tambah semen sebesar 10%, kadar tersebut ditentukan berdasarkan hasil penelitian terdahulu sebagai berikut.

   a. Pratama (2019) dalam penelitiannya yang menunjukkan hasil kadar optimum pada penggunaan variasi *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen dengan nilai kuat tekan 19,69%, ketahanan aus 0,124 mm/menit, penyerapan air 4,20%.
   b. Shafwan (2021) dalam penelitiannya yang menunjukkan hasil kadar optimum pada variasi *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen dengan nilai kuat tekan 12,30 MPa.
   c. Sudjatmiko dkk. (2022) dalam penelitiannya mendapatkan hasil optimum pada kadar *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen dengan nilai kuat tekan 25,75 MPa, penyerapan air 6,158%, dan nilai kuat lentur 9,581 MPa.

   Hasil dari beberapa penelitian terdahulu diatas menunjukkan bahwa kadar optimum *fly ash* sebagai bahan tambah semen sebesar 10%. Berdasarkan hasil tersebut maka pada penlilitian ini menggunakan kadar *fly ash* sebagai bahan tambah semen sebesar 10%.

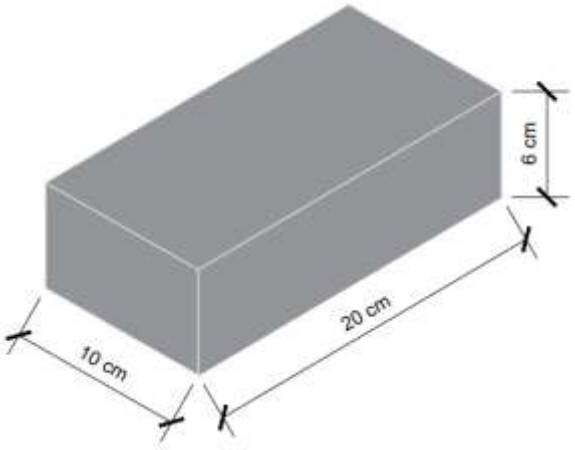
Adapun *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 *Fly Ash*

4.3 Komposisi Benda Uji

Paving block tipe *holland* dengan dimensi 200 mm x 100 mm x 60 mm akan dipotong menyesuaikan dengan dimensi benda uji untuk pengujian yang ditentukan pada SNI 03-0691-1996. Berikut dimensi *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Dimensi *Paving Block*

Pada penelitian ini digunakan benda uji berupa *paving block* dengan bahan tambah *fly ash* terhadap berat semen dan abu batu sebagai substitusi dari berat agregat halus. Komposisi yang digunakan diperoleh melalui proses trial *paving block* normal dengan beberapa komposisi, sehingga didapat komposisi optimum yang akan digunakan yaitu 1 semen : 6 pasir. Variasi *fly ash* sebagai bahan tambah semen digunakan sebesar 10% dari berat semen, dan variasi abu batu sebagai substitusi agregat halus sebesar 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% dari berat agregat halus.

Pada penelitian ini akan dilakukan sebanyak 3 pengujian pengujian kuat tekan, pengujian keausan, dan pengujian penyerapan air. Menurut SNI 03-0691-1996, pengujian kuat tekan menggunakan 10 sampel pada setiap variasinya, sedangkan pengujian keausan dan penyerapan air menggunakan 5 sampel untuk setiap variasinya. Total benda uji yang akan digunakan yaitu sebanyak 100 benda uji.

Berikut uraian mengenai benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian

Variasi	Persentase *Fly Ash*	Persentase Abu Batu	Jumlah Sampel Pengujian		
			Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
I	10%	0%	10	5	5
II	10%	10%	10	5	5
III	10%	20%	10	5	5
IV	10%	25%	10	5	5
V	10%	30%	10	5	5

Tabel 4.2 Dimensi Sampel Pengujian

Benda Uji	Ukuran Sampel		
	Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
Dimensi (cm)	6 x 6 x 6	5 x 5 x 2	20 x 10 x6

4.4 Tahap Penelitian

Tahap persiapan hingga pengujian akan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dengan tahapan sebagai berikut.

4.4.1 Persiapan Bahan

Pada tahapan persiapan bahan terdapat beberapa pemeriksaan bahan maupun alat yang akan digunakan pada saat pembuatan benda uji. Berikut merupakan tahapan persiapan bahan.

1. Agregat Halus (Pasir)

   Pasir atau agregat halus memerlukan beberapa pemeriksaan yaitu pengujian modulus halus butir agregat, berat volume pasir padat dan gembur, pengujian kandungan lumpur. Berikut mengenai uraiannya.

   a. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat

      Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui gradasi pasir dengan menggunakan saringan dan modulus halus butir (MHB) guna untuk mendapatkan pasir yang akan digunakan saat penelitian. Langkah-langkah pengujian modulus halus butir agregat sesuai dengan SNI 03-1968-1990 sebagai berikut.

      1) Pasir dioven dengan suhu $(110 \pm 5)^0$C, hal ini bertujuan untuk mendapatkan pasir yang kering dengan berat tetap.
      2) Benda uji dikeluarkan dari oven dan dinginkan benda uji selama 1-3 jam pada suhu ruangan lalu ditimbang dengan ketelitian timbangan 0.1 gram.
      3) Susun saringan dengan urutan lubang paling besar diletakkan paling atas (9,52 mm) hingga terkecil dipaling bawah (0,15 mm). kemudian diayak dengan menggunakan mesin selama 10 menit.
      4) Keluarkan benda uji pada setiap saringan dan masukkan kedalam pan lalu timbang dan catat benda uji yang tertahan pada setiap saringan.
      5) Gradasi agregat halus didapat dengan cara menghitung komulatif persentase butiran yang lolos pada masing masing saringan. Perhitungan modulus halus butir pasir dengan cara menjumlahkan persentase kumulatif butir tertinggal dibagi seratus.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \qquad (4.1)$$

b. Pengujian Berat Volume Pasir Padat dan Gembur

Pengujian berat volume dilakukan pada 2 kondisi yaitu pasir padat dan pasir gembur guna untuk mengetahui volume takaran pasir atau bahan yang akan digunakan untuk perbandingan pada saat membuat campuran beton *paving*. Langkah langkah pengujian berat volume sesuai SNI 03-4804-1998 yaitu sebagai berikut.

1) Agregat dioven pada suhu (110 ± 5)^{0}C selama 24 jam guna untuk mengeringkan,
2) Keluarkan dan dinginkan agregat yang dioven sesuai dengan suhu ruangan,
3) Timbang wadah (W1) yang akan digunakan,
4) Volume gembur masukkan agregat kedalam wadah hingga seluruh wadah tertutup tanpa penumbukan,
5) Volume padat masukkan agregat kedalam wadah hinga menutupi seluruh wadah dengan penumbukan setiap 1/3 bagian sebanyak 25 kali,
6) Timbang berat wadah yang telah terisi agregat halus (W2),
7) Hitung berat agregat (W3) dengan rumus, W3 = W2-W1,
8) Hitung hasil pengujian dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Berat Volume Padat} = \frac{W3}{V} \qquad (4.3)$$

Dengan :

W3 = Berat Agregat (gram)

V = Volume Wadah (cm^3)

c. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini memiliki tujuan mengetahui persentase kadar lumpur yang ada pada agregat. Langkah-langkah menurut SNI 03-4142-1996 mengenai pengunjian kandungan lumpur sebagai berikut.

1) Letakkan benda uji pada pan yang terlah tersedia,
2) Benda uji dimasukkan kedalam oven dengan suhu (110 ± 5)^{0}C selama 24 jam,
3) Setelah dioven, benda uji ditimbang dan masukkan kedalam saringan no.200 dengan aliran air diatasnya,

4) Gerakkan benda uji yang berada pada saringan dengan aliran air hingga butiran halus lolos saringan no.200 dan butiran kasar tertahan pada saringan,
5) Ulangi pekerjaan diatas hingga aliran air yang menembus saringan berwarna jernih,
6) Benda uji dikeringkan dengan cara mengoven dengan suhu $(110 \pm 5)^0$C selama 24 setelah itu timbangan menggunakan timbangan dengan tingkat ketelitian 0,1 gram.

2. Semen Portland

Semen yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu semen merk Tiga Roda. Semen yang akan digunakan harus diperiksa terlebih dahulu dengan cara memastikan semen bersifat halus, bungkus semen masih rapat dan tidak terbuka atau sobek sebelum digunakan, tidak ada gumpalan.

3. Air

Sebelum digunakan air diperiksa terlebih dahulu dengan cara memastikan air dalam kondisi bersih tidak tercampur dengan lumpur, minyak, ataupun jenis bahan lainnya.

4. Abu Batu

Abu batu digunakan peneliti sebagai substitusi bahan pasir pada campuran bahan *paving block*. Sebelum dipakai untuk bahan substitusi maka abu batu akan dilakukan pemeriksaan sebagai berikut.

a. Pengujian Modulus Halur Butir Agregat Halus

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui gradasi abu batu dengan menggunakan saringan dan modulus halus butir (MHB) guna untuk mendapatkan abu batu yang akan digunakan saat penelitian. Langkah-langkah pengujian modulus halus butir agregat sesuai dengan SNI 03-1968-1990 sebagai berikut.

1) Benda uji (abu batu) dioven dengan suhu $(110 \pm 5)^0$C, hal ini bertujuan untuk mendapatkan pasir yang kering dengan berat tetap.

2) Benda uji dikeluarkan dari oven dan dinginkan benda uji selama 1-3 jam pada suhu ruangan lalu ditimbang dengan ketelitian timbangan 0.1 gram.
3) Susun saringan dengan urutan lubang paling besar diletakkan paling atas (9,52 mm) hingga terkecil dipaling bawah (0,15 mm). kemudian diayak dengan menggunakan mesin selama 10 menit.
4) Keluarkan benda uji pada setiap saringan dan masukkan kedalam pan lalu timbang dan catat benda uji yang tertahan pada setiap saringan.
5) Gradasi agregat halus didapat dengan cara menghitung komulatif persentase butiran yang lolos pada masing masing saringan. Perhitungan modulus halus butir pasir dengan cara menjumlahkan persentase kumulatif butir tertinggal dibagi seratus.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \qquad (4.4)$$

b. Pengujian Berat Volume Abu Batu

Pengujian berat volume dilakukan pada 2 kondisi yaitu abu batu padat dan abu batu gembur guna untuk mengetahui volume takaran abu batu atau bahan yang akan digunakan untuk perbandingan pada saat membuat campuran beton *paving.* Langkah langkah pengujian berat volume sesuai SNI 03-4804-1998 yaitu sebagai berikut.

1) Agregat dioven pada suhu $(110 \pm 5)^0$C selama 24 jam guna untuk mengeringkan,
2) Keluarkan dan dinginkan agregat yang dioven sesuai dengan suhu ruangan,
3) Timbang wadah (W1) yang akan digunakan,
4) Volume gembur masukkan agregat kedalam wadah hingga seluruh wadah tertutup tanpa penumbukan,
5) Volume padat masukkan agregat kedalam wadah hinga menutupi seluruh wadah dengan penumbukan setiap 1/3 bagian sebanyak 25 kali,
6) Timbang berat wadah yang telah terisi agregat halus (W2),
7) Hitung berat agregat (W3) dengan rumus, W3 = W2-W1,

8) Hitung hasil pengujian dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Berat Volume Padat} = \frac{W3}{V} \quad (4.5)$$

Dengan :

W3 = Berat Agregat (gram)

V = Volume Wadah (cm^3)

5. *Fly Ash*

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah yang berupa abu terbang hasil pembakaran batu bara di PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Pemeriksaan *fly ash* meliputi kemasan yang baik dan kedap air, tidak ada sobekan pada kemasan, butiran *fly ash* yang bersifat halus identik dengan semen, dan tidak ada gumpalan.

4.4.2 Tahap Pencampuran

Tahapan ini merupakan proses mencampur bahan utama dalam campuran beton dengan bahan yang akan digunakan sebagai bahan tambah dan substitusi. Pada penelitian ini penulis menggunakan *fly ash* sebanyak 10% sebagai bahan tambah semen yang dihitung berdasarkan berat semen dan abu batu dengan variasi 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% sebagai substitusi dari berat pasir, perbandingan semen : pasir yaitu 1:6. Langkah-langkah pencampuran bahan *paving block* yaitu sebagai berikut.

1. Pastikan bahan yang akan digunakan sudah siap yang meliputi agregat halus (pasir), semen, air, abu batu dan *fly ash* dengan kadar persentase yang sudah direncanakan sesuai dengan variasinya.
2. Bahan yang sudah siap kemudian dapat dicampurkan menjadi satu dengan menuangkan ke mesin pengaduk (*mixer*) selama ±10 menit.
3. Setelah pengadukan selesai pestikan bahan sudah tercampur secara merata dan adukan homogen serta tingkat kelacakannya sudah sesuai target.

Adapun dokumentasi saat pencampuran bahan dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18 Pencampuran Bahan

4.4.3 Pembuatan Benda Uji

Tahap pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin pres yang sudah di lengkapi dengan sistem hidrolik dan sistem *vibrator* yang dapat memudahkan dalam proses produksi *paving block*. Bahan campuran dimasukkan kedalam cetakan dan dipadatkan menggunakan mesin pres, selain itu pada saat pemadatan mesin pres akan menggetarkan campuran yang ada dalam cetakan guna untuk membuat agregat didalam cetakan dapat mengisi secara merata dan tidak ada rongga udara pada *paving block* yang dihasilkan. Tujuan dari penggunaan mesin pres yang sudah dilengkapi oleh sistem hidrolis dan *vibrator* untuk memperkecil adanya *human error*. Langkah-langkah pencetakan *paving block* adalah sebagai berikut.

1. Persiapkan alas yang berupa triplek dengan tebal 20 mm dan letakkan pada meja mesin.
2. Pastikan mesin pada posisi cetakan membuka untuk memasukkan campuran kecetakan.
3. Masukkan campuran kedalam cetakan dan pastikan campuran memenuhi cetakan.
4. Hidupkan mesin dengan sistem getar selama ± 5 detik.
5. Tambahkan campuran kedalam cetakan yang turun akibat penggetaran.
6. Tekan tuas mesin pres hingga bagian sampel turun dan jalan sistem getar.
7. Bagian cetakan diangkat dengan cara menekan tuas pada mesin pres.

Berikut proses pembuatan benda uji *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pembuatan Benda Uji

4.4.4 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji bertujuan untuk menjaga kelembaban *paving block* selama umur yang telah ditentukan untuk pengujian yaitu 28 hari untuk memastikan pada saat proses pengeringan dan pengerasan beton *paving* berjalan sempurna dan mencegah adanya retakan atau pecahan pada *paving block*. Perawatan yang dimaksud yaitu dengan cara merendam *paving block* setelah satu hari pencetakan karena sudah cukup keras maka dilakukan perendaman. Setelah selesai proses perendaman benda uji akan diletakkan pada tempat kering yang terlindung dari panas. Berikut proses perendaman benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Perawatan Benda Uji

4.4.5 Pemotongan Benda Uji

Tahap pemotongan dilakukan untuk memotong *paving block* yang memiliki dimensi semula yaitu 20 cm x 10 cm x 6 cm menjadi dimensi yang sudah

direncanakan sesuai dengan kebutuhan pengujian. Untuk pengujian kuat tekan *paving block* akan dipotong dengan bentuk kubus berdimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm, untuk pengujian ketahanan aus *paving block* akan dipotong dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 2 cm, dan untuk pengujian penyerapan air digunakan *paving block* utuh seperti semula. Pemotongan akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Berikut proses pemotongan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Pemotongan Benda Uji

4.4.6 Pengujian *Paving Block*

Parameter pengujian yang dilakukan yaitu meliputi pengujian kuat tekan, pengujian keausan, dan pengujian penyerapan air. Pengujian benda uji dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari setelah proses pencetakan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Adapun uraian mengenai parameter pengujian *paving block* sebagai berikut.

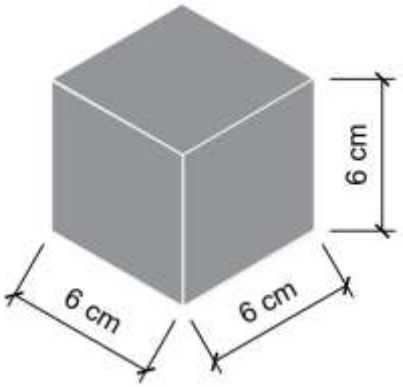
1. Pengujian Kuat Tekan

   Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bahan tambah dan bahan substitusi yang berupa *fly ash* dan abu batu pada campuran beton *paving* terhadap kuat tekan. Langkah-langkah pengujian kuat tekan menurut SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

   a. Pengujian menggunakan benda uji yang sudah berumur 28 hari yang sudah dipotong dengan dimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm dan lakukan pembersihan pada benda uji,

b. Timbang benda uji dalam keadaan kering dengan tingkat ketelitian 0,1 gram,
c. Ukur benda uji dengan menggunakan jangka sorong,
d. Benda uji diletakkan pada alat pengujian dengan posisi ditengah dan pastikan pada posisi yang simetris,
e. Lakukan pembebanan pada alat uji kemudian amati dan catat hasil dari pembebanan hingga benda uji tidak mampu menahan beban yang diterima.

Berikut ilustrasi dimensi *paving block* dan proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23



Gambar 4.22 Dimensi Kuat Tekan *Paving Block*



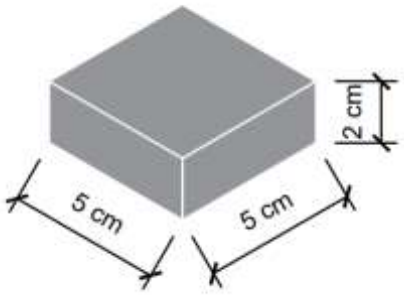
Gambar 4.23 Pengujian Kuat Tekan

2. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tingkat keausan yang pada *paving block* hasil pencampuran *fly ash* dan abu batu terhadap campuran beton *paving*. Langkah-langkah pengujian keausan menurut SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

a. Benda uji yang digunakan sudah berumur 28 hari dan sudah dipotong dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm,
b. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji diletakkan ditempat yang mendapatkan angin selama satu hari,
c. Setelah diangin anginkan benda uji dibersihkan,
d. Timbang benda uji dan ukur menggunakan jangka sorong,
e. Lakukan pengujian pengausan dengan alat uji yang sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-0691-1996,
f. Amati dan catat hasil pengujian keausan.

Berikut dapat dilihat ilustrasi dimensi dan pengujian ketahanan aus pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25.



Gambar 4.24 Dimensi Ketahanan Aus *Paving Block*



Gambar 4.25 Pengujian Ketahanan Aus

3. Pengujian Penyerapan Air

   Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menyerap air melalui pori pori *paving block*. Langkah-langkah pengujian penyerapan air menurut SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

   a. Lakukan perendaman benda uji selama 24 jam,
   b. Benda uji yang masih basah dilakukan penimbangan dengan ketelitian 0,1 gram,
   c. Masukkan benda uji kedalam oven dengan suhu 105^0C selama 24 jam untuk proses pengeringan hingga berat pada saat penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2%,
   d. Ambil benda uji dari oven dan timbang dalam keadaan kering,
   e. Catat hasil pengujian penyerapan air.

   Berikut proses pengujian penyerapan air *paving block* pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Pengujian Penyerapan Air

4.5 Harga Pokok Produksi *Paving Block*

Perhitungan harga pokok produksi *paving block* dilakukan untuk mengetahui nilai jual *paving block* normal tanpa bahan tambah dengan *paving block* yang menggunakan bahan tambah berupa *fly ash* dan abu batu. Perhitungan dilakukan dengan input semua biaya produksi atau hanya dengan menggunakan biaya variabel.

4.5.1 Data biaya

Untuk menghitung harga pokok produksi memerlukan beberapa data antara lain:

1. Data biaya produksi
   a. Menghitung biaya material yang digunakan (semen, pasir, air, *fly ash*, dan abu batu),
   b. Menghitung biaya upah tenaga kerja (tukang),
   c. Menghitung biaya konsumsi
   d. Menghitung biaya alat,
   e. Menghitung biaya perawatan alat,
   f. Menghitung biaya bangunan,
   g. Menghitung biaya thr,
   h. Menghitung biaya pengeluaran harian.
2. Produktivitas tenaga kerja (tukang)
3. Data harga *paving block* dipasar

4.5.2 Penentuan harga pokok produksi

Dalam perhitungan harga pokok produksi *paving block* menggunakan metode *costing*. Data yang diperlukan dalam perhitungan didapatkan menggunakan beberapa metode berikut.

1. Studi pustaka

   Mencari literatur untuk mendapatkan data yang mendukung penelitian mengenai analisis harga pokok produksi *paving block*.
2. Wawancara

   Mencari narasumber yang kompeten dan berpengalaman dalam hal produksi *paving block* untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Wawancara dilakukan dengan narasumbernya salah satu pekerja Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia (PIMVM UII).
3. Survei

   Dilakukan survei untuk mendapatkan harga *paving block* dipasaran guna membandingkan dengan *paving block* pada penelitian ini. Survei harga

dilakukan pada beberapa perusahaan produsen *paving blok* yang ada di wilayah Kabupaten Sleman-Klaten.

4.6 Hasil Pemeriksaan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji *paving block* berupa bahan utama yaitu pasir, semen, dan air, serta bahan tambah semen berupa *fly ash* dan abu batu sebagai substitusi agregat halus. Pemeriksaan agregat halus yang dilakukan berupa pengujian modulus halus butir agregat, pengujian berat volume padat dan gembur, dan pengujian kadar lumpur. Pemeriksaan abu batu dilakukan pengujian modulus halus butir agregat dan berat volume padat dan gembur.

4.6.1 Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir yang digunakan merupakan pasir dari Gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan 4,75 mm. Berikut merupakan hasil pemeriksaan agregat halus

1. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat

   Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-1968-1990. Hasil pengujian ini didapatkan gradasi pasir pada daerah tertentu. Hasil pengujian modulus halus butir agregat dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Modulus Halus Butir Agregat (Pasir)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif (%)		Persen Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Rata-rata
	1	2	1	2	1	2	1	2	
9,6	0	0	0	0	0	0	100	100	100
4,8	161	142	8,07	7,12	8,07	7,12	91,93	92,88	92,41
2,4	146	141	7,32	7,07	15,39	14,19	84,61	85,81	85,21
1,2	242	243	12,13	12,18	27,52	26,37	72,48	73,63	73,06
0,6	386	391	19,35	19,60	46,87	45,96	53,13	54,04	53,58
0,3	366	369	18,35	18,50	65,21	64,46	34,79	35,54	35,16
0,15	321	328	16,09	16,44	81,30	80,90	18,70	19,10	18,90
Sisa	373	381	18,70	19,10	100	100	0	0	0
Jumlah	1995	1995	100	100	244,36	239,00			

a. Analisis Perhitungan

1) Berat tertinggal sampel 1 (gram) didapat dari pengujian

2) Berat tertinggal sampel 1 (%) $= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$

Lubang ayakan 9,6 mm $= \frac{0}{1995} \times 100\% = 0{,}00\%$

Lubang ayakan 4,8 mm $= \frac{161}{1995} \times 100\% = 8{,}07\%$

Lubang ayakan 2,4 mm $= \frac{146}{1995} \times 100\% = 7{,}32\%$

Lubang ayakan 1,2 mm $= \frac{242}{1995} \times 100\% = 12{,}13\%$

Lubang ayakan 0,6 mm $= \frac{386}{1995} \times 100\% = 19{,}35\%$

Lubang ayakan 0,3 mm $= \frac{366}{1995} \times 100\% = 18{,}35\%$

Lubang ayakan 0,15 mm $= \frac{321}{1995} \times 100\% = 16{,}09\%$

Sisa $= \frac{373}{1995} \times 100\% = 18{,}70\%$

3) Berat tertinggal komulatif sampel 1 (%)

Lubang ayakan 9,6 mm	= 0,00	
Lubang ayakan 4,8 mm	= 0.00 + 8,07	= 8,07%
Lubang ayakan 2,4 mm	= 8,07 + 7,32	= 15,39%
Lubang ayakan 1,2 mm	= 15,39 + 12,13	= 27,52%
Lubang ayakan 0,6 mm	= 27,52 + 19,35	= 46,87%
Lubang ayakan 0,3 mm	= 46,87 + 18,35	= 65,21%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 65,21 + 16,09	= 81,30%

4) Berat lolos komulatif sampel 1 (%)

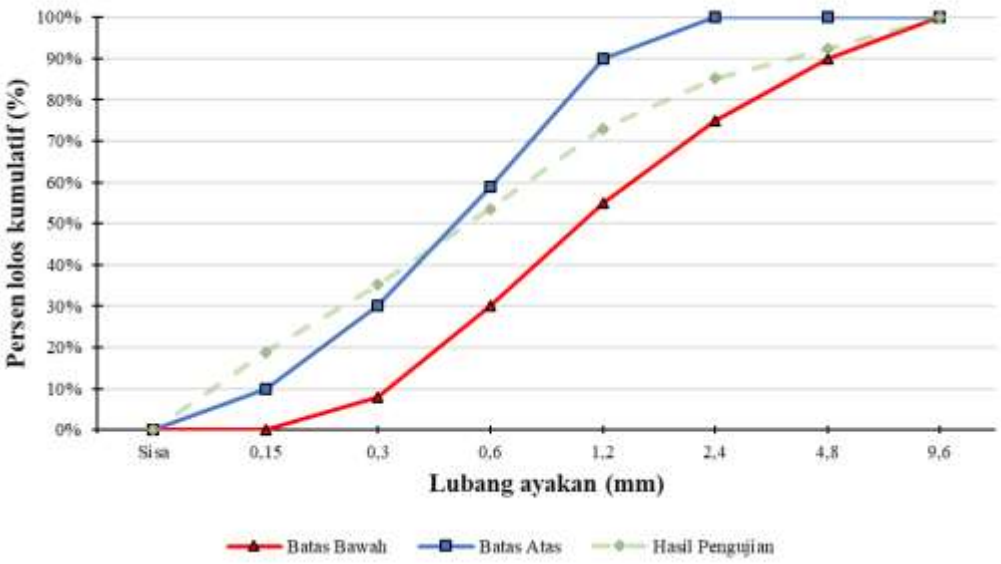
Lubang ayakan 9,6 mm	= 100 – 0,00	= 100%
Lubang ayakan 4,8 mm	= 100 - 8,07	= 91,93%
Lubang ayakan 2,4 mm	= 100 – 15,39	= 84,61%
Lubang ayakan 1,2 mm	= 100 – 27,52	= 72,48%
Lubang ayakan 0,6 mm	= 100 – 46,87	= 53,13%
Lubang ayakan 0,3 mm	= 100 – 65,21	= 34,79%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 100 – 81,30	= 18,70%

5) Modulus halus butir agregat (pasir) rata rata

$$\frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{200} = \frac{244{,}36+239{,}00}{200}$$

$$= 2{,}4168$$

b. Menurut Tjokrodimuljo (2007), hasil pengujian modulus halus butir agregat halus memiliki rentang nilai 1,5 – 3,8. Hasil pengujian analisa saringan/modulus halus butir agregat didapatkan hasil 2,4168. Dari hasil pengujian MHB ditetapkan agregat (pasir) berada pada gradasi daerah II yang didapatkan dari batas minimum yang disyaratkan. Agregat yang digunakan pada penelitian ini memiliki karakteristik pasir agak kasar. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan daerah gradasi agregat halus pasir dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Grafik Gradasi Pasir Daerah II

2. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian ini menggunakan metode yang sesuai dengan SNI 03-4840-1998 yang memiliki tujuan untuk mengetahui berat isi volume dari agregat halus dan mendapatkan nilai berat volume padat ataupun berat volume gembur. Berikut hasil pengujian berat volume padat dan volume gembur pasir dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat Tabung (W1), gram	9589	9589
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	17904	18083
Berat Agregat (W3), gram	8315	8494
Volume Tabung (V), cm^3	5456,654	5456,654
Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,524	1,557
Rata-rata Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,540	

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat Tabung (W1), gram	9589	9589
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	16202	16335
Berat Agregat (W3), gram	6613	6766
Volume Tabung (V), cm^3	5456,654	5456,654
Berat Volume Gembur, $gram/cm^3$	1,212	1,240
Rata-rata Berat Volume Gembur, $gram/cm^3$	1,226	

a. Analisis Perhitungan

1) Berat volume padat agreat halus, sampel 1

Berat pasir W3 $= W2 - W1$

$= 17904 - 9589$

$= 8315$ gram

Volume tabung V $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15{,}30^2 \times 30{,}35$

$= 5456{,}654\ cm^3$

Berat volume padat $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{8315}{5456{,}654}$

= 1,524 gram/cm^3

Berat volume padat rata rata = 1,540 gram/cm^3

2) Berat volume gembur agregat halus, sampel 1

Berat pasir W3 = W2 - W1

= 16202 – 9589

= 6613 gram

Volume tabung V = $\frac{1}{4}$ x π x D^2 x t

= $\frac{1}{4}$ x π x $15,30^2$ x 30,35

= 5456,654 cm^3

Berat volume gembur = $\frac{W3}{V}$

= $\frac{6613}{5456,654}$

= 1,212 gram/cm^3

Berat volume gembur rata rata = 1,226 gram/cm^3

b. Pembahasan

Pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus dilakukan dengan mengambil 2 sampel untuk menjadi pembanding dan hasil yang diambil pada kedua sampel uji. Didapat nilai berat volume padat agregat halus sampel 1 yaitu 1,524 gram/cm^3 dan pada sampel 2 sebesar 1,557 gram/cm^3 dengan rata-rata 1,540 gram/cm^3. Nilai berat volume gembur agregat halus pada sampel 1 yaitu 1,212 gram/cm^3 dan sampel 2 sebesar 1,240 gram/cm^3 dengan rata-rata 1,226 gram/cm^3. Hasil antara kedua pengujian tersebut menunjukkan hasil yang signifikan dimana berat volume padat lebih besar dibanding dengan volume gembur karena pada uji berat volume padat agregat halus ditumbuk agar agregat halus dapat mengurangi pori-pori udara.

3. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan persentase kandungan lumpur yang berada pada pasir sebagai syarat pada SNI 03-4142-1996 untuk pembuatan benda uji. Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci (W2), gram	476	477
Berat yang Lolos Ayakan No.200, %	4,8	4,6
Rata-Rata Berat Lolos Ayakan No.200, %	4,7	

a. Analisis Perhitungan

Berat yang lolos ayakan No.200 Sampel 1 $= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$

$= \frac{500-476}{500}$

$= 4{,}8\%$

Rata-rata berat lolos ayakan No.200 $= 4{,}7\%$

b. Pembahasan

Pengujian kadar lumpur dilakukan dengan mengambil 2 sampel. Hasil kadar lumpur pada sampel 1 didapatkan 4,8% dan sampel 2 didapatkan 4,6% dengan rata-rata persentase kadar lumpur didapatkan 4,7%. Hasil tersebut dapat dikatakan sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan SK SNI 04-1989-F dengan kadar lumpur pada pasir maksimal 5%.

4.6.2 Pengujian Abu Batu

Abu batu dihasilkan dari industri *stone crusher* atau industri pemecah batu yang berupa butiran menyerupai agregat halus. Pada penelitian ini penggunaan abu batu sebagai substitusi pasir dengan kriteria lolos saringan 4,75 mm. Berikut merupakan pengujian abu batu.

1. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat

   Hasil pengujian modulus halus butir agregat abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Modulus Halus Butir Abu Batu

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif (%)		Persen Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Rata-rata
	1	2	1	2	1	2	1	2	
9,6	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
4,8	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
2,4	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
1,2	46	52	2,30	2,60	2,30	2,60	97,70	97,40	97,55
0,6	232	271	11,59	13,56	13,89	16,16	86,11	83,84	84,98
0,3	721	697	36,01	34,87	49,90	51,03	50,10	48,97	49,54
0,15	698	645	34,87	32,27	84,77	83,29	15,23	16,71	15,97
Sisa	305	334	15,23	16,71	100	100	0,00	0,00	0,00
Jumlah	2002	1999	100	100	150,85	153,08			

a. Analisis Perhitungan

1) Berat tertinggal sampel 1 (gram) didapat dari pengujian

2) Berat tertinggal sampel 1 (%) $= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat tertinggal}} \times 100\%$

Lubang ayakan 9,6 mm $= \frac{0}{2002} \times 100\% = 0{,}00\%$

Lubang ayakan 4,8 mm $= \frac{0}{2002} \times 100\% = 0{,}00\%$

Lubang ayakan 2,4 mm $= \frac{0}{2002} \times 100\% = 0{,}00\%$

Lubang ayakan 1,2 mm $= \frac{46}{2002} \times 100\% = 2{,}30\%$

Lubang ayakan 0,6 mm $= \frac{232}{2002} \times 100\% = 11{,}59\%$

Lubang ayakan 0,3 mm $= \frac{721}{2002} \times 100\% = 36{,}01\%$

Lubang ayakan 0,15 mm $= \frac{698}{2002} \times 100\% = 34{,}87\%$

Sisa $= \frac{305}{2002} \times 100\% = 15{,}23\%$

3) Berat tertinggal komulatif sampel 1 (%)

Lubang ayakan 9,6 mm = 0,00%

Lubang ayakan 4,8 mm = 0.00 + 0,00 = 0,00%

Lubang ayakan 2,4 mm = 0,00 + 0,00 = 0,00%

Lubang ayakan 1,2 mm	= 0,00 + 2,30	= 2,30%
Lubang ayakan 0,6 mm	= 2,30 + 11,59	= 13,89%
Lubang ayakan 0,3 mm	= 13,89 + 36,01	= 49,90%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 49,90 + 34,87	= 84,77%

4) Berat lolos komulatif sampel 1 (%)

Lubang ayakan 9,6 mm	= 100 – 0,00	= 100%
Lubang ayakan 4,8 mm	= 100 – 0,00	= 100%
Lubang ayakan 2,4 mm	= 100 – 0,00	= 100%
Lubang ayakan 1,2 mm	= 100 – 2,30	= 97,70%
Lubang ayakan 0,6 mm	= 100 – 13,89	= 86,11%
Lubang ayakan 0,3 mm	= 100 – 49,90	= 50,10%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 100 – 87,77	= 15,23%

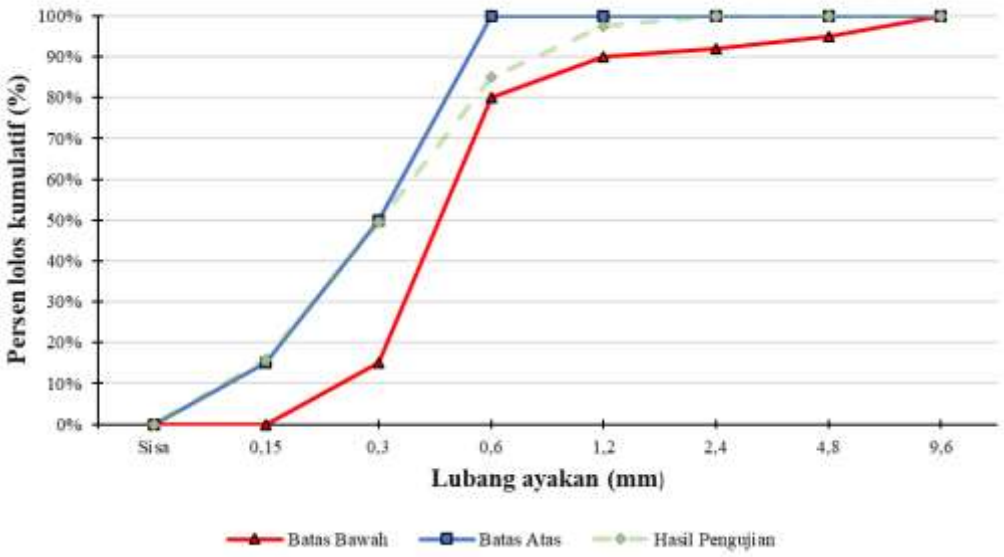
5) Modulus halus butir agregat (pasir) rata rata

$$\frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{200} = \frac{150{,}85 + 153{,}08}{200}$$

$$= 1{,}520$$

b. Pembahasan

Hasil pengujian modulus halus butir agregat berupa abu batu didapatkan nilai MHB pada sampel 1 sebesar 1,508 dan sampel 2 sebesar 1,531, rata rata nilai MHB sebesar 1,520. Abu batu termasuk dalam golongan agregat halus karena syarat MHB agregat halus bernilai 1,5-3,8 dan memenuhi syarat gradasi daerah IV. Berikut gambar grafik modulus halus butir abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Gradasi Daerah IV Abu Batu

2. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

   Abu batu yang digunakan pada pengujian ini yaitu lolos saringan 4,75 mm. Berikut hasil pengujian berat volume padat dan gembur abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11048	11048
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	18311	18276
Berat Agregat (W3), gram	7263	7228
Volume Tabung (V), cm^3	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,370	1,363
Rata-rata Berat Volume Padat, $gram/cm^3$	1,367	

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Abu Batu

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11046	11048
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	17310	17368
Berat Agregat (W3), gram	6264	6320
Volume Tabung (V), cm^3	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur, $gram/cm^3$	1,182	1,192
Rata-rata Berat Volume Gembur, $gram/cm^3$	1,187	

a. Analisis Perhitungan

1) Berat volume padat agreat halus, sampel 1

Berat pasir W3 = W2 - W1

= 18311 – 11048

= 7263 gram

Volume tabung V $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15{,}00^2 \times 30{,}00$

$= 5301{,}438\ cm^3$

Berat volume padat $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{7263}{5301{,}438}$

$= 1{,}370\ gram/cm^3$

Berat volume padat rata rata $= 1{,}367\ gram/cm^3$

2) Berat volume gembur agregat halus, sampel 1

Berat pasir W3 = W2 - W1

= 17310 – 11046

= 6264 gram

Volume tabung V $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15{,}00^2 \times 30{,}00$

$= 5301{,}438\ cm^3$

Berat volume gembur $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{6264}{5301,438}$

$= 1,182 \text{ gram/cm}^3$

Berat volume gembur rata rata $= 1,187 \text{ gram/cm}^3$

b. Pembahasan

Hasil pengujian berat volume padat dan gembur abu batu didapatkan rata rata berat volume padat sebesar 1,367 gram/cm^3 dan berat volume gembur sebesar 1,187 gram/cm^3

4.6.3 Pemeriksaan Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen merk Tiga Roda. Pemeriksaan semen dilaksanakan dengan melihat secara visual dengan menunjukkan hasil semen dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan. Terbukti semen yang akan digunakan tidak ada gumpalan, halus, tidak digunakan sebelumnya, dan tidak tercampur dengan air.

4.6.4 Pemeriksaan Air

Air diperiksa dengan memastikan secara visual bahwa air dalam kondisi baik. Hasil pemeriksaan ini menunjukkan bahwa air yang digunakan dalam kondisi layak untuk pembuatan *paving block* karena air tidak tercampur dengan lumpur atau kotoran lainnya.

4.6.5 Pemeriksaan *Fly Ash*

Fly ash yang digunakan pada penelitian ini merupakan *fly ash* tipe C yang didapatkan dari limbah hasil pembakaran batu bara pada PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Hasil pemeriksaan *fly ash* menunjukkan bahwa *fly ash* layak untuk digunakan sebagai substitusi semen dalam pembuatan benda uji karena memiliki sifat fisik tidak menggumpal, dan tidak tercampur dengan air.

4.7 Perhitungan Campuran

Setelah memastikan bahwa bahan-bahan layak dan dalam kondisi baik untuk pembuatan *paving block* maka dilajutkan pada tahap pencampuran yang bermaksud untuk menghitung kebutuhan campuran untuk membuat *paving block.* Bahan yang akan dicampurkan antara lain yaitu bahan pokok *paving block* seperti pasir, semen, dan air. Selain bahan pokok terdapat bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai bahan substitusi pasir. Komposisi campuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu perbandingan 1 semen : 6 Pasir. *Fly ash* pada penelitian ini digunakan sebagai bahan tambah semen dengan komposisi 10% dari berat semen, sedangkan abu batu digunakan sebagai bahan substitusi pasir dengan komposisi sebesar 0%, 10%, 20%, 25% dan 30% dari berat pasir. Berikut merupakan analisis perhitungan kebutuhan campuran *paving block.*

Volume *paving block* = 20 x 10 x 6

= 1200 cm^3

Berat volume pasir = 1,5402 $gram/cm^3$

Faktor pemadatan mesin = 1,3

Kebutuhan pasir 1 *paving block* = $\frac{6}{7}$ x V *Paving block* x B.V pasir x 1,3

= $\frac{6}{7}$ x 1200 x 1,5402 x 1,3

= 2059,507 gram

Kebutuhan pasir 24 *paving block* = 24 x kebutuhan pasir 1 *paving block*

= 24 x 2059,507

= 49428,166 gram

Kebutuhan semen 1 *paving block* = $\frac{\text{Kebutuhan pasir}}{6}$

= $\frac{2059,507}{6}$

= 343,251 gram

Kebutuhan semen 24 *paving block* = 24 x kebutuhan semen 1 *paving block*

= 24 x 343,251

= 8238,028 gram

Kebutuhan abu batu

1. Variasi I (0%) = 0% x 2059,507
   = 0 gram
2. Variasi II (10%) = 10% x 2059,507
   = 205,951 gram
3. Variasi III (20%) = 20% x 2059,507
   = 411,901 gram
4. Variasi IV (25%) = 25% x 2059,507
   = 514,877 gram
5. Variasi V (30%) = 30% x 2059,507
   = 617,852 gram

Kebutuhan *fly ash* (10%) = 10% x kebutuhan semen 1 *paving block*
= 10% x 343,251
= 34,325 gram

Kebutuhan pasir setiap variasi

1. Variasi Normal = Kebutuhan pasir
   = 49428,166 gram
2. Variasi I = Kebutuhan pasir – kebutuhan abu batu
   = 49428,166 – (24 x 0)
   = 49428,166 gram
3. Variasi II = Kebutuhan pasir – kebutuhan abu batu
   = 49428,166 – (24 x 205,951)
   = 44485,350 gram
4. Variasi III = Kebutuhan pasir – kebutuhan abu batu
   = 49428,166 – (24 x 411,901)
   = 39542,533 gram
5. Variasi IV = Kebutuhan pasir – kebutuhan abu batu
   = 49428,166 – (24 x 514,877)
   = 37071,125 gram

6. Variasi V = Kebutuhan pasir – kebutuhan abu batu
= 49428,166 – (24 x 617,852)
= 34599,716 gram

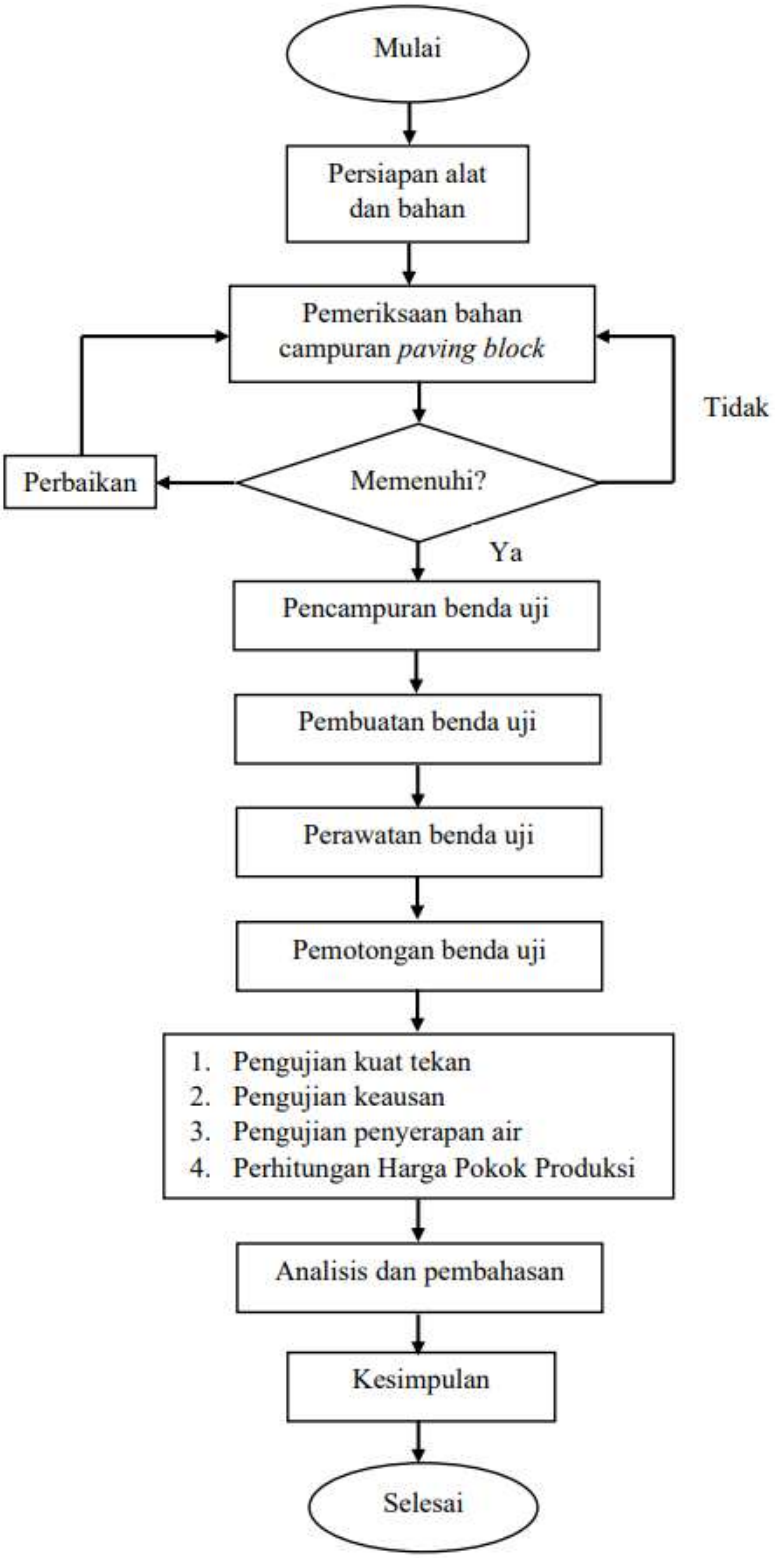
Berikut rekapitulasi perhitungan kebutuhan campuran *paving block* dalam satuan kg dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran

Variasi (%)	Pasir (kg)	Semen (Kg)	Abu Batu (kg)	*Fly Ash* 10% (kg)	Jumlah Sampel (buah)
Normal	49,428	8,238	0	0	24
0%	49,428	8,238	0	0,824	24
10%	44,485	8,238	4,943	0,824	24
20%	39,543	8,238	9,886	0,824	24
25%	37,071	8,238	12,357	0,824	24
30%	34,600	8,238	14,828	0,824	24
Total	254,555	49,428	42,014	4,119	144

4.8 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara yang sistematis agar mendapatkan hasil yang baik dan maksimal. Adapun bagan alir dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Diagram Alir Penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Bab ini berisi hasil dan pembahasan mengenai proses pemeriksaan bahan, proses pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji. Benda uji yang dimaksud pada penelitian ini yaitu *paving block*. Bahan yang digunakan pada pembuatan *paving block* antara lain yaitu pasir, semen, air, abu batu, dan *fly ash*. Pengujian benda uji *paving block* meliputi pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air.

5.2 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilaksanakan pada saat *paving block* berumur 28 hari setelah pencetakan. Paratemeter pengujian yang digunakan mengacu pada SNI 03-0691-1996 mengenai *paving block* yaitu pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Sebelum dilaksanakan pengujian dilakukan pengecekan terhadap dimensi *paving block* yang harus sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mengenai tebal minimum *paving block* yaitu 60 mm dengan toleransi ±8%.

5.2.1 Pengujian Kuat Tekan

Sebelum pengujian kuat tekan benda uji *paving block* dipotong dengan dimensi 6 cm x 6 cm x 6 cm. Benda uji *paving block* yang digunakan pada pengujian kuat tekan yaitu 10 buah setiap variasi. Berikut merupakan contoh analisis perhitungan pengujian kuat tekan digunakan hasil pengujian variasi II dengan kadar *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen, dan abu batu 10% sebagai bahan tambah pasir dengan kode sampel B1.

Panjang	(p)	= 63,80 mm
Lebar	(l)	= 60,65 mm
Tinggi	(t)	= 57,55 mm
Luas	(L)	= p x l

= 63,80 x 60,65

= 3869,47 mm^2

Beban maksimal (p) = 7575 Kgf

= 7575 x 9,81

=74310,8 N

Kuat tekan (σ) = $\frac{P}{A}$

= $\frac{74310,8}{3869,47}$

= 19,204 N/mm^2

= 19,204 MPa

Toleransi tinggi *paving block* ±8%.

Batas minimum tinggi = 60 – (8% x 60)

= 55,2 mm

Batas maksimum tinggi = 60 + (8% x 60)

= 64,8 mm

Maka, tinggi *paving block* variasi II dengan kode sampel B1 memenuhi persyaratan karena tinggi tidak melewati batas minimum maupun maksimum yang disyaratkan oleh SNI 03-0691-1996, yaitu 55,2 mm < 57,55 mm < 64,8 mm.

Setelah nilai kuat tekan *paving block* pada variasi II sudah diketahui semua, maka dilanjutkan dengan perhitungan kuat tekan rata-rata pada variasi II. Berikut perhitungan kuat tekan rata-rata *paving block* variasi II.

Kuat tekan rata rata ($f'c_m$) = $\frac{\Sigma \sigma}{\text{Jumlah Benda Uji}}$

($f'c_m$) = $\frac{19,204+26,061+25,911+26,602+24,014+21,307+21,316+26,720+25,692+28,505}{10}$

= 24,533 MPa

Pemeriksaan tinggi *paving block* dihitung seperti pada contoh analisis perhitungan diatas, maka didapatkan hasil tabel rekapitulasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.6.

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Toleransi Tinggi ±8% (mm)	Tebal Paving Block (mm)	Keterangan
N1	55,2-64,8	60,85	OK
N2	55,2-64,8	61,35	OK
N3	55,2-64,8	61,85	OK
N4	55,2-64,8	59,85	OK
N5	55,2-64,8	61,40	OK
N6	55,2-64,8	60,50	OK
N7	55,2-64,8	60,20	OK
N8	55,2-64,8	60,95	OK
N9	55,2-64,8	61,30	OK
N10	55,2-64,8	59,30	OK

Sumber : SNI 03-0691-1996

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Toleransi Tinggi ±8% (mm)	Tebal Paving Block (mm)	Keterangan
A1	55,2-64,8	58,75	OK
A2	55,2-64,8	60,85	OK
A3	55,2-64,8	58,50	OK
A4	55,2-64,8	61,70	OK
A5	55,2-64,8	59,15	OK
A6	55,2-64,8	61,35	OK
A7	55,2-64,8	59,10	OK
A8	55,2-64,8	61,50	OK
A9	55,2-64,8	60,55	OK
A10	55,2-64,8	61,75	OK

Sumber : SNI 03-0691-1996

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB)

Kode Sampel	Toleransi Tinggi ±8% (mm)	Tebal Paving Block (mm)	Keterangan
B1	55,2-64,8	57,55	OK
B2	55,2-64,8	62,55	OK
B3	55,2-64,8	61,20	OK
B4	55,2-64,8	59,60	OK
B5	55,2-64,8	57,40	OK
B6	55,2-64,8	60,40	OK
B7	55,2-64,8	60,50	OK
B8	55,2-64,8	59,40	OK
B9	55,2-64,8	59,50	OK
B10	55,2-64,8	59,80	OK

Sumber : SNI 03-0691-1996

Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi III (10%FA, 20%AB)

Kode Sampel	Toleransi Tinggi ±8% (mm)	Tebal Paving Block (mm)	Keterangan
C1	55,2-64,8	59,70	OK
C2	55,2-64,8	61,50	OK
C3	55,2-64,8	60,40	OK
C4	55,2-64,8	59,60	OK
C5	55,2-64,8	60,50	OK
C6	55,2-64,8	60,30	OK
C7	55,2-64,8	60,40	OK
C8	55,2-64,8	60,40	OK
C9	55,2-64,8	59,10	OK
C10	55,2-64,8	60,30	OK

Sumber : SNI 03-0691-1996

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB)

Kode Sampel	Toleransi Tinggi ±8% (mm)	Tebal Paving Block (mm)	Keterangan
D1	55,2-64,8	58,20	OK
D2	55,2-64,8	59,10	OK
D3	55,2-64,8	59,40	OK
D4	55,2-64,8	60,30	OK
D5	55,2-64,8	59,70	OK
D6	55,2-64,8	57,60	OK
D7	55,2-64,8	56,70	OK
D8	55,2-64,8	57,10	OK
D9	55,2-64,8	59,60	OK
D10	55,2-64,8	57,50	OK

Sumber : SNI 03-0691-1996

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Tinggi *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB)

Kode Sampel	Toleransi Tinggi ±8% (mm)	Tebal Paving Block (mm)	Keterangan
E1	55,2-64,8	59,70	OK
E2	55,2-64,8	59,90	OK
E3	55,2-64,8	59,60	OK
E4	55,2-64,8	60,10	OK
E5	55,2-64,8	58,60	OK
E6	55,2-64,8	59,70	OK
E7	55,2-64,8	59,20	OK
E8	55,2-64,8	57,70	OK
E9	55,2-64,8	60,30	OK
E10	55,2-64,8	60,50	OK

Sumber : SNI 03-0691-1996

Hasil pengujian kuat tekan semua *paving block* dihitung sama seperti dengan contoh analisis perhitungan diatas. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan untuk semua variasi dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai dengan Tabel 5.12.

Tabel 5.7 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm^2	MPa
N1	61,250	60,750	60,850	0,422	3720,938	6450	63274,500	17,005	17,005
N2	61,800	62,850	61,350	0,477	3884,130	6575	64500,750	16,606	16,606
N3	61,300	62,050	61,850	0,463	3803,665	5925	58124,250	15,281	15,281
N4	60,150	61,400	59,850	0,412	3693,210	5800	56898,000	15,406	15,406
N5	63,300	62,000	61,400	0,464	3924,600	7975	78234,750	19,934	19,934
N6	63,950	60,250	60,500	0,422	3852,988	6250	61312,500	15,913	15,913
N7	62,800	62,050	60,200	0,455	3896,740	6675	65481,750	16,804	16,804
N8	63,300	62,000	60,950	0,481	3924,600	8200	80442,000	20,497	20,497
N9	61,700	62,350	61,300	0,433	3846,995	6775	66462,750	17,277	17,277
N10	61,600	62,250	59,300	0,430	3834,600	6650	65236,500	17,013	17,013
Kuat Tekan Rata Rata									17,174

Tabel 5.8 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm^2	MPa
A1	61,350	61,600	58,750	0,475	3779,160	8775	86082,750	22,778	22,778
A2	64,350	62,800	60,850	0,491	4041,180	7650	75046,500	18,570	18,570
A3	63,400	62,400	58,500	0,485	3956,160	8700	85347,000	21,573	21,573
A4	62,300	61,100	61,700	0,454	3806,530	8425	82649,250	21,712	21,712
A5	63,750	62,050	59,150	0,444	3955,688	8725	85592,250	21,638	21,638
A6	63,200	62,050	61,350	0,471	3921,560	8525	83630,250	21,326	21,326
A7	64,050	62,100	59,100	0,490	3977,505	10825	106193,250	26,698	26,698
A8	61,300	64,200	61,500	0,470	3935,460	9500	93195,000	23,681	23,681
A9	62,700	61,750	60,550	0,479	3871,725	7575	74310,750	19,193	19,193
A10	62,100	62,050	61,750	0,476	3853,305	7750	76027,500	19,730	19,730
Kuat Tekan Rata Rata									21,690

Tabel 5.9 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm^2	MPa
B1	63,800	60,650	57,550	0,454	3869,470	7575	74310,750	19,204	19,204
B2	64,100	59,900	62,550	0,494	3839,590	10200	100062,000	26,061	26,061
B3	63,100	63,150	61,200	0,512	3984,765	10525	103250,250	25,911	25,911
B4	63,300	63,500	59,600	0,504	4019,550	10900	106929,000	26,602	26,602
B5	63,200	62,700	57,400	0,474	3962,640	9700	95157,000	24,014	24,014
B6	64,300	64,800	60,400	0,534	4166,640	9050	88780,500	21,307	21,307
B7	62,500	64,800	60,500	0,518	4050,000	8800	86328,000	21,316	21,316
B8	62,800	64,600	59,400	0,505	4056,880	11050	108400,500	26,720	26,720
B9	64,100	62,100	59,500	0,495	3980,610	10425	102269,250	25,692	25,692
B10	64,700	62,500	59,800	0,508	4043,750	11750	115267,500	28,505	28,505
Kuat Tekan Rata Rata									24,533

Tabel 5.10 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi III (10%FA, 20%AB)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm^2	MPa
C1	63,600	63,700	59,700	0,475	4051,320	7250	71122,500	17,555	17,555
C2	64,100	62,100	61,500	0,466	3980,610	5250	51502,500	12,938	12,938
C3	63,400	61,300	60,400	0,488	3886,420	6200	60822,000	15,650	15,650
C4	60,400	60,900	59,600	0,407	3678,360	5100	50031,000	13,601	13,601
C5	62,100	62,500	60,500	0,477	3881,250	5575	54690,750	14,091	14,091
C6	63,800	61,600	60,300	0,477	3930,080	6675	65481,750	16,662	16,662
C7	63,600	61,800	60,400	0,422	3930,480	5250	51502,500	13,103	13,103
C8	63,600	61,200	60,400	0,444	3892,320	6025	59105,250	15,185	15,185
C9	62,300	62,100	59,100	0,461	3868,830	7175	70386,750	18,193	18,193
C10	62,700	60,300	60,300	0,446	3780,810	6475	63519,750	16,801	16,801
Kuat Tekan Rata Rata									15,378

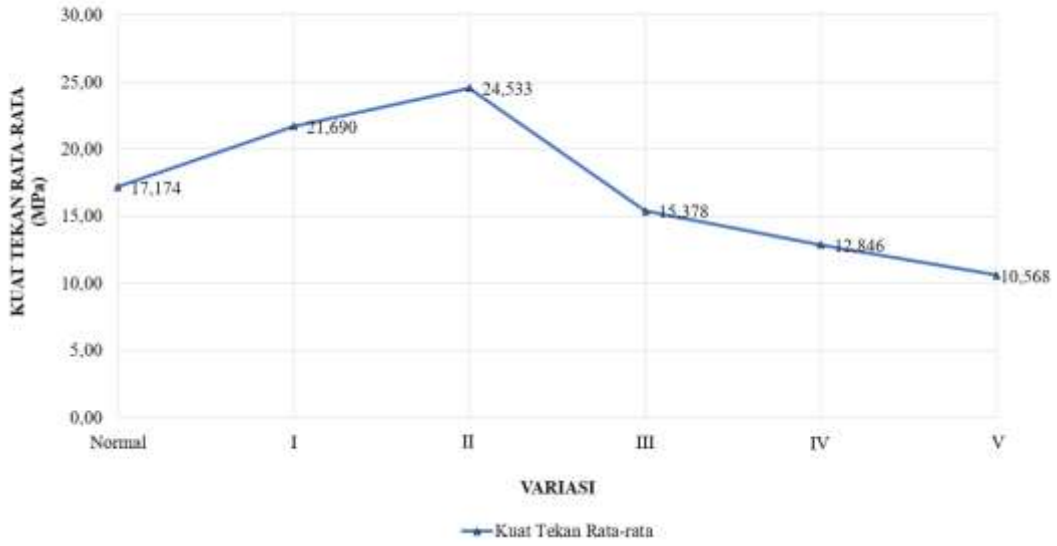
Tabel 5.11 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm^2	MPa
D1	64,500	63,300	58,200	0,482	4082,850	6175	60576,750	14,837	14,837
D2	63,400	61,600	59,100	0,480	3905,440	6575	64500,750	16,516	16,516
D3	63,800	60,800	59,400	0,441	3879,040	4300	42183,000	10,875	10,875
D4	62,900	62,600	60,300	0,474	3937,540	4525	44390,250	11,274	11,274
D5	63,400	62,200	59,700	0,480	3943,480	4075	39975,750	10,137	10,137
D6	61,800	61,900	57,600	0,448	3825,420	5100	50031,000	13,079	13,079
D7	62,500	61,300	56,700	0,437	3831,250	5625	55181,250	14,403	14,403
D8	62,200	63,300	57,100	0,460	3937,260	5350	52483,500	13,330	13,330
D9	63,400	64,200	59,600	0,486	4070,280	5300	51993,000	12,774	12,774
D10	63,200	63,200	57,500	0,483	3994,240	4575	44880,750	11,236	11,236
Kuat Tekan Rata Rata									12,846

Tabel 5.12 Hasil Kuat Tekan *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm^2	MPa
E1	62,600	61,600	59,700	0,407	3856,160	4000	39240,000	10,176	10,176
E2	63,500	63,500	59,900	0,451	4032,250	3650	35806,500	8,880	8,880
E3	63,100	63,400	59,600	0,422	4000,540	4050	39730,500	9,931	9,931
E4	62,400	61,800	60,100	0,425	3856,320	5450	53464,500	13,864	13,864
E5	63,700	62,800	58,600	0,436	4000,360	4325	42428,250	10,606	10,606
E6	63,700	62,300	59,700	0,414	3968,510	4250	41692,500	10,506	10,506
E7	63,300	61,900	59,200	0,423	3918,270	4300	42183,000	10,766	10,766
E8	62,300	64,400	57,700	0,420	4012,120	4800	47088,000	11,736	11,736
E9	61,450	62,800	60,300	0,425	3859,060	4175	40956,750	10,613	10,613
E10	63,800	62,600	60,500	0,423	3993,880	3500	34335,000	8,597	8,597
Kuat Tekan Rata Rata									10,568

Setelah mengetahui hasil pengujian kuat tekan rata -rata *paving block* dari seluruh variasi, maka dilanjutkan dengan membuat grafik hasil rata-rata kuat tekan *paving block* yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block*

Berdasarkan perhitungan dan mengamati grafik rata-rata hasil pengujian kuat tekan *paving block* dengan *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai bahan substitusi pasir, maka didapat klasifikasi mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Klasifikasi Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

Variasi	Fly Ash (%)	Abu Batu (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Standar SNI 03-0691-1996		Fungsi Paving Block
					Mutu	Kuat Tekan Minimum (MPa)	
Normal	0	0	17,174	15,281	C	12,50	Pejalan kaki
I	10	0	21,690	18,570	B	17,00	Peralatan parkir
II	10	10	24,533	19,204	B	17,00	Peralatan parkir
III	10	20	15,378	12,938	C	12,50	Pejalan kaki
IV	10	25	12,846	10,137	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain
V	10	30	10,568	8,597	D	8,50	Taman dan Penggunaan Lain

Sumber : SNI 03-0691-19

Hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada variasi normal atau tanpa penambahan bahan *fly ash* maupun abu batu sebesar 17,174 MPa yang dapat diklasifikasikan kedalam mutu C menurut SNI 03-0691-1996 mengenai syarat mutu *paving block*. Pada benda uji *paving block* variasi I dengan bahan tambah semen berupa *fly ash* sebesar 10% dan tanpa penambahan abu batu didapatkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata sebesar 21,690 MPa yang memenuhi persyaratan mutu B. Nilai kuat tekan masih mengalami kenaikan pada benda uji *paving block* variasi II yaitu dengan komposisi 10% bahan tambah semen dan 10% bahan substitusi pasir dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,533 MPa sehingga memenuhi syarat mutu B. Nilai kuat tekan mulai mengalami penurunan pada variasi III hingga variasi IV.

Adanya kenaikan nilai kuat tekan *paving block* pada variasi I sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pratama, (2019) dengan hasil nilai kuat tekan *paving block* dengan 10% *fly ash* sebegai bahan tambah semen mengalami kenaikan dan menjadi nilai optimum pada penelitian tersebut. Penelitian ini sejalan karena memiliki persamaan pada variasi bahan tambah semen berupa 10% *fly ash* mengalami kenaikan nilai kuat tekannya. Hal tersebut membuktikan bahwa pengunaan *fly ash* pada kadar tertentu yang dalam penelitian ini digunakan kadar 10% dapat meningkatkan nilai kuat tekan karena *fly ash* yang memiliki sifat yang sama seperti sifat semen yaitu menjadi pengikat antar campuran beton *paving block*.

Hasil penelitian yang dilakukan Syarah, (2022) menyebutkan bahwa nilai optimum kuat tekan *paving block* didapatkan sebesar 22,4 MPa pada variasi substitusi 20% abu batu terhadap pasir dan tanpa penggunaan bahan tambah *fly ash*. Pada penelitian kali ini peningkatan terjadi pada benda uji *paving block* variasi II dengan substitusi pasir sebesar 10% abu batu dan bahan tambah semen sebesar 10% *fly ash* yang mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 24,533 MPa, hasil tersebut sejalan dengan penelitian lainnya seperti yang dilakukan oleh Shaffwan, (2021) yang memperoleh hasil optimum kuat tekan pada variasi campuran *fly ash* dan abu batu yaitu 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 12,30 MPa.

Sesuai dengan penelitian yang dilaksanakan bahwa penambahan *fly ash* pada semen dan substitusi abu batu pada pasir dapat meningkatkan nilai kuat tekan.

Terbukti dengan hasil nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi II dengan kadar bahan tambah 10% *fly ash* dan substitusi 10% abu batu diperoleh rata-rata kuat tekan 24,533 MPa. Pada penelitian ini peningkatan nilai kuat tekan terhenti pada variasi II dengan substitusi abu batu terhadap pasir sebesar 10% dan mulai mengalami penurunan nilai kuat tekan pada variasi III dengan kadar abu batu sebesar 20% sampai dengan variasi V dengan kadar abu batu sebesar 30%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan abu batu sebagai substitusi pasir dapat mengurangi nilai kuat tekan pada *paving block.*

5.3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Pengujian ketahanan aus *paving block* dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Indonesia. Benda uji untuk pengujian ketahanan aus menggunakan *paving block* dengan umur 28 hari yang telah dipotong dengan dimensi 50 mm x 50 mm x 20 mm. Pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang *paving block* yang mengambil sampel benda uji sebanyak 5 buah dengan total benda uji seluruh variasi 30 buah untuk pengujian ketahanan aus. Berikut contoh analisis perhitungan hasil pengujian ketahanan aus *paving block* yang diambil pada benda uji variasi I dengan kode sampel A1 dengan kadar *fly ash* 10% tanpa substitusi abu batu.

Berat awal = 94,50 gram

Berat akhir = 94,01 gram

Durasi pengujian = 5 menit

Kehilangan berat (G) $= \frac{\text{berat awal-berat akhir}}{\text{durasi waktu}}$

$= \frac{94,50-94,01}{5}$

= 0,098 gram/menit

Ketahanan Aus (D) = 0,12 x G + 0,0246

= 0,12 x 0,098 + 0,0246

= 0,148 mm/menit

Setelah didapatkan semua nilai ketahanan aus pada variasi I selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata ketahanan aus.

$$\text{Ketahanan Aus (D) Rata-rata} = \frac{\Sigma \text{ Nilai Ketahanan Aus (D)}}{\text{Jumlah Benda Uji}}$$

$$= \frac{0{,}148+0{,}143+0{,}135+0{,}143+ 0{,}146}{5}$$

$$= 0{,}143 \text{ mm/menit}$$

Hasil pengujian ketahanan aus yang sudah dilakukan perhitungan seperti contoh diatas dapat dilihat pada rekapitulasi nilai katahanan aus Tabel 5.14 hingga Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gr)	Akhir (gr)				
N1	94,86	94,24	0,62	5	0,124	0,181
N2	112,98	112,38	0,60	5	0,120	0,176
N3	121,94	121,33	0,61	5	0,122	0,178
N4	108,00	107,39	0,61	5	0,122	0,178
N5	85,00	84,40	0,60	5	0,120	0,176
Nilai Rata-Rata						0,178

Tabel 5.15 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gr)	Akhir (gr)				
A1	94,50	94,01	0,49	5	0,098	0,148
A2	103,23	102,76	0,47	5	0,094	0,143
A3	122,32	121,88	0,44	5	0,088	0,135
A4	108,90	108,43	0,47	5	0,094	0,143
A5	109,23	108,75	0,48	5	0,096	0,146
Nilai Rata-Rata						0,143

Tabel 5.16 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gr)	Akhir (gr)				
B1	129,31	128,91	0,40	5	0,080	0,125
B2	111,27	110,79	0,48	5	0,096	0,146
B3	103,10	102,57	0,53	5	0,106	0,158
B4	112,30	111,75	0,55	5	0,110	0,163
B5	116,45	115,97	0,48	5	0,096	0,146
Nilai Rata-Rata						0,148

Tabel 5.17 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi III (10%FA, 20%AB)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gr)	Akhir (gr)				
C1	109,69	108,92	0,77	5	0,154	0,219
C2	82,59	81,74	0,85	5	0,170	0,239
C3	98,30	97,48	0,82	5	0,164	0,231
C4	95,62	94,91	0,71	5	0,142	0,204
C5	108,69	107,97	0,72	5	0,144	0,206
Nilai Rata-Rata						0,220

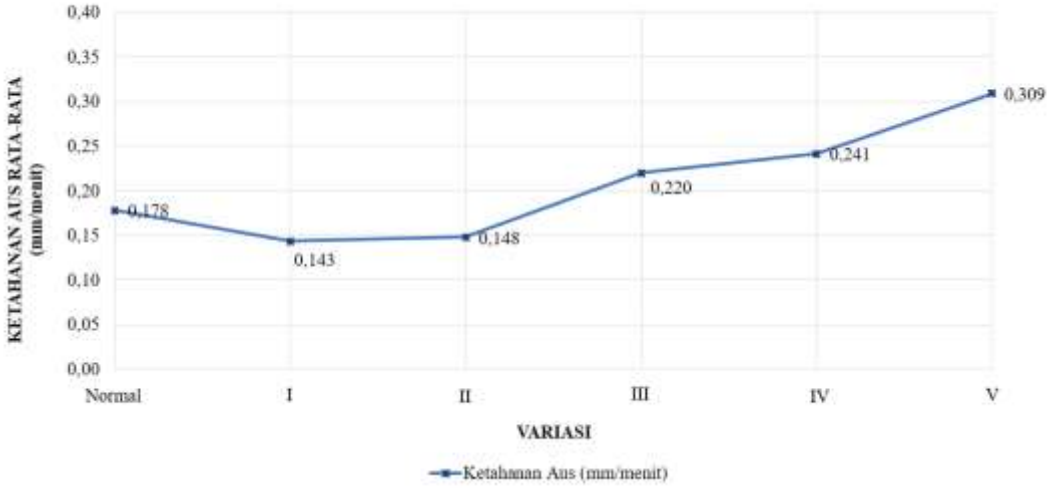
Tabel 5.18 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gr)	Akhir (gr)				
D1	107,14	106,31	0,83	5	0,166	0,234
D2	102,99	102,10	0,89	5	0,178	0,249
D3	111,03	110,17	0,86	5	0,172	0,241
D4	99,28	98,45	0,83	5	0,166	0,234
D5	97,45	96,56	0,89	5	0,178	0,249
Nilai Rata-Rata						0,241

Tabel 5.19 Hasil Ketahanan Aus *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB)

Kode Sampel	Berat		Selisih (gr)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gr/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gr)	Akhir (gr)				
E1	86,67	85,61	1,06	5	0,212	0,292
E2	110,46	109,36	1,10	5	0,220	0,302
E3	78,99	77,82	1,17	5	0,234	0,319
E4	88,30	87,15	1,15	5	0,230	0,314
E5	96,84	95,68	1,16	5	0,232	0,317
Nilai Rata-Rata						0,309

Berdasarkan rekapitulasi hasil ketahanan aus diatas maka dapat dibuat grafik nilai ketahanan aus rata-rata. Berikut gambar grafik hasil pengujian ketahanan aus rata-rata dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian Ketahanan Aus Rata-rata *Paving Block*

Setelah tahap analisis dan pembuatan grafik hasil pengujian ketahanan aus *paving block*, maka hasil tersebut dapat diklasifikasikan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mengenai ketahanan aus *paving block*. Klasifikasi mutu ketahanan aus *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Klasifikasi Mutu Ketahana Aus *Paving Block*

Variasi	Fly Ash (%)	Abu Batu (%)	Ketahanan Aus (mm/menit)		Standar SNI 03-0691-1996 (mm/menit)		Fungsi Paving Block
			Rata-rata	min.	Mutu	Ketahanan Aus Min (gram/menit)	
Normal	0	0	0,178	0,181	C	0,184	Pejalan kaki
I	10	0	0,143	0,148	B	0,149	Peralatan parkir
II	10	10	0,148	0,163	C	0,184	Pejalan kaki
III	10	20	0,220	0,239	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
IV	10	25	0,241	0,249	D	0,251	Taman dan Penggunaan Lain
V	10	30	0,309	0,319	-	0,251	-

Sumber : SNI 03-0691-1996

Berdasarkan gambar 5.20 grafik hasil ketahanan aus rata-rata terdapat kenaikan dan penurunan nilai ketahanan aus. Pada variasi normal tanpa bahan tambah *fly ash* maupun abu batu didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,178 mm/menit, variasi II mengalami penurunan dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,143 mm/menit, dan mulai pada variasi III sampai dengan variasi V terus mengalami kenaikan nilai rata-rata ketahanan aus. Kenaikan nilai ketahan aus menunjukkan penurunan kualitas *paving block*, sebaliknya penurunan nilai ketahanan aus menunjukkan mutu *paving block* yang semakin baik.

Klasifikasi mutu ketahanan aus *paving block* pada tabel diatas mengacu pada SNI 03-0691-1996 sebagai parameter mutu *paving block*. Hasil diatas menujukkan perbedaan mutu *paving block* berdasarkan masing masing, variasi normal tanpa bahan tambah dengan nilai ketahanan aus rata-rata sebesar 0,178 mm/menit memenuhi syarat mutu C, variasi I dengan kadar *fly ash* 10% tanpa abu batu memiliki nilai 0,143 mm/menit memenuhi syarat mutu B, variasi II dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 10% memiliki nilai 0,148 memenuhi syarat mutu C, variasi III dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 20% memiliki nilai 0,220 mm/menit memenuhi syarat mutu D, variasi IV dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 25% memiliki nilai 0,241 mm/menit memenuhi syarat mutu D, dan variasi V dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 30% mimiliki nilai 0,309 mm/menit tidak memenuhi syarat mutu. Dari hasil diatas menunjukkan semakin besar kadar abu batu yang dipakai akan semakin menaikkan nilai ketahanan aus *paving block* dikarenakan abu batu yang memiliki sifat lebih lembut dari pasir apabila semakin banyak kadar yang digunakan sebagai bahan substitusi pasir maka daya rekatnya akan berkurang yang berarti semakin jelek mutu dari *paving block* itu sendiri menurut standar pada SNI-03-0691-1996.

5.4 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Pengujian penyerapan air *paving block* dilakukan pada benda uji yang berumur 28 hari. Benda uji yang digunakan merupakan *paving block* normal dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm tanpa proses pemotongan. Benda uji yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 5 buah setiap variasi dengan total 30 buah *paving block*

untuk seluruh variasi sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Berikut contoh analisis perhitungan hasil penyerapan air *paving block* yang diambil pada benda uji *paving block* variasi normal tanpa penambahan *fly ash* maupun abu batu dengan kode sampel N1.

Berat basah = 2441 gram

Berat kering = 2291 gram

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

$= \frac{2441-2291}{2291} \text{ x } 100\%$

$= 6{,}547\ \%$

Setelah semua sampel pada variasi normal dihitung seperti contoh diatas maka dapat dicari nilai penyerapan air rata rata dengan perhitungan berikut.

Penyerapan air rata-rata $= \frac{\Sigma \text{ Nilai Penyerapan Air}}{\text{Jumlah Sampel}}$

$= \frac{6{,}547+7{,}601+7{,}179+7{,}518+7{,}262}{5}$

$= 7{,}225\ \%$

Hasil pengujian penyerapan air yang telah dianalisis dan dihitung seperti contoh diatas dapat dilihat pada Tabel 5.21 sampai dengan Tabel 5.26.

Tabel 5.21 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Normal (0%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
N1	2441	2291	6,547
N2	2350	2184	7,601
N3	2383	2223	7,197
N4	2374	2208	7,518
N5	2378	2217	7,262
Nilai Rata-Rata			7,225

Tabel 5.22 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi I (10%FA, 0%AB)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
A1	2426	2290	5,939
A2	2470	2341	5,510
A3	2441	2295	6,362
A4	2493	2341	6,493
A5	2453	2309	6,236
Nilai Rata-Rata			6,108

Tabel 5.23 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi II (10%FA, 10%AB)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
B1	2455	2285	7,440
B2	2471	2320	6,509
B3	2420	2245	7,795
B4	2881	2653	8,594
B5	2390	2233	7,031
Nilai Rata-Rata			7,474

Tabel 5.24 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi III(10%FA, 20%AB)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
C1	2331	2132	9,334
C2	2349	2167	8,399
C3	2272	2101	8,139
C4	2348	2154	9,006
C5	2350	2167	8,445
Nilai Rata-Rata			8,665

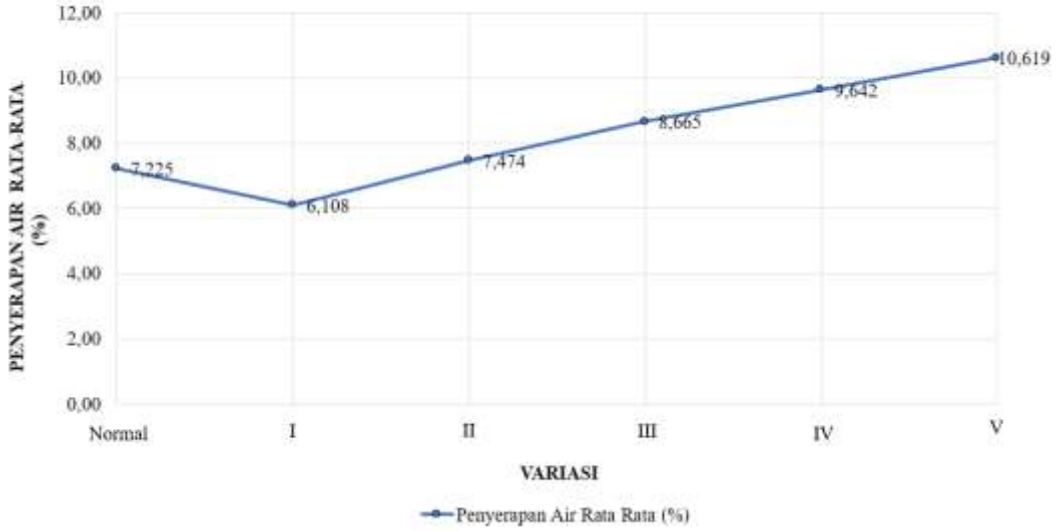
Tabel 5.25 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi IV (10%FA, 25%AB)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
D1	2260	2056	9,922
D2	2328	2144	8,582
D3	2364	2148	10,056
D4	2458	2241	9,683
D5	2317	2107	9,967
Nilai Rata-Rata			9,642

Tabel 5.26 Hasil Penyerapan Air *Paving Block* Variasi V (10%FA, 30%AB)

Kode Sampel	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
E1	2285	2080	9,856
E2	2261	2050	10,293
E3	2327	2102	10,704
E4	2278	2056	10,798
E5	2269	2036	11,444
Nilai Rata-Rata			10,619

Hasil nilai pengujian penyerapan air *paving block* mengalami kenaikan dan penurunan maka dari itu dibuat grafik yang dapaat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block*

Berdasarkan perhitungan sekaligus grafik hasil penyerapan air rata-rata *paving block* maka dapat diklasifikasikan sesuai mutu penyerapan air yang disyaratkan pada SNI 03-0691-1996. Klasifikasi mutu *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Klasifikasi Mutu Penyerapan Air *Paving Block*

Variasi	Fly Ash (%)	Abu Batu (%)	Penyerapan Air Rata-Rata (%)	Syarat SNI 03-0961-1996		Fungsi
				Mutu	Rata-rata maks.	
Normal	0	0	7,225	C	8	Pejalan Kaki
I	10	0	6,108	B	6	Peralatan Parkir
II	10	10	7,474	C	8	Pejalan Kaki
III	10	20	8,665	D	10	Taman dan Penggunaan lain
IV	10	25	9,642	D	10	Taman dan Penggunaan lain
V	10	30	10,619	D	10	Taman dan Penggunaan lain

Sumber : SNI 03-0691-1996

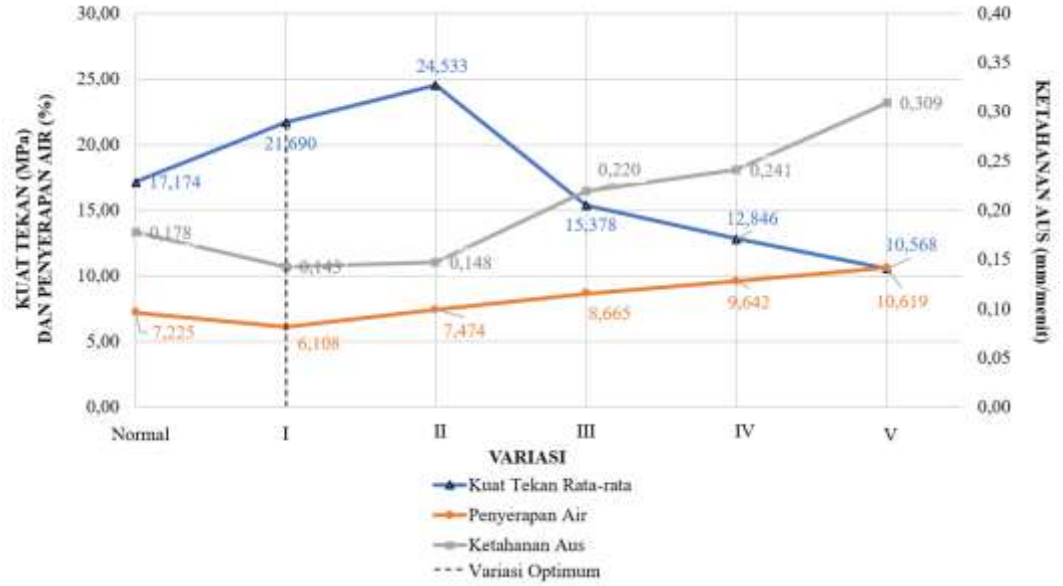
Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air *paving block* terdapat kenaikan maupun penurunan disetiap variasinya. Menurut SNI 03-0691-1996 semakin tinggi nilai penyerapan air maka semakin jelek mutu *paving block* tersebut, sebaliknya semakin rendah nilai penyerapan air maka semakin baik mutu *paving block*. Melihat grafik diatas penurunan nilai penyerapan air hanya terjadi pada benda uji *paving block* dengan variasi I.

Klasifikasi mutu berdasar hasil nilai penyerapan air *paving block* yang mengacu pada SNI 03-0691-1996 pada setiap variasi mengalami perbedaan. Variasi normal tanpa bahan tambah *fly ash* maupun abu batu memiliki nilai penyerapan air rata-rata sebesar 7,225 % sehingga memenuhi syarat mutu C. Variasi I dengan kadar *fly ash* 10% tanpa penambahan abu batu mengalami penurunan nilai penyerapan air rata-rata yaitu sebesar 6,108 % sehingga memenuhi syarat mutu B. Pada variasi II hingga variasi V nilai penyerapan air rata-rata yang terus naik. Nilai penyerapan air rata-rata terbesar berada pada variasi V dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 30% yaitu sebesar 10,619 yang memenuhi syarat mutu D.

Pada penelitian ini mutu penyerapan air *paving block* dipengaruhi oleh banyaknya kadar abu batu yang dipakai pada setiap variasi. Terbukti pada penurunan nilai penyerapan air pada variasi I tanpa abu batu dan kenaikan pada variasi II yang menggunakan 10% abu batu sebagai bahan substitusi pasir. Dapat ditarik kesimpulan bahwa abu batu menjadi faktor penurunan mutu penyerapan air *paving block*.

5.5 Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Bahan Tambah Semen Dan Abu Batu Sebagai Bahan Substitusi Pasir Terhadap Mutu *Paving Block*

Berdasarkan hasil pembahasan diatas maka didapatkan mutu *paving block* sesuai dengan pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air disetiap variasinya. Hasil keseluruhan pengujian didapatkan grafik rekapitulasi hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Rekapitulasi Hasil Pengujian *Paving Block*

Berdasarkan gambar grafik rekapitulasi hasil pengujian diatas maka didapatkan mutu *paving block*. Berikut rekapitulasi klasifikasi mutu *paving block* dengan *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai substitusi pasir menurut SNI 03-0691-1996 dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Mutu *Paving Block*

Variasi	Fly Ash (%)	Abu Batu (%)	Klasifikasi Mutu *Paving Block*		
			Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
Normal	0	0	C	C	C
I	10	0	B	B	B
II	10	10	B	C	C
III	10	20	C	D	D
IV	10	25	D	D	D
V	10	30	D	-	D

Sumber : SNI 03-0691-1996

Tabel 5.28 menujukkan klasifikasi mutu *paving block* berdasarkan pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air yang telah dilaksanakan. Klasifikasi mutu yang dihasilkan oleh *paving block* dipengaruhi oleh kadar variasi penambahan *fly ash* dan abu batu. Mutu tertinggi dari hasil ketiga dihasilkan pada *paving block* variasi I dengan kadar *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen yaitu pada mutu

B. Sedangkan mutu optimum pada pengujian kuat tekan dihasilkan pada *paving block* variasi II dengan kadar *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen dan abu batu 10% sebagai bahan substitusi pasir.

Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar abu batu pada setiap variasi *paving block*. Dapat dilihat pada variasi normal tanpa bahan tambah *fly ash* dan abu batu masuk kedalam mutu C dengan nilai kuat tekan rata-rata 17,174 MPa. Pada variasi I dengan kadar *fly ash* 10% tanpa abu batu masuk kedalam mutu B. Variasi II dengan *fly ash* 10% dan abu batu 10% masuk kedalam mutu B dan menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi. Pada variasi III dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 20% masuk kedalam mutu C dengan nilai kuat tekan rata-rata 15,378 MPa. Pada variasi IV dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 25% masuk kedalam mutu D dengan nilai kuat tekan rata-rata 12,846 MPa. Pada variasi V dengan kadar *fly ash* 10% dan abu batu 30% masuk kedalam mutu D dengan nilai kuat tekan rata-rata 10,586 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *fly ash* dengan kadar 10% dari berat semen dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada *paving block*, sedangkan abu batu dengan kadar tertentu dapat menaikkan nilai kuat tekan seperti halnya pada penelitian ini dengan kadar abu batu 10% tetapi nilai kuat tekan akan semakin turun seiring dengan bertambahnya kadar abu batu yang digunakan.

Nilai ketahanan aus yang rendah menurut SNI 03-0691-1996 menunjukkan mutu suatu *paving block* semakin baik. Nilai terendah berada pada *paving block* variasi I tanpa abu batu. Pada variasi II hingga variasi V nilai ketahanan aus menunjukkan peningkatan. Penurunan dan kenaikan nilai ketahanan aus disebabkan oleh penggunaan abu batu, terbukti pada variasi I yang hanya menggunakan *fly ash* dan tanpa abu batu masuk kedalam mutu B, sedangkan variasi II dengan kadar abu batu 10% masuk kedalam mutu C, variasi III dan IV dengan kadar abu batu berurutan 20% dan 25% berada pada mutu D, dan variasi V yang tidak masuk kedalam mutu. Penggunaan *fly ash* dengan kadar 10% dapat menurunkan nilai ketahanan aus. Semakin banyak abu batu yang digunakan maka akan semakin meningkat nilai ketahanan aus yang berarti mutunya semakin buruk.

Paving block variasi II memiliki kuat tekan tertinggi diantara variasi yang lainnya yaitu pada mutu B dengan nilai kuat tekan sebesar 24,533 MPa, tetapi tidak

dapat dikatakan bahwa variasi II menjadi yang optimum karena mutu pengujian ketahanan aus dan penyerapan air yang kurang baik. Pada varasi II nilai ketahanan aus rata-rata 0,148 mm/menit dan nilai minimum sebesar 0,163 melebihi yang disyaratkan pada mutu B yang berarti masuk kedalam mutu C, dan nilai penyerapan air rata-rata 7,474 % yang dapat diartikan masuk kedalam mutu C. Hasil tersebut membuktikan bahwa abu batu memiliki kekurangan berupa penyerapan air yang besar.

Hasil dari semua pengujian digunakan untuk mengklasifikasi mutu pada *paving block*. *Paving block* dengan mutu optimum berada pada variasi I dengan kadar *fly ash* 10% yaitu pada mutu B yang memiliki nilai kuat tekan rata-rata 21,690 MPa, nilai ketahanan aus rata-rata 0,143 mm/menit, dan nilai penyerapan air rata-rata 6,108 %. Dengan hasil tersebut membuktikan bahwa argumen yang dikemukakan oleh Mulyono (2004) yang menyatakan abu terbang (*fly ash*) dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton dapat memperbaiki kinerja beton khusus nya kinerja kuat tekan beton karena memiliki sifat penyemenan.

5.6 Perbandingan Biaya Produksi *Paving Block*

Perbandingan biaya produksi yang dimaksud yaitu membandingkan biaya produksi *paving block* normal tanpa bahan tambah dengan *paving block* yang menggunakan bahan tambah. Berdasarkan data hasil pengujian *paving block* normal tanpa bahan tambah memperoleh mutu C dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 17,174 MPa, dan akan dibandingkan dengan *paving block* variasi II dengan kadar *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen dan abu batu 10% sebagai substitusi berat pasir dengan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 24,533 MPa.

Perhitungan biaya produksi *paving block* menggunakan data yang didapatkan dari hasil survey, studi literatur melalui media internet, wawancara dengan narasumber, dan asumsi pribadi terkait dengan harga alat dan material. Survey yang dilakukan antara lain survey harga *paving block* di CV. Mustika Sejati Jl. Cangkringan Km.5 Kalibulus, Bimomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta dan di Pundi Permata *Paving Block* Jl. Prambanan-Manisrenggo, Dengok Kulon, Prambanan, Klaten, Jawa Tengah. Wawancara dilakukan di Pusat Inovasi Material

Vulkanis Merapi di Jalan Degolan dengan narasumber salah satu pekerja. Berikut contoh analisis dan perhitungan biaya produksi *paving block* dengan menggunakan data *paving block* variasi normal.

5.6.1 Harga Pokok Produksi *Paving Block*

1. Menghitung biaya alat

a. Alat utama

1) Harga mesin press hidrolik = Rp90.000.000
2) Harga mesin mixer bahan = Rp20.000.000
3) Total harga alat = Rp110.000.000
4) Umur alat = 15 tahun
5) Nilai sisa alat = 10% x total harga alat utama
   = 10% x Rp110.000.000
   = Rp11.000.000
6) Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
7) Nilai penyusutan $= \frac{\text{Total harga alat -Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat x Jumlah hari kerja}}$
   $= \frac{110.000.000\text{-}11.000.000}{15 \text{ x } 300}$
   = Rp22.000 /hari

b. Alat bantu

Ember (10 buah) = Rp250.000
Sekop (2 buah) = Rp110.000
Ayakan 5mm (1 buah) = Rp16.000
Cetok (2 buah) = Rp36.000
Cangkul = Rp165.000
Total harga alat = Rp577.000
Umur alat = 1 tahun
Nilai sisa alat = Rp0
Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun
Nilai penyusutan $= \frac{\text{Total harga alat -Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat x Jumlah hari kerja}}$
$= \frac{577.000 \text{ -}0}{1 \text{ x } 300}$
= Rp1.373 /hari

c. Papan kayu sebagai alas

Waktu pengerasan *paving block* = 1 hari

Kapasitas produksi = 1560 *paving block*/hari

Kebutuhan papan $= \frac{\text{Kapasitas produksi}}{\text{Kapasitas 1 papan}}$

$= \frac{1600}{12}$

= 133,333

= 130 papan

Harga satu papan = Rp15.000

Total harga papan = Kebutuhan papan x Harga papan

= 130 x Rp15.000

= Rp1.950.000

Umur papan = 1 tahun

Nilai sisa papan = Rp0

Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun

Nilai penyusutan $= \frac{\text{Total harga alat -Nilai sisa alat}}{\text{Umur alat x Jumlah hari kerja}}$

$= \frac{1.950.000 - 0}{1 \text{ x } 300}$

= Rp6.500 /hari

2. Menghitung biaya bangunan

Harga bangunan = Rp20.000.000

Umur bangunan = 6 tahun

Nilai sisa bangunan = Rp0

Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun

Nilai penyusutan $= \frac{\text{Harga bangunan -Nilai sisa bangunan}}{\text{Umur bangunan x Jumlah hari kerja}}$

$= \frac{20.000.000 - 0}{6 \text{ x } 300}$

= Rp11.111 /hari

3. Menghitung biaya operasional

Biaya listrik dan air = Rp600.000 /bulan

= Rp24.000 /hari

4. Menghitung upah tenaga kerja

Jumlah pekerja = 2 orang

Kapasitas produksi = 130 papan/hari

Upah pekerja per papan (borongan) = Rp2.000

= Rp1.000 /orang

Upah pekerja = Rp130.000 /OH

Total upah tenaga kerja = Rp260.000 /hari

5. Menghitung konsumsi tenaga kerja

Jumlah pekerja = 2 orang

Uang makan = Rp20.000

Total uang makan pekerja = Rp40.000

6. Menghitung biaya tunjangan hari raya (THR)

Jumlah pekerja = 2 orang

Jumlah hari kerja = 300 hari/tahun

THR per pekerja = Rp350.000

Total THR pekerja = Rp700.000

Tabungan THR = Rp2.333 /hari

7. Menghitung biaya material

a. Kebutuhan material 1 *paving block* normal tanpa bahan tambah

Perbandingan campuran = 1 semen : 6 Pasir

Kebutuhan pasir $= \frac{6}{7}$ x V *Paving block* x B.V pasir x 1,3

$= \frac{6}{7}$ x 1200 x 1,5402 x 1,3

= 2059,507 gram

Kebutuhan abu batu = Berat pasir x Variasi (%)

= 2059,507 x 0%

= 0 gram

Kebutuhan pasir sudah disubstitusi = berat pasir – Berat abu batu

= 2059,507 – 0

= 2059,507 gram

Kebutuhan semen $= \frac{\text{Kebutuhan pasir}}{6}$

$= \frac{2059,507}{6}$

= 343,251 gram

Kebutuhan *fly ash* = Berat semen x Variasi (%)

= 343,251 x 0%

= 0 gram

Total berat material = 343,251 + 2059,507 + 0 + 0

= 2402,758

b. Biaya semen per hari

Total produksi *paving block* = 1560 *paving block*

Kebutuhan semen = $[\frac{\text{berat semen}}{\text{total berat material}}$ x 1560 *paving*]

= $[\frac{343,251}{2402,758}$ x 1560 *paving*]

= 222,857 kg : 40kg

= 5,571 sak ≈ 6 sak /hari

Harga semen per sak = Rp56.500

Biaya angkut semen per km = Rp3.000

Biaya angut semen per 3 km = Rp9.000

Total biaya semen = (harga semen x jumlah semen) +
Biaya angkut semen

= (56.600 x 6) + 9.000

= 347.400 /hari

c. Biaya pasir per hari

Kebutuhan pasir = $[\frac{\text{berat pasir-substitusi}}{\text{total berat material}}$ x1560 *paving*]

= $[\frac{2059,507}{2402,758}$ x 1560 *paving*]

= 1337,143 kg : 1225,934 kg/m^3

= 1,091 m^3

Harga pasir per *dump truck* (8 m^3) = Rp1.100.000

Harga pasir per m^3 = Rp137.500

Total biaya pasir = Kebutuhan pasir x Harga pasir

= 1,091 x 137.000

= Rp149.973 /hari

d. Biaya *fly ash* per hari

Kebutuhan *fly ash* = [$\frac{\text{berat } fly\ ash}{\text{total berat material}}$ x 1560 *paving*]

= [$\frac{0}{2402,758}$ x 1560 *paving*]

= 0 kg

Harga *fly ash* per sak (40kg) = Rp20.000

Total harga *fly ash* = Harga *fly ash* x Kebutuhan *fly ash*

= 20.000 x 0

= Rp.0

e. Biaya abu batu per hari

Kebutuhan abu batu = [$\frac{\text{berat abu batu}}{\text{total berat material}}$ x 1560 *paving*]

= [$\frac{0}{2402,758}$ x 1560 *paving*] : 1186,848

= 0 kg

Harga abu batu per colt(1,5 m^3) = Rp200.000

Total biaya abu batu = Harga abu batu x Kebutuhan abu batu

= 200.000 x 0

= Rp0

f. Total biaya kebutuhan material = Kebutuhan semen + Kebutuhan Pasir + Kebutuhan *fly ash* + Kebutuhan abu batu)

= 347.000 + 149.973 + 0 + 0

= Rp497.373

8. Rekapitulasi pengeluaran harian

a. Biaya alat utama = Rp22.000 /hari

b. Biaya alat bantu = Rp1.932 /hari

c. Biaya papan alas = Rp6.500 /hari

d. Biaya bangunan = Rp11.111 /hari

e. Biaya operasional = Rp24.000 /hari

f. Biaya gaji tenaga kerja = Rp260.000 /hari

g. Biaya makan tenaga kerja = Rp40.000 /hari
h. Biaya THR = Rp2.333 /hari
i. Biaya material = Rp497.373 /hari
Total pengeluaran = Rp865.241 /hari

9. Menghitung harga produksi lapangan
a. Kapasitas produksi = 1560 *paving*/hari
b. Total pengeluaran biaya = Rp865.241 /hari
c. Harga pokok produksi lapangan $= \frac{\text{total pengeluaran}}{\text{kapasitas produksi}}$
$= \frac{\text{Rp865.241}}{1560}$
= Rp555 /*paving*
= Rp27.732 /m^2
d. PPN 11% = harga pokok x 11%
= 558 x 11%
= Rp61
e. Biaya kirim *paving block* = Rp200 /*paving*
f. Harga dasar *paving block* = Harga pokok + PPN 11% + Biaya kirim
= 555 + 61 + 200
= Rp816
g. Margin perusahaan (50%) = Harga dasar x 50%
= 816 x 50%
= Rp408
h. Harga jual = Harga dasar + Margin perusahaan
= 816 + 408
= Rp1.223 /*paving block*
= Rp1.223 x 50
= Rp61.174 /m^2

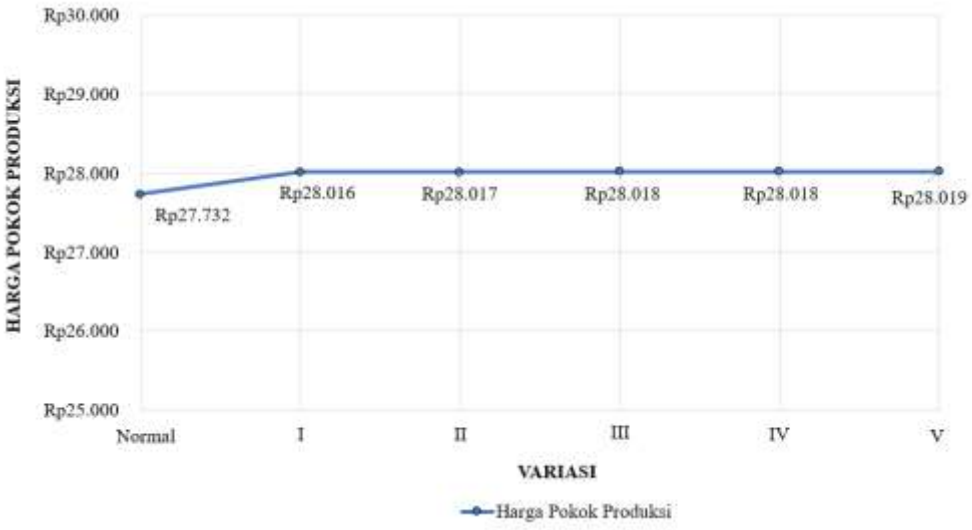
Berdasarkan hitungan diatas *paving block* dengan variasi normal tanpa bahan tambah *fly ash* maupun abu batu didapat harga pokok produksi Rp555 /*paving block* atau Rp27.732 /m^2, harga dasar didapat Rp816, dengan margin perusahaan 50%

didapat Rp408, dan harga jual Rp1.223 /*paving block*. *Paving block* variasi normal memiliki nilai kuat tekan 17,174 MPa yang setara dengan mutu beton K200. Semua variasi *paving block* dihitung seperti hitungan diatas untuk perbandingan harga pokok produksi. Rekapitulasi hasil perhitungan harga pokok produksi *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Harga Pokok Produksi *Paving Block*

Variasi	Fly Ash (%)	Abu Batu (%)	Tipe *Paving Block*	Harga Pokok Produksi (m^2)
Normal	0	0	K200	Rp27.732
I	10	0	K250	Rp28.016
II	10	10	K275	Rp28.017
III	10	20	K200	Rp28.018
IV	10	25	K150	Rp28.018
V	10	30	K100	Rp28.019

Dari tabel diatas maka dapat dibuat grafik perbandingan harga pokok produksi *paving block* berdasarkan variasinya yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Perbandingan Harga Pokok Produksi

Berdasarkan gambar 5.5 maka didapatkan nilai harga pokok produksi *paving block* yang meningkat seiring dengan penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan penggunaan abu batu sebagai substitusi pasir. Hal tersebut disebabkan oleh adanya penambahan biaya terhadap *fly ash* maupun abu batu. Kenaikan harga pokok produksi pada *paving block* variasi I dengan klasifikasi mutu B menurut SNI 03-0691-1996 dan setara dengan K250 sepadan dengan peningkatan kualitas apabila dibandingan dengan variasi normal yang memperoleh klasifikasi C setara dengan K200. Kenaikan pada *paving block* variasi II juga masih sepadan dengan kualitas kuat tekan yang didapatkan apabila dibandingkan dengan variasi normal karena sama-sama memiliki mutu C, tetapi pada variasi II kuat tekan nya setara dengan K275 sedangkan variasi normal setara dengan K200.

5.6.2 Perbandingan Harga Jual *Paving Block*

Harga jual produksi *paving block* akan dibandingkan dengan harga *paving block* dipasaran. Contoh harga *paving block* dipasaran didapat melalui survei ke CV. Mustika Sejati dan Pundi Permata *Paving Block* sebagai produsen dan penjual *paving block*. Berdasarkan pada tabel 5.26 maka perbandingan antara harga pokok *paving block* pada penelitian ini dengan hasil survei harga dipasaran didapatkan contoh perhitungan pada mutu K200 yaitu variasi normal tanpa penambahan *fly ash* ataupun substitusi abu batu dengan harga per m^2 sebagai berikut sebagai berikut.

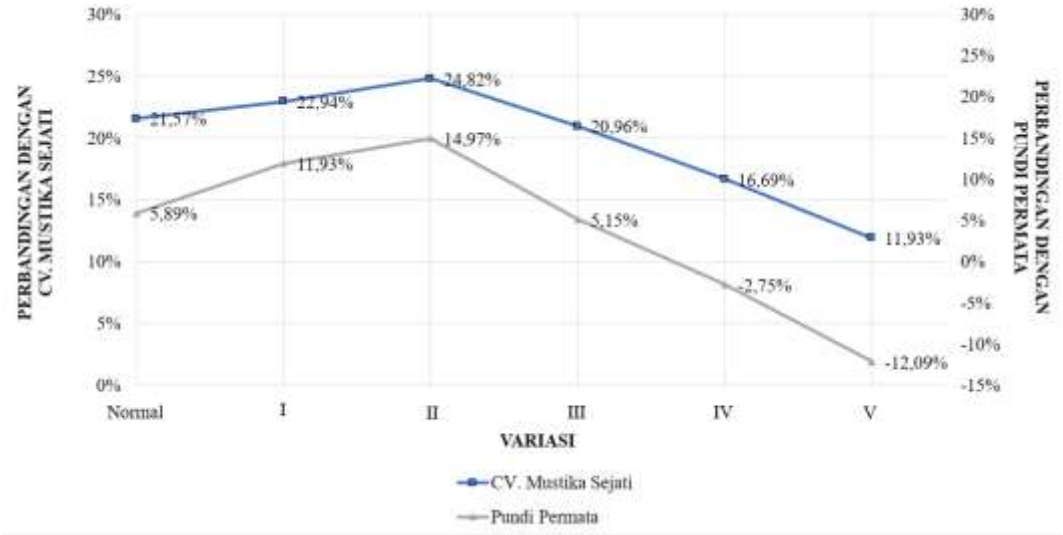
1. Harga *Paving Block* K200
   a. CV. Mustika Sejati *Paving Block* = Rp78.000
   b. Pundi Permata *Paving Block* = Rp65.000
   c. Hasil perhitungan Harga Jual *Paving Block* = Rp61.174
2. Persentase perbandingan
   a. Dengan CV. Mustika Sejati $= \frac{78.000-61.174}{78.000} \times 100\%$
      $= 21{,}57\%$
   b. Dengan Pundi Permata $= \frac{65.000-61{,}174}{65.000} \times 100\%$
      $= 5{,}89\%$

Hasil perbandingan harga jual *paving block* pada penelitian ini yang dibandingan dengan hasil survei harga dipasaran yang telah dihitung seperti contoh perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel 5.30.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Perbandingan Harga Jual *Paving Block*

Tipe *Paving Block*	**Harga Jual Dipasaran (m^2)**		**Penelitian *Paving Block***		**Perbandingan Harga Jual *Paving Block* (%)**	
	CV. Mustika Sejati (Rp)	**Pundi Permata (Rp**	**Variasi**	**Harga jual (Rp)**	**CV. Mustika Sejati**	**Pundi Permata**
K200	78.000	65.000	Normal	61.174	21,57%	5,89%
K250	80.000	70.000	I	61.647	22,94%	11,93%
K275	82.000	72.500	II	61.649	24,82%	14,97%
K200	78.000	65.000	III	61.650	20,96%	5,15%
K150	74.000	60.000	IV	61.651	16,69%	-2,75%
K100	70.000	55.000	V	61.651	11,93%	-12,09%

Dari tabel diatas maka dapat dibuat grafik perbandingan harga jual *paving block* pada penelitian ini dengan harga dipasaran. Berikut grafik perbandingan harga jual *paving block* dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Harga Jual *Paving Block*

Berdasarkan gambar 5.6 grafik persentase perbandingan harga jual yang terbesar yaitu pada *paving block* variasi II dengan nilai persentase apabila dibandingkan dengan CV. Mustika Sejati sebesar 24,82% dan Pundi Permata sebesar 14,97%. Pada *paving block* variasi II memperoleh mutu kuat tekan tertinggi sebesar 24,533 MPa yang setara dengan K275, tetapi masuk pada klasifikasi *paving block* mutu C menurut SNI 03-0691-1996. Hal tersebut dikarenakan klasifikasi mutu pada ketahanan aus dan penyerapan air berada pada mutu C, yang berarti sama dengan kualitas *paving block* normal dengan klasifikasi mutu C tetapi untuk hasil kuat tekan masih dibawah variasi II yaitu sebesar 17,174 MPa.

Paving block dengan kualitas optimum yaitu variasi I dengan kadar *fly ash* 10% tanpa substitusi abu batu memperoleh persentase perbandingan harga jual sebesar 22,94% apabila dibandingkan dengan harga CV. Mustika Sejati, dan 11,93% apabila dibandingkan dengan harga Pundi Permata. Hasil tersebut merupakan persentase terbesar pada urutan kedua setelah variasi II. *Paving block* variasi I memiliki nilai kuat tekan yang cukup tinggi yakni 21,660 MPa yang setara dengan mutu beton K250, dan apabila dilihat dari hasil seluruh pengujian variasi I masuk kedalam klasifikasi B. Hal ini dapat membuktikan bahwa *paving block* variasi I menjadi yang paling optimal.

Paving block variasi normal, variasi III, variasi IV, dan variasi V memperoleh persentase perbandingan keuntungan dengan CV. Mustika Sejati berturut turut sebesar 21,57%, 20,96%, 16,69%, dan 11,93%. Apabila dibandingkan dengan Pundi Permata *Paving block* variasi normal, variasi III, variasi IV, dan variasi V memperoleh nilai pesentase keuntungan sebesar 5,89%, 5,15%, -2,75%, dan -12,09%. Mutu yang didapatkan pada variasi normal, variasi III, variasi IV, dan variasi 5 berturut-turut setara dengan mutu K200, K200, K150, dan K100. Akan tetapi, variasi *paving block* V dengan kadar *fly ash* 10% sebagai bahan tambah semen dan 30% abu batu sebagai substitusi pasir tidak layak dijual karena tidak memenuhi syarat mutu pada SNI 03-0691-1996 dengan nilai keausan rata-rata didapatkan 0,309 mm/menit sedangkan yang disyaratkan nilai maksimum ketahanan aus pada mutu D yaitu 0,251.

Paving block variasi IV dengan kadar 10% *fly ash* sebagai bahan tambah dan 25% abu batu sebagai substitusi pasir yang masuk kedalam tipe K150 memiliki harga yang lebih mahal jika dibandingkan dengan Pundi Permata *Paving Block* maka didapatkan persentase perbandingannya -2,75%. Apabila dibandingkan dengan CV. Mustika Sejati didapatkan persentase perbandingannya 16,69%. Maka dari hasil diatas variasi IV dinilai kurang efektif karena harga yang lebih mahal dari Pundi Permata *Paving Block.*

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang dilakukan mengenai *paving block* dengan *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu untuk substitusi pasir menurut SNI 03-0691-1996 mendapatkan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut.

1. Pengaruh *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu untuk substitusi pasir pada campuran *paving block* terhadap nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air sebagai berikut :
   a. Kuat tekan

      Hasil penelitian ini mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada *paving block* yaitu pada variasi II dengan kadar 10% *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir sebesar 24,522 MPa dengan mutu B. Variasi I dengan kadar 10% *fly ash* sebagai bahan tambah semen tanpa abu batu mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata 21,690 MPa yang masuk kedalam mutu B.
   b. Ketahanan aus

      Hasil penelitian mendapatkan nilai ketahan aus rata-rata *paving block* terendah pada variasi I dengan penambahan *fly ash* 10% sebesar 0,143 mm/menit yang masuk klasifikasi mutu B. Variasi V dengan kadar 10% *fly ash* sebagai bahan tambah semen dan 30% abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir dengan hasil 0,309 mm/menit tidak masuk kedalam klasifikasi mutu.
   c. Penyerapan air

      Hasil penelitian mendapatkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* terendah pada variasi I dengan kadar 10% *fly ash* sebagai bahan tambah tanpa abu batu mendapatkan nilai 6,108% yang masuk kedalam mutu B.

Dari hasil keseluruhan pengujian maka dapat ditarik kesimpulan mutu optimum didapatkan pada *paving block* variasi I (10% FA, 0% AB) yang masuk kedalam mutu B menurut SNI 03-0691-1996. Hal tersebut membuktikan bahwa *fly ash* dapat meningkatkan mutu *paving block*. Sedangkan abu batu hanya dapat menaikkan nilai kuat tekan terbukti pada variasi II (10% FA, 10% AB). Seiring dengan bertambahnya kadar abu batu maka semakin menurun mutu dari *paving block.*

2. Perbandingan harga pokok produksi *paving block* tanpa bahan tambah ataupun substitusi pada campuran *paving block* dengan *paving block* yang menggunakan bahan tambah *fly ash* dan substitusi abu batu serta membandingkan harga jual *paving block* dipasaran.
   a. Perbandingan harga pokok produksi *paving block*

      Berdasarkan analisis perhitungan harga pokok produksi *paving block* pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *fly ash* dan penggunaan abu batu dapat menaikkan harga pokok produksi. Hal tersebut dikarenakan harga abu batu yang digunakan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan harga dari perusahaan pemecah batu yang lainnya. Variasi V dapat dikatakan tidak layak untuk dijual karena tidak memenuhi syarat mutu.

   b. Perbandingan harga jual *paving block*

      Hasil analisis perhitungan harga jual *paving block* yang dibandingkan dengan harga pasar *paving block* yang didapat melalui survei dengan persenatase perbandingan keuntungan terbesar pada variasi II yaitu sebesar 24,82% dan 14,97%. Hasil penelitian ini menunjukkan variasi I menjadi *paving block* yang memiliki mutu terbaik tetapi dengan harga yang terjangkau karena hanya selisih sedikit dengan variasi normal, dengan selisih harga yang sedikit tetapi mendapatkan kualitas *paving block* yang lebih baik.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk melaksanakan penelitian selanjutnya. Adapun beberapa saran sebagai berikut :

1. Penggunaan kadar abu batu sebagai substitusi berat pasir pada penelitian selanjutnya dapat disesuaikan kembali, karena pada penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan abu batu yang semakin besar kadarnya dapat menurunkan mutu *paving block*.
2. Perlu diperhatikan pada saat pencampuran material penyusun *paving block* agar tidak tercampur dengan tanah.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat membandingkan penggunaan abu batu dari perusahaan pemecah batu yang berbeda guna mengetahui perbandingan harga material.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat membandingkan penggunaan *fly ash* dari PLTU dan tipe *fly ash* yang berbeda guna mengetahui mutu *paving block* dan perbandingan harga material.

DAFTAR PUSTAKA

ACI *Manual of Concrete Practice* 1993 *Part* 1 226.3R-R

Aji, A.R. 2022. Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Dan Penyerapan Air Pada *Paving Block*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

Anggraini, R. et al. 2022. Penggunaan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton *Porous*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bung Hatta, Padang.

Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-0691-1996, Bata Beton (*Paving Block*)

Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional, SNI 15-2049-2004, Semen *Portland*

Handayani. F . 2019 . Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan. Seminar Nasional Tahunan VI Program Studi Magister Teknik Sipil ULM Banjarmasin, ISBN 978-623-7533-03-0.

Bere, M. D. et al. 2021. Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Pada Beton Busa Dengan Pemakaian Pasir Abu Batu Sebagai Agregat Halus. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa.

Mulyono, T., 2004 , Teknologi Beton, Andi Offset, Yogyakarta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.18 Tahun 1999. Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun.

Pratama, S.R. 2019. Pengaruh Substitusi Fly Ash Pada Bahan Pengikat Campuran *Paving Block* Ditinjau Dari Kuat Tekan, Keausan Dan Penyerapan Air. Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Shafwan, M. D. 2021. Optimalisasi Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Menggunakan *Fly Ash* Dan Abu Batu Sebagai Bahan Pengganti Semen Dan Pasir.

Sudjatmiko, A. et al. 2022. *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Pada *Paving Block* Terhadap Pengujian Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Dengan Penekanan

Menggunakan Desak *Pyramid.* Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Supriyono, M. 2011. Buku Pintar Perbankan. Penerbit Andi.

Syarah, M. 2022. Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Untuk Pembuatan *Paving Block.*

Tjokrodimuljo, K. 2005. Teknologi Beton. Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat Yang Dgunakan



Gambar L-1.1 Sekop



Gambar L-1.2 Cetok



Gambar L-1.3 Timbangan



Gambar L-1.4 Saringan Agregat Halus



Gambar L1.5 Mesin *Mixer*



Gambar L-1.6 Ember



Gambar L-1.7 Mesin *Press Paving Block*



Gambar L-1.8 Papan Alas



Gambar L-1.9 Mesin Pemotong



Gambar L-1.10 Alat Uji Kuat Tekan



Gambar L-1.11 Oven



Gambar L-.12 Alat Uji Ketahanan Aus

Lampiran 2 Gambar Bahan



Gambar L-2.1 Semen Portland



Gambar L-2.2 Agregat Halus (Pasir Merapi)



Gambar L-2.3 Air



Gambar L-2.4 Abu Batu



Gambar L-2.5 *Fly Ash*

Lampiran 3 Surat Permohonan Penggunaan Labortarium

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 120/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VII/2023
Hal : **Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium**

Kepada Yth:
KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIKJURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA	:	**MUHAMMAD NAUFAL ALI ZIDHAN**
NIM	:	**19511047**
JUDUL TUGAS AKHIR	:	**PENGARUH BAHAN TAMBAH DAN SUBTITUSI BERUPA FLY ASH DAN ABU BATU PADA CAMPURAN PAVING BLOCK**
DOSEN PEMBIMBING	:	**ANGGIT MAS ARIFUDIN, S.T., M.T.**

Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin peminjamaan peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia guna mendukung penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Sekretaris Program Sarjana Teknik Sipil,

DINIA ANGGRAHENI, M. ENG

Yogyakarta, 12 Juli 2023
Pemohon

MUHAMMAD NAUFAL ALI ZIDHAN
NIM. 19511047

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

Lampiran 4 Hasil Uji Properties

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

(SK SNI M – 8 – 1989 - F)

Asal Material : Merapi

Keperluan : Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif (%)		Persen Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Rata-rata
	1	2	1	2	1	2	1	2	
9,6	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
4,8	161	142	8,07	7,12	8,07	7,12	91,93	92,88	92,41
2,4	146	141	7,32	7,07	15,39	14,19	84,61	85,81	85,21
1,2	242	243	12,13	12,18	27,52	26,37	72,48	73,63	73,06
0,6	386	391	19,35	19,60	46,87	45,96	53,13	54,04	53,58
0,3	366	369	18,35	18,50	65,21	64,46	34,79	35,54	35,16
0,15	321	328	16,09	16,44	81,30	80,90	18,70	19,10	18,90
Sisa	373	381	18,70	19,10	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	1995	1995	100	100	244,36	239,00			

Modulus Halus Butir Rata-rata : $\frac{244,36+239,00}{200}$

: 2,4168

Gradasi Agregat Halus

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

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

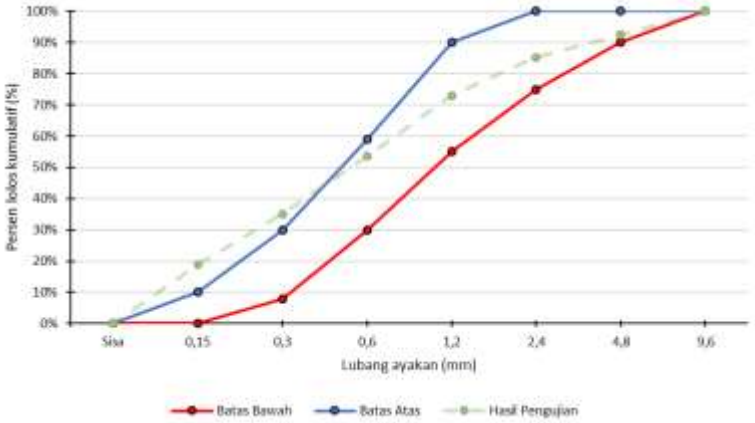
Daerah III : Pasir Agak H alus

Daerah IV : Pasir Halus

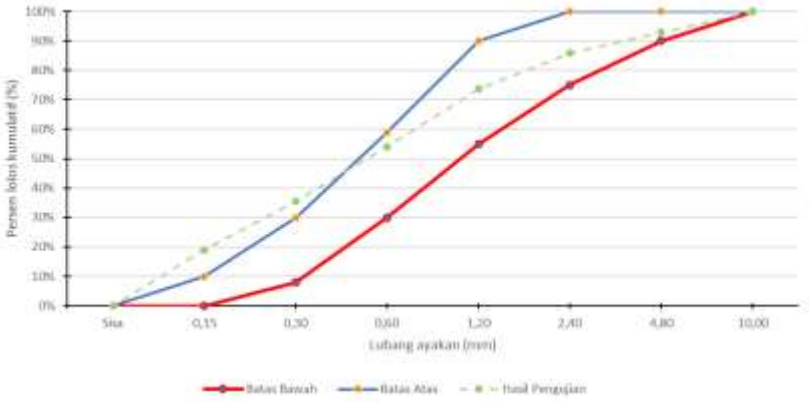
GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

GRADASI DAERAH II

Sampel I



Sampel 2



PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

(SNI 03 – 4804 - 1998)

Asal Material : Merapi

Keperluan : Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	9589	9589	9589
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	16202	16355	16279
Berat Agregat (W3), gram	6613	6766	6690
Diameter Tabung (d), cm	15,13	15,13	15,13
Tinggi Tabung (t), cm	30,35	30,35	30,35
Volume Tabung (V) 1/4 x π x d2 x t, (cm^3)	5456,654	5456,65	5456,654
Berat Isi Gembur (W3/V), gram/cm^3	1,212	1,240	1,226

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

(SNI 03 – 4804 - 1998)

Asal Material : Merapi

Keperluan : Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	9589	9589	9589
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	17904	18083	17994
Berat Agregat (W3), gram	8315	8494	8405
Diameter Tabung (d), cm	15,13	15,13	15,13
Tinggi Tabung (t), cm	30,35	30,35	30,35
Volume Tabung (V) 1/4 x π x d2 x t, (cm^3)	5456,654	5456,65	5456,654
Berat Isi Gembur (W3/V), gram/cm^3	1,524	1,557	1,540

PEMERIKSAAN BUTIRAN LOLOS AYAKAN NO. 200
(UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR)
(SNI 03 – 4804 - 1998)

Asal Material : Merapi
Keperluan : Tugas Akhir
Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel I	Sampel 2	
Berat Kering Oven, gram (W1)	500	500	500
Berat Kering Oven setelah dicuci, gram (W2)	476,00	477,00	476,50
Berat Agregat yang Lolos Saringan No.200, % $\frac{(W1-W2)}{W1}$ x 100%	4,80	4,60	4,70

Keterangan :

Menurut persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI – 1982), Berat bagian yang lolos ayakan no.200 (0,75 mm) adalah :

a. Untuk pasir maksimum 5%
b. Untuk kerikil maksimum 1%

Kesimpulan :

Didapatkan nilai rata rata berat agregat yang lolos saringan no.200 sebesar 4,70 % < 5% yang berarti pasir yang diuji lolos persyaratan dan layak untuk digunakan.

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN ABU BATU

(SK SNI M – 8 – 1989 - F)

Asal Material : Merapi

Keperluan : Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (%)		Berat Tertinggal Kumulatif (%)		Persen Lolos Kumulatif (%)		
	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Rata-rata
	1	2	1	2	1	2	1	2	
9,6	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
4,8	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
2,4	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
1,2	46	52	2,30	2,60	2,30	2,60	97,70	97,40	97,55
0,6	232	271	11,59	13,56	13,89	16,16	86,11	83,84	84,98
0,3	721	697	36,01	34,87	49,90	51,03	50,10	48,97	49,54
0,15	698	645	34,87	32,27	84,77	83,29	15,23	16,71	15,97
Sisa	305	334	15,23	16,71	100	100	0,00	0,00	0,00
Jumlah	2002	1999	100	100	150,85	153,08			

Modulus Halus Butir Rata-rata : $\frac{150,85 + 153,08}{200}$

: 1,520

Gradasi Agregat Halus

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

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

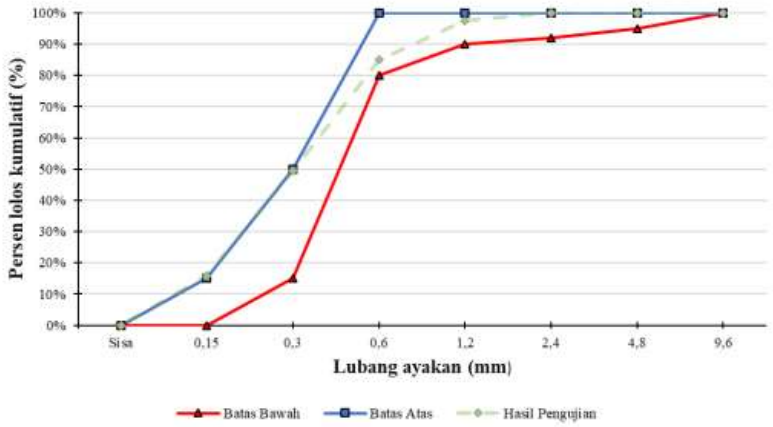
Daerah III : Pasir Agak H alus

Daerah IV : Pasir Halus

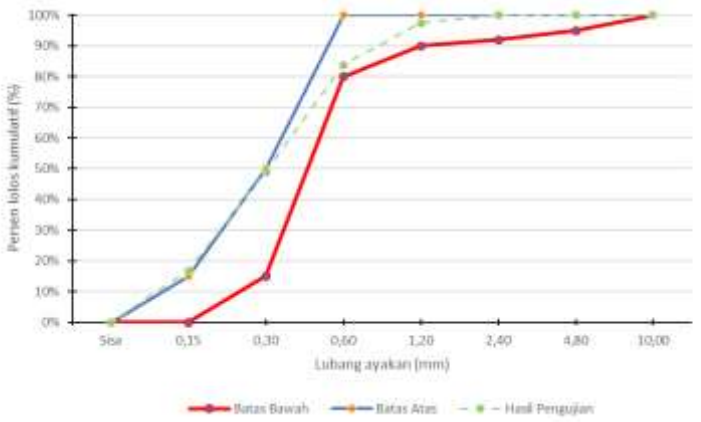
GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

GRADASI DAERAH IV

Sampel I



Sampel 2



PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR ABU BATU

(SNI 03 – 4804 - 1998)

Asal Material : Merapi

Keperluan : Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	11048	11048	11048
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	18311	18276	18294
Berat Agregat (W3), gram	7263	7228	7246
Diameter Tabung (d), cm	15	15	15
Tinggi Tabung (t), cm	30	30	30
Volume Tabung (V) 1/4 x π x d2 x t, (cm^3)	5301,438	5301,44	5301,438
Berat Isi Gembur (W3/V), gram/cm^3	1,370	1,363	1,367

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT ABU BATU

(SNI 03 – 4804 - 1998)

Asal Material : Merapi

Keperluan : Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh : Muhammad Naufal Ali Zidhan

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	9589	9589	9589
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	17904	18083	17994
Berat Agregat (W3), gram	8315	8494	8405
Diameter Tabung (d), cm	15,13	15,13	15,13
Tinggi Tabung (t), cm	30,35	30,35	30,35
Volume Tabung (V) 1/4 x π x d2 x t, (cm^3)	5456,654	5456,65	5456,654
Berat Isi Gembur (W3/V), gram/cm^3	1,524	1,557	1,540

Lampiran 5 Hasil Pengujian *Paving Block*

Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

Nama : Muhammad Naufal Ali Zidhan

NIM : 19511047

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi Normal (+0% *Fly Ash*, +0% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm2	MPa
N1	61,250	60,750	60,850	0,422	3720,938	6450	63274,500	17,005	17,005
N2	61,800	62,850	61,350	0,477	3884,130	6575	64500,750	16,606	16,606
N3	61,300	62,050	61,850	0,463	3803,665	5925	58124,250	15,281	15,281
N4	60,150	61,400	59,850	0,412	3693,210	5800	56898,000	15,406	15,406
N5	63,300	62,000	61,400	0,464	3924,600	7975	78234,750	19,934	19,934
N6	63,950	60,250	60,500	0,422	3852,988	6250	61312,500	15,913	15,913
N7	62,800	62,050	60,200	0,455	3896,740	6675	65481,750	16,804	16,804
N8	63,300	62,000	60,950	0,481	3924,600	8200	80442,000	20,497	20,497
N9	61,700	62,350	61,300	0,433	3846,995	6775	66462,750	17,277	17,277
N10	61,600	62,250	59,300	0,430	3834,600	6650	65236,500	17,013	17,013
Kuat Tekan Rata Rata									17,174

2. *Paving Block* Variasi Variasi I (+10% *Fly Ash*, +0% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm2	MPa
A1	61,350	61,600	58,750	0,475	3779,160	8775	86082,750	22,778	22,778
A2	64,350	62,800	60,850	0,491	4041,180	7650	75046,500	18,570	18,570
A3	63,400	62,400	58,500	0,485	3956,160	8700	85347,000	21,573	21,573
A4	62,300	61,100	61,700	0,454	3806,530	8425	82649,250	21,712	21,712
A5	63,750	62,050	59,150	0,444	3955,688	8725	85592,250	21,638	21,638
A6	63,200	62,050	61,350	0,471	3921,560	8525	83630,250	21,326	21,326
A7	64,050	62,100	59,100	0,490	3977,505	10825	106193,250	26,698	26,698
A8	61,300	64,200	61,500	0,470	3935,460	9500	93195,000	23,681	23,681
A9	62,700	61,750	60,550	0,479	3871,725	7575	74310,750	19,193	19,193
A10	62,100	62,050	61,750	0,476	3853,305	7750	76027,500	19,730	19,730
Kuat Tekan Rata Rata									21,690

3. *Paving Block* Variasi Variasi II (+10% *Fly Ash*, +10% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm2	MPa
B1	63,800	60,650	57,550	0,454	3869,470	7575	74310,750	19,204	19,204
B2	64,100	59,900	62,550	0,494	3839,590	10200	100062,000	26,061	26,061
B3	63,100	63,150	61,200	0,512	3984,765	10525	103250,250	25,911	25,911
B4	63,300	63,500	59,600	0,504	4019,550	10900	106929,000	26,602	26,602
B5	63,200	62,700	57,400	0,474	3962,640	9700	95157,000	24,014	24,014
B6	64,300	64,800	60,400	0,534	4166,640	9050	88780,500	21,307	21,307
B7	62,500	64,800	60,500	0,518	4050,000	8800	86328,000	21,316	21,316
B8	62,800	64,600	59,400	0,505	4056,880	11050	108400,500	26,720	26,720
B9	64,100	62,100	59,500	0,495	3980,610	10425	102269,250	25,692	25,692
B10	64,700	62,500	59,800	0,508	4043,750	11750	115267,500	28,505	28,505
Kuat Tekan Rata Rata									24,533

4. *Paving Block* Variasi III (+10% *Fly Ash*, +20% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm2	MPa
C1	63,600	63,700	59,700	0,475	4051,320	7250	71122,500	17,555	17,555
C2	64,100	62,100	61,500	0,466	3980,610	5250	51502,500	12,938	12,938
C3	63,400	61,300	60,400	0,488	3886,420	6200	60822,000	15,650	15,650
C4	60,400	60,900	59,600	0,407	3678,360	5100	50031,000	13,601	13,601
C5	62,100	62,500	60,500	0,477	3881,250	5575	54690,750	14,091	14,091
C6	63,800	61,600	60,300	0,477	3930,080	6675	65481,750	16,662	16,662
C7	63,600	61,800	60,400	0,422	3930,480	5250	51502,500	13,103	13,103
C8	63,600	61,200	60,400	0,444	3892,320	6025	59105,250	15,185	15,185
C9	62,300	62,100	59,100	0,461	3868,830	7175	70386,750	18,193	18,193
C10	62,700	60,300	60,300	0,446	3780,810	6475	63519,750	16,801	16,801
Kuat Tekan Rata Rata									15,378

5. *Paving Block* Variasi IV (+10% *Fly Ash*, +25% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm2	MPa
D1	64,500	63,300	58,200	0,482	4082,850	6175	60576,750	14,837	14,837
D2	63,400	61,600	59,100	0,480	3905,440	6575	64500,750	16,516	16,516
D3	63,800	60,800	59,400	0,441	3879,040	4300	42183,000	10,875	10,875
D4	62,900	62,600	60,300	0,474	3937,540	4525	44390,250	11,274	11,274
D5	63,400	62,200	59,700	0,480	3943,480	4075	39975,750	10,137	10,137
D6	61,800	61,900	57,600	0,448	3825,420	5100	50031,000	13,079	13,079
D7	62,500	61,300	56,700	0,437	3831,250	5625	55181,250	14,403	14,403
D8	62,200	63,300	57,100	0,460	3937,260	5350	52483,500	13,330	13,330
D9	63,400	64,200	59,600	0,486	4070,280	5300	51993,000	12,774	12,774
D10	63,200	63,200	57,500	0,483	3994,240	4575	44880,750	11,236	11,236
Kuat Tekan Rata Rata									12,846

6. *Paving Block* Variasi V (+10% *Fly Ash*, +30% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat (kg)	Luas Penampang (mm2)	Beban Maksimal		Kuat Tekan	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			Kgf	Newton	Newton/mm2	MPa
E1	62,600	61,600	59,700	0,407	3856,160	4000	39240,000	10,176	10,176
E2	63,500	63,500	59,900	0,451	4032,250	3650	35806,500	8,880	8,880
E3	63,100	63,400	59,600	0,422	4000,540	4050	39730,500	9,931	9,931
E4	62,400	61,800	60,100	0,425	3856,320	5450	53464,500	13,864	13,864
E5	63,700	62,800	58,600	0,436	4000,360	4325	42428,250	10,606	10,606
E6	63,700	62,300	59,700	0,414	3968,510	4250	41692,500	10,506	10,506
E7	63,300	61,900	59,200	0,423	3918,270	4300	42183,000	10,766	10,766
E8	62,300	64,400	57,700	0,420	4012,120	4800	47088,000	11,736	11,736
E9	61,450	62,800	60,300	0,425	3859,060	4175	40956,750	10,613	10,613
E10	63,800	62,600	60,500	0,423	3993,880	3500	34335,000	8,597	8,597
Kuat Tekan Rata Rata									10,568

Diperiksa Oleh,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Disetujui,
Kepala Laboratorium BKT

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

Ir. Faik Musthofa, S.T., M.Eng

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks.3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Muhammad Naufal Ali Zidhan

NIM : 19511047

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi Normal (+0% *Fly Ash*, +0% Abu Batu)

Kode Sampel	Berat		Dimensi			Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
N1	94,86	94,24	48,65	51,10	21,00	0,62	5	0,124	0,181
N2	112,98	112,38	51,45	50,65	24,55	0,60	5	0,120	0,176
N3	121,94	121,33	52,50	51,50	23,45	0,61	5	0,122	0,178
N4	108,00	107,39	51,80	53,85	21,55	0,61	5	0,122	0,178
N5	85,00	84,40	50,70	51,05	18,20	0,60	5	0,120	0,176
Nilai Rata-Rata									0,178

2. *Paving Block* Variasi I (+10% *Fly Ash*, +0% Abu Batu)

Kode Sampel	Berat		Dimensi			Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
A1	94,50	94,01	51,10	52,80	19,40	0,49	5	0,098	0,148
A2	103,23	102,76	51,05	51,00	21,30	0,47	5	0,094	0,143
A3	122,32	121,88	52,35	52,35	22,70	0,44	5	0,088	0,135
A4	108,90	108,43	50,70	50,00	22,50	0,47	5	0,094	0,143
A5	109,23	108,75	53,40	53,25	20,60	0,48	5	0,096	0,146
Nilai Rata-Rata									0,143

3. *Paving Block* Variasi II (+10% *Fly Ash*, +10% Abu Batu)

Kode Sampel	Berat		Dimensi			Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
B1	129,31	128,91	53,00	53,20	22,30	0,40	5	0,080	0,125
B2	111,27	110,79	52,65	49,00	21,35	0,48	5	0,096	0,146
B3	103,10	102,57	51,40	53,40	20,35	0,53	5	0,106	0,158
B4	112,30	111,75	53,00	52,25	20,20	0,55	5	0,110	0,163
B5	116,45	115,97	51,40	53,15	21,60	0,48	5	0,096	0,146
Nilai Rata-Rata									0,148

4. *Paving Block* Variasi Variasi III (+10% *Fly Ash*, +20% Abu Batu)

Kode Sampel	Berat		Dimensi			Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
C1	109,69	108,92	51,45	52,00	22,20	0,77	5	0,154	0,219
C2	82,59	81,74	49,20	52,25	18,55	0,85	5	0,170	0,239
C3	98,30	97,48	51,85	52,45	21,60	0,82	5	0,164	0,231
C4	95,62	94,91	51,85	52,45	20,50	0,71	5	0,142	0,204
C5	108,69	107,97	49,50	51,00	22,95	0,72	5	0,144	0,206
Nilai Rata-Rata									0,220

5. *Paving Block* Variasi IV (+10% *Fly Ash*, +25% Abu Batu)

Kode Sampel	Berat		Dimensi			Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
D1	107,14	106,31	54,00	52,70	18,30	0,83	5	0,166	0,234
D2	102,99	102,10	53,00	54,40	18,90	0,89	5	0,178	0,249
D3	111,03	110,17	50,85	53,00	21,45	0,86	5	0,172	0,241
D4	99,28	98,45	55,40	52,10	21,45	0,83	5	0,166	0,234
D5	97,45	96,56	50,80	51,90	20,00	0,89	5	0,178	0,249
Nilai Rata-Rata									0,241

6. *Paving Block* Variasi V (+10% *Fly Ash*, +30% Abu Batu)

Kode Sampel	Berat		Dimensi			Selisih (gram)	Waktu (menit)	Kehilangan Berat (gram/menit)	Keausan (mm/menit)
	Awal (gram)	Akhir (gram)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
E1	86,67	85,61	51,00	53,95	20,95	1,06	5	0,212	0,292
E2	110,46	109,36	51,70	52,45	22,60	1,10	5	0,220	0,302
E3	78,99	77,82	49,15	48,50	19,30	1,17	5	0,234	0,319
E4	88,30	87,15	53,90	50,50	20,40	1,15	5	0,230	0,314
E5	96,84	95,68	53,00	51,35	20,75	1,16	5	0,232	0,317
Nilai Rata-Rata									0,309

Diperiksa Oleh,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Disetujui,
Kepala Laboratorium BKT

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

Ir. Ilik Mustnthofa, S.T., M.Eng

Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Muhammad Naufal Ali Zidhan

NIM : 19511047

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

1. *Paving Block* Variasi Normal (+0% *Fly Ash*, +0% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
N1	20,0	10,9	6,1	2441	2291	6,547
N2	19,9	10,0	5,9	2350	2184	7,601
N3	20,0	10,0	6,0	2383	2223	7,197
N4	19,9	9,8	5,9	2374	2208	7,518
N5	20,0	10,0	5,9	2378	2217	7,262
Nilai Rata-Rata						7,225

2. *Paving Block* Variasi I (+10% *Fly Ash*, +0% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
A1	19,9	10,0	6,2	2426	2290	5,939
A2	19,9	10,0	6,0	2470	2341	5,510
A3	19,9	10,0	6,1	2441	2295	6,362
A4	20,1	10,1	6,2	2493	2341	6,493
A5	20,0	9,9	6,1	2453	2309	6,236
Nilai Rata-Rata						6,108

3. *Paving Block* Variasi II (+10% *Fly Ash*, +10% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
B1	20,0	10,0	6,1	2455	2285	7,440
B2	20,0	10,0	5,9	2471	2320	6,509
B3	20,0	10,0	5,8	2420	2245	7,795
B4	20,0	10,0	5,9	2881	2653	8,594
B5	20,0	10,0	5,8	2390	2233	7,031
Nilai Rata-Rata						7,747

4. *Paving Block* Variasi III (+10% *Fly Ash*, +20% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
C1	20,0	10,0	6,1	2331	2132	9,334
C2	20,0	10,0	5,8	2349	2167	8,399
C3	20,0	9,9	6,0	2272	2101	8,139
C4	20,0	9,9	5,9	2348	2154	9,006
C5	20,1	10,0	5,9	2350	2167	8,445
Nilai Rata-Rata						8,665

5. *Paving Block* Variasi IV (+10% *Fly Ash*, +25% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
D1	20,0	9,9	5,9	2260	2056	9,922
D2	20,0	9,9	5,9	2328	2144	8,582
D3	20,0	9,9	5,9	2364	2148	10,056
D4	19,9	9,9	6,1	2458	2241	9,683
D5	20,0	9,9	5,8	2317	2107	9,967
Nilai Rata-Rata						9,642

6. *Paving Block* Variasi V (+10% *Fly Ash*, +30% Abu Batu)

Kode Sampel	Dimensi			Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Penyerapan Air (%)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)			
E1	20,0	9,9	6,0	2285	2080	9,856
E2	20,0	9,9	5,9	2261	2050	10,293
E3	20,1	10,0	6,8	2327	2102	10,704
E4	19,9	9,9	6,1	2278	2056	10,798
E5	20,0	9,9	5,9	2269	2036	11,444
Nilai Rata-Rata						10,619



Lampiran 6 Proses Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji *Paving Block*



Gambar L-6.1 Persiapan Bahan



Gambar L-6.2 Pencampuran Bahan



Gambar L-6.3 Pencetakan *Paving Block*



Gambar L-6.4 Pengeringan *Paving Block*



Gambar L-6.4 Perendaman *Paving Block*

Lampiran 7 Dokumentasi Survei Dan Wawancara



Gambar L-7.1 Wawancara Tenaga Kerja PIMVM



Gambar L-7.2 Survei Harga CV. Mustika Sejati



Gambar L-7.3 Survei Harga Pundi Permata *Paving Block*

Lampiran 8 Transkrip Wawancara

TRANSKRIP WAWANCARA

Narasumber

Nama : Suluk

Pekerjaan : Pegawai Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia

Waktu Wawancara : Selasa, 22 Agustus 2023

Hasil Wawancara :

Penulis	:Assalamualaikum pak suluk. Sebelumnya mohon maaf mengganggu waktu bapak, terkait dengan tugas akhir saya mengenai perbandingan harga *paving block* apakah bapak bersedia untuk saya wawancarai?
Narasumber	: Waalaikumsalam, iya silahkan mas.
Penulis	: Untuk yang pertama, sistem penjualan dan harga *paving block* itu bagaimana ya pak?
Narasumber	: Untuk sistem penjualan *paving block* itu dijual per meter persegi (m^2) mas, dan untuk harga nya mutu K200 itu Rp65.000 sedangkan mutu K300 itu Rp75.000.
Penulis	: Baik pak, untuk pengadaan material nya itu bagaimana ya pak?
Narasumber	: kalok untuk material sendiri kita semen beli biasanya per 2 ton dengan harga sekitar 24-26 juta, kalau untuk pasir itu dari merapi belinya kadang bisa 2-3 rit yang harga 1 rit nya 1,1 juta, sama kalau abu batu itukan jarang digunakan jadi ga menentu mas, kalau habis ya paling beli satu colt itu harganya Rp200.000.
Penulis	: Kalau bapak sendiri mulai kerja di PIMVM ini dari tahun berapa ya pak?

Narasumber : Waduh kalok untuk pastinya saya lupa mas kira kira antara tahun 2010 atau 2011 gitu. Dulu PIMVM kan masih di belakang gedung FTI (Fakultas Teknologi Industri) mas, terus pindah kesini itu udah sekitar 6 tahun tahun yang lalu mas.

Penulis : Kalau mesin *press* sama mesin *mixer* yang buat cetak batako dan *paving block* itu kira kira harganya berapa ya pak?

Narasumber : Mesin *press* yang buat cetak itu kurang tau juga mas, coba mas cari aja di *online* banyak kok mas.

Penulis : Ini kalau saya cari di toko *online* harganya kisaran 90 juta pak untuk mesin *press* yang bisa cetak batako dan *paving block*, untuk mesin *mixer* nya yang diameter 120 cm di harga 20 juta pak.

Narasumber : Ya kisaran segitu mas untuk harganya itu nanti bisa dipake buat sekitar 15 tahun.

Penulis : Baik pak, di PIMVM sendiri itu ada berapa pekerja ya pak?

Narasumber : Disini itu ada 2 pekerja mas, saya sendiri dan Mas Andi.

Penulis : Kalau dengan 2 pekerja itu seharinya bisa cetak *paving block* berapa dan di PIMVM menerapkan berapa hari kerja pak?

Narasumber : Kalau kami biasanya sehari itu rata-rata bisa 130 papan bisa juga lebih mas, satu papan nya berisi 12 *paving block*, hari kerja kita 6 hari mas untuk hari minggu libur.

Penulis : Oh iya pak, kalau untuk pengadaan papan alas nya itu sistem nya gimana ya pak?

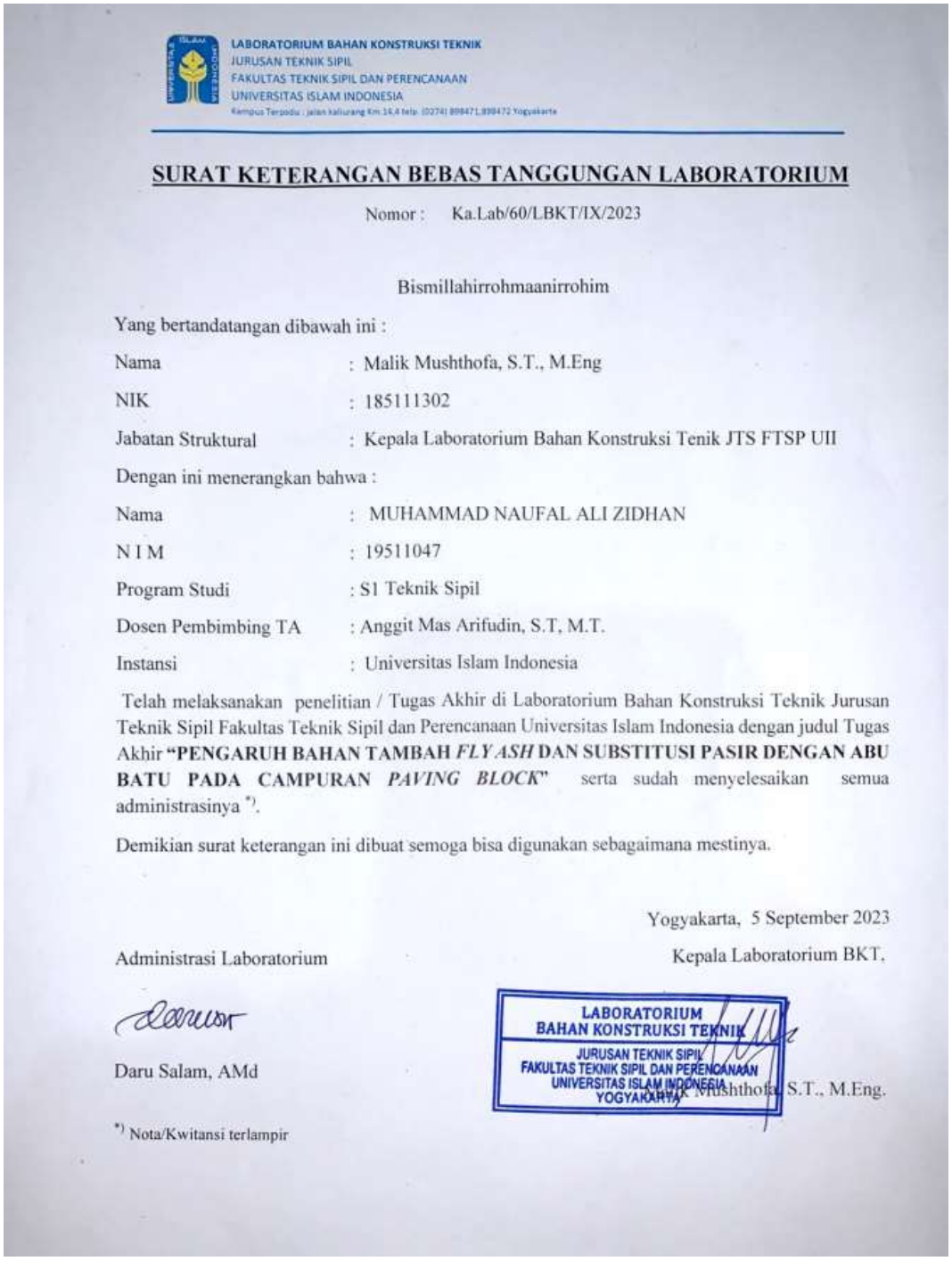
Narasumber : Papan alas itu belinya per lembar sih mas, harga 1 lembar nya sekitar Rp90.000 itu dipotong bisa jadi 6 papan.

Penulis : Baik pak, sebelumnya mohon maaf pak kalau boleh tau sistem gaji disini itu bagaimana ya pak?

Narasumber : Kalau sistem gaji tergantung mas, kalau baru ada mahasiswa yang penelitian itu nanti sistem gajinya harian sekitar Rp100.000 mas, tapi kalok baru cetak ya dihitung nya per papan itu untuk cetak satu papan diharga Rp2000 mas.

Penulis	: Kalau boleh tau lagi apakah bapak menerima THR setiap tahunnya?
Narasumber	: THR itu saya sama Mas Andi pasti dapat mas, biasanya per orang Rp350.000.
Penulis	: Mungkin ini pertanyaan terakhir pak terkait dengan listrik dan air itu per bulan nya habis berapa pak?
Narasumber	: Oh kalau air kan kita ada sumur sendiri ya mas jadi tidak bayar, kalau listrik per bulan itu akhir akhir ini habis antara Rp560.000 sampai Rp600.000 tapi ga lebih dari itu mas.
Penulis	: Baik pak, Terima kasih Pak Suluk atas waktu dan informasi yang telah diberikan.
Narasumber	: Sama-sama mas, kalau masih ada yang mau ditanyakan monggo main ke PIMVM sini mas.
Penulis	: Siap pak.

Lampiran 9 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu : jalan kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 898471,898472 Yogyakarta

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : Ka.Lab/60/LBKT/IX/2023

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

NIK : 185111302

Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Tenik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : MUHAMMAD NAUFAL ALI ZIDHAN

N I M : 19511047

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Dosen Pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T.

Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"PENGARUH BAHAN TAMBAH *FLY ASH* DAN SUBSTITUSI PASIR DENGAN ABU BATU PADA CAMPURAN *PAVING BLOCK*"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya *).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 5 September 2023

Administrasi Laboratorium

Daru Salam, AMd

Kepala Laboratorium BKT,

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

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

*) Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 10 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi

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

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI
Nomor: 2163024123/Perpus./10/Dir.Perpus/IX/2023

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama	: Muhammad Naufal Ali Zidhan
Nomor Mahasiswa	: 19511047
Pembimbing	: Anggit Mas Arifudin, S.T.,
Fakultas / Prodi	: Teknik Sipil dan Perencanaan/ TEKNIK SIPIL
Judul Karya Ilmiah	: PENGARUH BAHAN TAMBAH FLY ASH DAN SUBTITUSI PASIR DENGAN ABU BATU PADA CAMPURAN PAVING BLOCK

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **18 (Delapan Belas) %.**

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 9/11/2023
Direktur

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
DIREKTORAT PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

Muhammad Jamil, SIP.