

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNANAAN ABU BATU SEBAGAI
PENGGANTI SEBAGIAN PASIR TERHADAP KUAT
TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR
PADA *PAVING BLOCK***

***(THE EFFECT OF THE USE OF STONE ASH AS A
PART OF SAND REPLACEMENT ON COMPRESSIVE
STRENGTH, WEAR RESISTANCE, AND WATER
ABSORPTION IN PAVING BLOCK)***

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



**Anandityo Rama Aji
17511104**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN PASIR TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR PADA PAVING BLOCK (THE EFFECT OF THE USE OF STONE ASH AS A PART OF SAND REPLACEMENT ON COMPRESSIVE STRENGTH, WEAR RESISTANCE, AND WATER ABSORPTION IN PAVING BLOCK)

Disusun oleh



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

Diuji pada tanggal 25 Agustus 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

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

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
NIK : 155111306

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 185111304

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 18 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Anandityo Rama Aji

(17511104)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.,

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

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

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing
3. Kedua orang tua yang selalu mendoakan, mendidik dan selalu memotivasi dengan penuh kesabaran serta kasih sayang kepada penulis.
4. Zha Zha Noor Zavitri yang selalu memberikan dukungan terhadap penulis.
5. Teman-teman penulis yang menemani selama perkuliahan di Teknik Sipil UII
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 18 Agustus 2022

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anandityo Rama Aji'.

Anandityo Rama Aji

(17511104)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu	4
2.2 Perbandingan Penelitian	6
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 <i>Paving Block</i>	11
3.2 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	12
3.2.1 Agregat Halus	12
3.2.2 Semen <i>Portland</i>	14
3.2.3 Air	16
3.2.4 Abu Batu	17
3.3 Pengujian <i>Paving Block</i>	18
3.3.1 Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	18
3.3.2 Ketahanan Aus	19
3.3.3 Penyerapan Air	19

BAB IV METODE PENELITIAN	21
4.1 Umum	21
4.2 Alat dan Bahan	22
4.2.1 Alat	22
4.2.2 Bahan	27
4.3 Pelaksanaan Penelitian	28
4.3.1 Persiapan	28
4.3.2 Proses Pencampuran	34
4.3.3 Pembuatan Benda Uji	35
4.3.4 Perawatan Benda Uji	36
4.3.5 Pemotongan Benda Uji	37
4.3.6 Pengujian Benda Uji	37
4.4 Diagram Alir Penelitian	40
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	42
5.1 Tinjauan Umum	42
5.2 Hasil Pengujian Bahan	42
5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus	42
5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	49
5.3.1 Perhitungan Kebutuhan Agregat Halus	50
5.3.2 Perhitungan Kebutuhan Semen	50
5.3.3 Perhitungan Kebutuhan Abu Batu	50
5.4 Hasil Pengujian <i>Paving Block</i>	51
5.4.1 Pengujian Kuat Tekan	51
5.4.2 Pengujian Penyerapan Air	62
5.4.3 Pengujian Ketahanan Aus	56
5.5 Pembahasan Keseluruhan	66
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti	7
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika <i>Paving Block</i>	11
Tabel 3.2 Batas – Batas Gradasi Untuk Agregat Halus	14
Tabel 3.3 Susunan Unsur Semen	15
Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian	21
Tabel 4.2 Ukuran Sampel Pengujian	22
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus	43
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	44
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	45
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur	45
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Abu Batu	46
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu	48
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	48
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur	49
Tabel 5.9 Komposisi Kebutuhan Campuran <i>Paving Block</i>	51
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%	52
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 10%	52
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 20%	52
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 25%	53
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 30%	53
Tabel 5.15 Penggolongan Mutu Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	55
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 0%	57
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 10%	57
Tabel 5.18 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 20%	57
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 25%	58
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 30%	58
Tabel 5.21 Penggolongan Mutu Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	60
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 0%	62
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 10%	62

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 20%	62
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 25%	63
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 30%	63
Tabel 5.27 Penggolongan Mutu Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Abu Batu	18
Gambar 4.1 Timbangan	22
Gambar 4.2 Sendok Semen (cetok)	23
Gambar 4.3 Oven	23
Gambar 4.4 Ember	24
Gambar 4.5 Tongkat Penumbuk	24
Gambar 4.6 Pan	25
Gambar 4.7 Mesin Press <i>Paving Block</i>	25
Gambar 4.8 Mesin Kuat Tekan	26
Gambar 4.9 Mesin Ketahanan Aus	26
Gambar 4.10 Agregat Halus	27
Gambar 4.11 Semen <i>Portland</i>	27
Gambar 4.12 Abu Batu	28
Gambar 4.15 Proses Pencampuran Bahan	35
Gambar 4.16 Proses Pembuatan Benda Uji	36
Gambar 4.17 Proses Perawatan Benda Uji	37
Gambar 4.18 Pemotongan Benda Uji	37
Gambar 4.19 Pengujian Kuat Tekan	38
Gambar 4.20 Pengujian Penyerapan Air	39
Gambar 4.21 Pengujian Ketahanan Aus	40
Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Halus Daerah II	44
Gambar 5.2 Grafik Analisa Saringan Halus Daerah II	47
Gambar 5.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	54
Gambar 5.4 Grafik Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	64
Gambar 5.5 Grafik Pengujian Ketahanan Aus	59
Gambar 5.6 Grafik Keseluruhan Pengujian	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat yang digunakan	71
Lampiran 2 Bahan yang Digunakan	76
Lampiran 3 Proses Pengujian	78
Lampiran 4 Benda Uji Setelah Diuji	81
Lampiran 5 Surat Izin Pemakaian Laboratorium	86
Lampiran 6 Surat Izin Kegiatan Dalam Masa Tanggap Darurat Covid-19	87
Lampiran 7 Hasil Pengujian	88
Lampiran 8 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium	104
Lampiran 9 Surat Keterangan Bebas Plagiasi	105

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pracetak di Indonesia pada zaman sekarang mulai berkembang pesat. *Paving block* merupakan salah satu teknologi pracetak yang mudah pada saat pemeliharaan, pengerjaan, serta pemasangannya. *Paving block* yang digunakan dalam perkerasan jalan harus memenuhi beberapa syarat yang tertulis pada SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*), diantara syarat yang tertulis *paving block* harus memiliki kekuatan terhadap gaya gesekan dari roda kendaraan yang melintas, serta kekuatan terhadap lingkungan seperti air hujan. Selain itu *paving block* juga harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban kendaraan yang melintas di atasnya. Untuk meningkatkan mutu yang dimiliki *paving block* dengan menggunakan abu batu yang difungsikan untuk mengganti sebagian pasir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Penelitian dimulai dari pembuatan *paving block* yang memiliki presentase variasi abu batu sebagai pengganti sebagian pasir sebesar 0%, 10%, 20%, 25% dan 30%. Setelah pembuatan, *paving block* melalui proses perawatan selama 28 hari dan dikeringkan suhu ruangan 1 hari.. Setelah proses tersebut selesai, barulah *paving block* diuji sesuai dengan yang tertera pada SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai optimum yang didapatkan pada variasi 10% dengan kuat tekan sebesar 31,268MPa, ketahanan aus sebesar 0,189mm/menit dan penyerapan air sebesar 6,405 %

Kata kunci : Abu Batu, , *Paving Block*, Pengujian *Paving Block*

ABSTRACT

The development of precast technology in Indonesia today is starting to grow rapidly. Paving block is a precast technology that is easy to maintain, work on, and install. Paving blocks used in road pavements must meet several requirements written in SNI 03-0691-1996 regarding concrete bricks (paving blocks), among the written requirements paving blocks must have strength against frictional forces from passing vehicle wheels, as well as strength against the environment. like rainwater. In addition, the paving block must also have sufficient strength to withstand the load of vehicles passing on it. To improve the quality of paving blocks by using stone ash which is used to replace some of the sand. This study aims to determine the value of compressive strength, wear resistance and water absorption according to SNI 03-0691-1996.

The study started from the manufacture of paving blocks which have a percentage of stone ash variations as a partial substitute for sand of 0%, 10%, 20%, 25% and 30%. After manufacture, paving blocks go through a treatment process for 28 days and dry at room temperature for 1 day. After the process is complete, then the paving blocks are tested according to what is stated in SNI 03-0691-1996.

Based on the test results, the optimum value obtained at 10% variation with compressive strength of 31.268MPa, wear resistance of 0.189mm/minute and water absorption of 6.405%.

Keywords: *Stone Ash, Paving Block, Paving Block Testing*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pracetak di Indonesia pada zaman sekarang mulai berkembang pesat. *Paving block* merupakan salah satu teknologi pracetak yang mudah pada saat pemeliharaan, pengerjaan, serta pemasangannya. *Paving block* yang digunakan dalam perkerasan jalan harus memenuhi beberapa syarat yang tertulis pada SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*), diantara syarat yang tertulis *paving block* harus memiliki kekuatan terhadap gaya dari roda kendaraan yang melintas, serta kekuatan terhadap lingkungan seperti air hujan. Selain itu *paving block* juga harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban kendaraan yang melintas di atasnya.

Secara struktural *paving block* memiliki kekuatan yang besar, kekuatan yang dimaksud adalah *paving block* disini tidak mudah hancur dimana *paving block* memiliki kepadatan dan kerapatan body yang baik, tetapi dibalik kekuatan tersebut *paving block* juga memiliki kelamahan pada kuat tekan yang cukup rendah. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, solusi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengganti sebagian pasir dengan abu batu pada campuran *paving block* tersebut.

Abu batu merupakan agregat halus yang lolos ayakan diameter 4.75mm dan tertahan ayakan 0,075 mm. Agregat abu batu juga dapat disebut dengan material granular, yang terdiri atas butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu produk yang baik. Agregat ini diperoleh dari pabrik pemecah batu (*stone crusher*). Selain untuk bahan beton agregat abu batu ini juga biasa dijadikan untuk campuran pada proses pengaspalan dan dapat juga di gunakan sebagai pengganti pasir. Pada penelitian ini abu batu digunakan untuk mengganti sebagian pasir yang berguna untuk mengurangi penggunaan pasir mengingat harga pasir yang lebih mahal dari abu batu. Harga pasir merapi Rp200.000 sedangkan harga abu batu Rp115.000.

Oleh karena itu penulis memanfaatkan abu batu yang merupakan hasil dari pabrik pemecah batu (*stone crusher*) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti dalam pembuatan *paving block*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana peningkatan kuat tekan pada *paving block* yang menggunakan bahan pengganti abu batu?
2. Bagaimana tingkat ketahanan aus *paving block* dengan bahan pengganti abu batu?
3. Bagaimana tingkat penyerapan air *paving block* dengan bahan pengganti abu batu?
4. Apakah *paving block* dengan bahan pengganti abu batu memenuhi mutu A pada SNI 03-0691-1996?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui peningkatan kuat tekan pada *paving block* dengan bahan pengganti abu batu.
2. Mengetahui ketahanan aus pada *paving block* yang terdapat bahan pengganti abu batu.
3. Mengetahui penyerapan pada *paving block* yang terdapat bahan pengganti abu batu
4. Membuat pembaruan *paving block* untuk mencapai mutu A berdasarkan SNI 03-0691-1996.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menjembatani penelitian – penelitian terdahulu sebagai bahan masukan dalam bidang struktur dan konstruksi yang dijadikan referensi pada perkembangan proyek konstruksi di Indonesia

2. Memanfaatkan abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir pembuatan *paving block*.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk lebih mempermudah penelitian ini maka permasalahan akan di batasi sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi Universitas Islam Indonesia (UII).
2. Abu batu yang didapatkan dari hasil pabrik pemecah batu (*stone crusher*) yang berada di Cangkringan, Sleman, Yogyakarta.
3. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari gunung Merapi dengan kriteria lolos saringan berdiameter 4,75mm.
4. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC Merk Tiga Roda.
5. Variasi campuran bahan pengganti yang digunakan pada campuran *paving block* adalah sebanyak 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% dari berat pasir.
6. Penelitian dibatasi pada pengujian kuat tekan, ketahan aus, dan penyerapan air
7. Jumlah sampel yang akan di buat sebanyak 60 sampel dengan rincian 12 buah sampel per variasi dengan perendaman selama 28 hari.
8. Ukuran *paving block* 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan bentuk persegi
9. Air yang digunakan berasal dari laboratorium pusat inovasi Universitas Islam Indonesia (UII).
10. Pengujian ini hanya dilakukan pada uji kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air.
11. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara membasahi permukaan *paving block* atau merendamnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Pada pengerjaan tugas akhir, saya melampirkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai referensi, informasi, dan acuan pada penelitian ini. Berikut adalah penelitian terdahulu yang saya pakai sebagai referensi.

1. Prayogo (2017) meneliti tentang analisa kuat tekan *paving block* dengan abu batu sebagai bahan tambah. Pada penelitian ini menggunakan 3 macam komposisi campuran dan 1 komposisi control. Tahapan penelitian meliputi: perencanaan model dan komposisi benda uji berdasarkan perbandingan (1Pc:8Ps:10% Ab, 1Pc:8Ps:20% AB, 1Pc:8Ps:30% AB dan 1Pc:8Ps sebagai kontrol). Teknik analisa data menggunakan SNI 03-0691-1996. Hasil rata-rata pengujian diperoleh data sebagai berikut: Penyerapan air untuk masing-masing komposisi sevara berurutan sebesar 29,9%, 28,4%, dan 18,8% yang memenuhi syarat mutu adalah komposisi D. Kuat tekan rata-rata untuk setiap komposisi berurutan sebesar 19.20 kg/cm², 15,56 kg/cm² dan 32,75 kg/cm². masing-masing masuk kedalam syarat mutu B, C dan A. Komposisi 1Pc:8Ps:30% AB adalah komposisi terbaik menurut syarat mutu SNI 03-0691-1996 dengan penyerapan air mutu D, kuat tekan masuk mutu A.
2. Viedra dkk (2019) meneliti pemanfaatan kombinasi limbah abu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus pada *paving block*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik paving block dengan pemanfaatan kombinasi abu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus, serta mengetahui kadar kombinasi abu batu dan abu dasar yang optimum untuk menghasilkan paving block dengan kuat tekan yang maksimum. Penelitian ini menggunakan 5 variasi campuran pada paving block yaitu 0% abu batu 0% abu dasar, 10% abu batu 10 % abu dasar, 20% abu batu 20% abu dasar, 30% abu batu 30% abu dasar dan 40% abu batu 40% abu dasar sebagai pengganti sebagian pasir. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 210

mm x 105 mm x 60 mm yang dicetak dengan menggunakan mesin press hidrolik. Pengujian ukuran dan tampak luar, berat jenis, penyerapan air, kadar air, berat isi dan uji jatuh dilakukan pada hari ke-28 setelah pembuatan benda uji. Sedangkan pengujian kuat tekan paving block dilakukan pada hari ke-7, 14, 21 dan 28 setelah pembuatan benda uji. Hasil pengujian ukuran, tampak luar, penyerapan air dan kuat tekan memenuhi standard. Berdasarkan penyerapan airnya, paving block tergolong mutu B (digunakan untuk pelataran parkir) dan mutu C (digunakan untuk pejalan kaki), namun menurut kuat tekannya, paving block tergolong mutu A (digunakan untuk jalan) dan mutu B (digunakan untuk pelataran parkir) berdasarkan SNI 03-0691-1996. Kadar optimum kombinasi abu batu dan abu dasar yang didapatkan dalam penelitian ini adalah sebesar 40% abu batu dan 40% abu dasar dengan kuat tekan 46,426 MPa

3. Nugroho (2020) meneliti tentang pemanfaatan abu batu dalam pembuatan paving block dengan metode tekanan. Pada penelitian ini untuk meningkatkan kuat tekan dan penyerapan air, menggunakan bahan campur abu batu sebanyak 30 % terhadap berat pasir. Komposisi paving blok antara lain yaitu semen agregat halus, serta penambahan abu batu. Jumlah benda uji untuk kuat tekan 32 benda uji, 16 benda uji tanpa menggunakan bahan tambah abu batu dengan variasi 500 kg 5 Tumbukan, 500 kg 10 Tumbukan, 600 kg 5 Tumbukan dan 600 kg 10 Tumbukan, dan 16 benda uji dengan variasi sama yang ditambahkan abu batu sebanyak 30% dari berat pasir. Benda uji untuk penyerapan air 32 benda uji dengan variasi yang sama. Benda uji berbentuk kubus 6 cm x 6 cm x 6 cm dan pengujian dilakukan setelah paving berumur 28 hari. Pada hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air paving blok tanpa bahan tambahan abu batu untuk variasi 500 kg 5 tumbukan memiliki nilai kuat tekan sebesar 8,54 MPa, dengan nilai penyerapan air 14,78 %, untuk variasi 500 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan sebesar 9,31 MPa, dengan nilai penyerapan air sebesar 11,05 %, untuk variasi 600 kg 5 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 9,03 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 12,00 % dan untuk variasi 600 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 10,14 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 10,11 %. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan dan

penyerapan air paving blok dengan bahan tambah abu batu untuk variasi 500Kg 5 tumbukan memiliki nilai kuat tekan sebesar 9,24 MPa, dengan nilai penyerapan air 15,04 %, untuk variasi 500 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan sebesar 10,28 MPa, dengan nilai penyerapan air sebesar 12,41 %, untuk variasi 600Kg 5 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 9,72 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 13,10 % sedangkan untuk variasi 600 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 11,04 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 11,03 %

4. Syarah (2022) meneliti tentang pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus untuk pembuatan *paving block*. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan peningkatan kekuatan tekan paving block dengan substitusi abu batu, sampah dari pengolahan dari industry pemecah batu. Penelitian ini dilakukan pada paving block dengan mutu kuat tekan K225 kg/cm² dengan substitusi campuran abu batu sebagai pengganti agregat halus pasir. Varian yang dilakukan lima macam yaitu 0%,10%,20%,30% dan 40% dan benda uji paving block berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan jumlah sampel uji sebanyak 75. Pengujian material dan sampel paving block dilakukan dilaboratorium Teknologi beton Universitas Bung Hatta dan pembuatan sampel dilakukan di industry paving block Sinar Diamond Padang. Analisis statistik digunakan untuk menganalisa daya kuat tekan karakteristik beton paving block ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada substitusi 20% abu batu didapatkan nilai kuat tekan optimum sebesar 22,4 Mpa atau setara dengan K228 kg/cm²

2.2 Perbandingan Penelitian

Berdasarkan tinjauan yang dilakukan sebelumnya yang telah dijelaskan diatas, maka dapat penulis simpulkan terdapat perbedaan penelitian yang akan diteliti. Berikut adalah perbedaan penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan diteliti sekarang yang disajikan pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti

		Penelitian Terdahulu			Penelitian Sekarang
Nama	Prayogo	Viedra dkk	Nugroho	Syarah	Aji
Tahun	(2017)	(2019)	(2020)	(2022)	(2022)
Judul Penelitian	Analisa Kuat Tekan <i>Paving Block</i> dengan Abu Batu sebagai Bahan Tambah	Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Batu dan Abu Dasar sebagai Substitusi Agregat Halus pada <i>Paving Block</i>	Pemanfaatan Abu Batu dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> dengan Metode Tekanan	Pengaruh Abu Batu sebagai Substitusi Agregat Halus untuk Pembuatan <i>Paving Block</i>	Pengaruh Penggunaan Bahan Pengganti Abu Batu Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, dan Penyerapan Air Pada <i>Paving Block</i> .
Tujuan Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui penyerapan air rata-rata dari 3 macam komposisi campuran <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu. Mengetahui kuat tekan rata-rata dari 3 macam komposisi campuran <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu 	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik paving block dengan pemanfaatan kombinasi abu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus, serta mengetahui kadar kombinasi abu batu dan abu dasar yang optimum untuk menghasilkan paving block dengan kuat tekan yang maksimum	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui nilai rata-rata kuat tekan paving block dengan substitusi agregat abu batu dengan variasi tekanan dan tumbukan menggunakan alat tekanan momen. Mengetahui nilai presentase daya serap air paving block dengan substitusi agregat abu batu dengan variasi tekanan dan tumbukan menggunakan alat tekanan momen. 	Penelitian ini dilakukan pada paving block dengan mutu kuat tekan K225 kg/cm ² dengan substitusi campuran abu batu sebagai pengganti agregat halus pasir. Varian yang dilakukan lima macam yaitu 0%,10%,20%,30% dan 40% dan benda uji paving block berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan jumlah sampel uji sebanyak 75.	<ol style="list-style-type: none"> Mengetahui peningkatan kuat tekan pada <i>paving block</i> dengan bahan pengganti abu batu Membuat pembaruan <i>paving block</i> untuk mencapai mutu A berdasarkan SNI 03-0691-1996. Mengetahui ketahanan aus pada <i>paving block</i> yang terdapat bahan pengganti abu batu.

Sumber: Prayogo (2017), Viedra dkk (2019), Nugroho (2020), Syarah (2022), & Aji (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti

		Penelitian Terdahulu			Penelitian Sekarang
Nama	Prayogo	Viedra dkk	Nugoroho	Syarah	Aji
Tahun	(2017)	(2019)	(2020)	(2022)	(2022)
Tujuan Penelitian	3. Mengetahui komposisi campuran <i>paving block</i> yang menghasilkan kuat tekan maksimal menurut hasil pengujian			Pengujian material dan sampel paving block dilakukan dilaboratorium Teknologi beton Universitas Bung Hatta dan pembuatan sampel dilakukan di industry paving block Sinar Diamond Padang. Analisis statistik digunakan untuk menganalisa daya kuat tekan karakteristik beton paving block ini.	4. Mengetahui penyerapan pada <i>paving block</i> yang terdapat bahan pengganti abu batu

Sumber: Prayogo (2017), Viedra dkk (2019), Nugroho (2020), Syarah (2022), & Aji (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti

		Penelitian Terdahulu			Penelitian Sekarang
Nama	Prayogo	Viedra dkk	Nugoroho	Syarah	Aji
Tahun	(2017)	(2019)	(2020)	(2022)	(2022)
Hasil Penelitian	<p>Hasil rata-rata pengujian diperoleh data sebagai berikut: Penyerapan air untuk masing-masing komposisi sevara berurutan sebesar 29,9%, 28,4%, dan 18,8% yang memenuhi syarat mutu adalah komposisi D. Kuat tekan rata-rata untuk setiap komposisi berurutan sebesar 19.20 kg/cm², 15,56 kg/cm² dan 32,75 kg/cm². masing-masing masuk kedalam syarat mutu B, C dan A. Komposisi 1Pc:8Ps:30%AB adalah komposisi terbaik menurut syarat mutu SNI 03-0691-1996 dengan penyerapan air mutu D, kuat tekan masuk mutu A</p>	<p>Hasil pengujian ukuran, tampak luar, penyerapan air dan kuat tekan memenuhi standard. Berdasarkan penyerapan airnya, paving block tergolong mutu B (digunakan untuk pelataran parkir) dan mutu C (digunakan untuk pejalan kaki), namun menurut kuat tekannya, paving block tergolong mutu A (digunakan untuk jalan) dan mutu B (digunakan untuk pelataran parkir) berdasarkan SNI 03-0691-1996. Kadar optimum kombinasi abu batu dan abu dasar yang didapatkan dalam penelitian ini adalah sebesar 40% abu batu dan 40% abu dasar dengan kuat tekan 46,426 MPa</p>	<p>Pada hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air paving blok tanpa bahan tambahan abu batu untuk variasi 500 kg 5 tumbukan memiliki nilai kuat tekan sebesar 8,54 MPa, dengan nilai penyerapan air 14,78 %, untuk variasi 500 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan sebesar 9,31 MPa, dengan nilai penyerapan air sebesar 11,05 %, untuk variasi 600 kg 5 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 9,03 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 12,00 % dan untuk variasi 600 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 10,14 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar</p>	<p>Hasil dari penggunaan abu batu dan sabut kelapa dalam campuran beton dengan variasi 1% halus agregat dapat mengurangi nilai slump, Penggunaan abu batu dan sabut kelapa dalam campuran beton dengan variasi 1% dari agregat halus dari volume beton menghasilkan penurunan kuat tekan.</p>	

Sumber: Prayogo (2017), Viedra dkk (2019), Nugroho (2020), Syarah (2022), & Aji (2022)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Akan Diteliti

Nama Tahun	Penelitian Terdahulu			Penelitian Sekarang
	Prayogo (2017)	Viedra dkk (2019)	Nugoroho (2020)	Aji (2022)
Hasil Penelitian			10,11 %. Paving block dengan bahan tambah abu batu untuk variasi 500Kg 5 tumbukan memiliki nilai kuat tekan sebesar 9,24 MPa, dengan nilai penyerapan air 15,04 %, untuk variasi 500 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan sebesar 10,28 MPa, dengan nilai penyerapan air sebesar 12,41 %, untuk variasi 600Kg 5 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 9,72 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 13,10 % sedangkan untuk variasi 600 kg 10 tumbukan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 11,04 MPa dengan nilai penyerapan air sebesar 11,03 %	

Sumber: Prayogo (2017), Viedra dkk (2019), Nugroho (2020), Syarah (2022), & Aji (2022)

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

Menurut Badan Standarisasi Nasional *paving block* merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu.

Pada SNI 03-0691-1996 *paving block* dibagi menjadi beberapa bagian klasifikasi mutunya, yaitu mutu A digunakan untuk jalan, mutu B digunakan untuk parkir, mutu C digunakan untuk pejalan kaki, dan mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Mutu *paving block* tersebut dibedakan berdasarkan nilai dari kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Berikut adalah nilai-nilai dari kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air yang disajikan pada Tabel 3.1 sebagai 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

Paving Block mempunyai sifat tambak dengan permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak cacat, serta pada sudut dan rusuknya tidak mudah pecah. Selain itu juga *paving block* juga harus mempunyai ukuran tebal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

3.2 Bahan Penyusun *Paving Block*

3.2.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm. Berikut adalah syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut spesifikasi bahan bangunan bagian A.

1. Agregat halus harus terdiri atas butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\pm 2,2$.
2. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, dengan maksud tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca panas dan hujan.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5%. Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melebihi dari 5% maka agregat halus harus di cuci terlebih dahulu.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak yang di buktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Jika direndam larutan 3% NaOH, cairan diatas tidak boleh lebih gelap dari pada warna larutan perbandingan.
5. Susunan besar butir agregat halus harus memenuhi modulus kehalusan antara 1,5-3,8 dan harus terdiri dari butir-butir. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang di tentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menuju zona 1, 2, 3, 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut.
 - a. Sisa diatas ayakan 4,8 mm harus maksimum 2% berat,
 - b. Sisa diatas ayakan 1,2 mm harus maksimum 10% berat, dan
 - c. Sisa diatas ayakan 0,3 mm harus maksimum 15% berat.
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir dengan alkali harus negatif.
7. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
8. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plestera dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan.

Beberapa karakteristik pasir yang umum adalah sebagai berikut.

1. Berat jenis pasir

Berat jenis pasir merupakan rasio antara massa padat pasir dengan massa air yang mempunyai volume sama pada suhu yang sama. Berdasarkan berat jenisnya, agregat secara umum dapat dibedakan menjadi 3 (Tjokrodinuljo, 1996) adalah sebagai berikut.

- a. Agregat normal merupakan yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa, dsb.
- b. Agregat berat merupakan yang berat jenisnya lebih dari 2,8 sebagai contoh magnetic (Fe_3O_4), barites (BaSO_4) atau serbuk besi.
- c. Agregat ringan merupakan yang berat jenisnya kurang dari 2 dan biasanya digunakan untuk bagian non struktural.

2. Gradasi Pasir

Gradasi pasir merupakan distribusi ukuran butiran dan pasir. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai presentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam ayakan. Gradasi agregat akan memberikan variasi ukuran butir yang bervariasi sehingga akan memberikan pengaruh pada penempatan yang tinggi sejalan dengan peningkatan kekuatan. Butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang besar sehingga pori yang terbentuk akan menjadi sedikit.

Berdasarkan pengertian agregat halus diatas, maka susunan ayakan untuk menentukan gradasi pasir berturut-turut adalah ayakan dengan lubang 10 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; dan 0,15 mm. Menurut SK SNI T-15-1990-03, kekasaran pasir dibedakan menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus dan pasir halus. Berikut adalah batas-batas gradasi untuk agregat halus yang disajikan pada tabel 3.2 di halaman selanjutnya.

Tabel 3.2 Batas – Batas Gradasi Untuk Agregat Halus

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

Sumber: SK SNI T-15-1990-03

Dengan keterangan sebagai berikut.

- a. Daerah I : Pasir kasar
- b. Daerah II : Pasir agak kasar
- c. Daerah III : Pasir agak halus
- d. Daerah IV : Pasir halus

3.2.2 Semen *Portland*

Semen *Portland* merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985 dalam Mulyono (2005), semen *Portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau terdiri dari kalsium sulfat sebagai bahan tambah yang telah di campur bersama dengan bahan utama.

Semen *Portland* merupakan bahan ikat yang banyak dipakai dalam pembangunan. Semen *portland* mempunyai sifat hidrolisis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Dalam penyebarannya terdapat berbagai macam semen dan tiap macamnya mempunyai fungsi atau digunakan dalam kondisi tertentu dengan sifat yang khusus. Fungsi dari semen sendiri adalah sebagai bahan perekat yang diartikan merekatkan butir agregat agar menjadi padat. Selain menjadi bahan perekat semen juga dapat difungsikan untuk mengisi rongga kosong diantara

butiran agregat. Terdapat 4 unsur penting dalam semen. Unsur tersebut adalah sebagai berikut (Tjokromuljo, 1992).

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$

Bila terkena air, C_3S segera berhidrasi dan menghasilkan panas. C_3S juga sangat berpengaruh dalam pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$

C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga dapat berpengaruh terhadap pengerasan setelah berumur lebih dari 7 hari.

3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO.AlO_3$

Kandungan ini berhidrasi secara *exothermic*, dan beraksi dengan cepat dengan memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C_3A bereaksi dengan air sebanyak 40% tetapi dengan jumlah unsur yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air sedikit.

4. Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Unsur C_4AF tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Pada penelitian ini memakai tiga roda semen Portland komposit (PCC) dimana semen PCC ini cocok digunakan untuk bangunan pada umumnya. Semen ini sama dengan semen portland jenis 1 yang memiliki kekuatan tekan yang sama. Semen Tiga Roda PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibanding semen portland jenis 1.

Tabel 3.3 Susunan Unsur Semen

Oksida	Persen (%)
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25

(Sumber: Tjokrodumuljo, 1992)

Lanjutan Tabel 3.3 Susunan Unsur Semen

Oksida	Persen (%)
Alumunia, Al_2O_3	3-8
Besi, Fe_2O_3	0,5-8
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO_3	1-2
Soda/potash $Na_2O + K_2O$	0,5-1

(Sumber: Tjokrodinuljo, 1992)

Dari kandungan senyawa yang terdapat dalam semen akan membentuk jenis atau karakter dari semen tersebut. Peraturan beton 1998 (SKBI.1.4.53.1989) di halaman 1, membagi semen *Portland* menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2). Berikut adalah tipe dari semen *Portland*.

1. Tipe I, semen *portland* yang penggunaannya tidak memerlukan syarat khusus seperti jenis yang lain.
2. Tipe II, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen *portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta dijadikan bahan pengikat antar butir agregat. Proses pengikatan berawal beberapa menit setelah pencampuran yang disebut *initial set* (pengikatan awal). Waktu pengikatan merupakan jangka waktu dari mulai mengikat setelah semen berhubungan dengan air sampai adukan semen menunjukkan kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk dikerjakan lebih lanjut. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya $\pm 25\%$ berat semen,

Tetapi dalam kenyataannya nilai factor semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Penambahan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang atau akan memunculkan *bleeding*. Hasil *bleeding* berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatnya lapisan beton. Berikut adalah fungsi air dalam campuran beton.

1. Sebagai pelumas bagi agregat halus dan kasar.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta.
3. Untuk mencairkan bahan/material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air yang diperlukan saat reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

3.2.4 Abu Batu

Abu batu merupakan abu yang di hasilkan oleh pabrik pemecah batu (*stone crusher*) dengan lolos ayakan diameter 4.75mm dan tertahan ayakan 0,075 mm, dengan ukuran tersebut abu batu dapat menjadi pengganti agregat halus/pasir. Di Indonesia sudah banyak pabrik-pabrik pemecah batu / pabrik *stone crusher* beroperasi, oleh karena itu peneliti tidak memakai limbah abu batu untuk penelitian ini melainkan memakai abu batu hasil dari pabrik pemecah batu (*stone crusher*) yang bentuk atau produknya sudah halus tanpa adanya material yang lain didalamnya.

Penggunaan abu batu sebagai bahan pengganti pasir didasarkan pada pertimbangan jurnal atau penelitian sebelumnya bahwa dikatakan penggunaan abu batu sebagai bahan pengganti dapat berpengaruh lebih baik dari tanpa adanya abu batu. Oleh karena itu bahan pengganti abu batu untuk pembuatan *paving block* ini di harapkan mampu memberi efek positif sehingga harapannya ketika *paving block* yang dihasilkan lebih baik dari yang normal dapat membantu inovasi untuk pembuatan *paving block* tersebut. Gambar Abu Batu dapat dilihat pada Gambar 3.1 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.1 Abu Batu

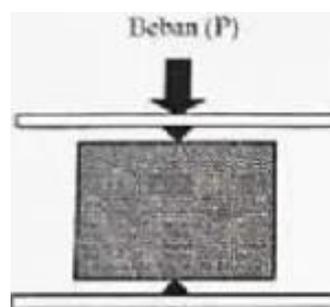
(Sumber : Data Pribadi)

3.3 Pengujian *Paving Block*

Dalam SNI 03-0691-1996 *paving block* diharuskan memiliki sifat-sifat fisika yang berupa kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air. Dengan itu peneliti juga melakukan pengujian sesuai dengan yang sudah ditetapkan SNI 03-0681-1996. Pengujian *paving block* disajikan pada subbab berikut ini.

3.3.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* merupakan nilai beban yang mampu ditahan dalam suatu luasan bidang benda uji hingga benda uji tersebut hancur. Pada umumnya *paving block* adalah benda yang kuat tekannya paling baik, oleh karena itu peneliti berharap dengan adanya abu batu sebagai bahan pengganti agregat halus dapat menambah kuat tekan pada *paving block*. berikut adalah sketsa pengujian kuat tekan yang dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tekan

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

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Dengan:

$F'c$ = kuat tekan (MPa),

P = beban Tekan (N), dan

A = luas Bidang Tekan (mm²).

3.3.2 Ketahanan Aus

Ketahanan aus merupakan terkikisnya sejumlah lapisan permukaan material yang diakibatkan karena adanya gesekan antara suatu benda dengan benda lainnya. Gesekan dapat merupakan gaya yang terjadi diantar dua benda yang saling bersentuhan (Sumarjono, 2005). Ketahanan aus pada *paving block* hal yang sangat dipertimbangkan, karena pada perkerasan jalan untuk terjadinya gesekan sangat sering terjadi maka dari itu ketahanan aus pada *paving block* suatu hal yang penting untuk diperhitungkan.

Untuk mengetahui nilai ketahanan aus pada *paving block* menggunakan persamaan (3.2) berikut ini.

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

Dengan:

D = keausan (mm/menit) dan

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

3.3.3 Penyerapan Air

Penyerapan air pada *paving block* merupakan presentase berat air yang mampu di serap melalui perantara pori-pori pada *paving block*. Penyerapan air pada *paving block* didapatkan dengan cara merendam utuh benda uji *paving block* dalam air selama 24 jam, Ketika sudah 24 jam kemudian ditimbang sebagai berat basah. Kemudian dikeringkan di dalam mesin pengering selama 24 jam pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$

sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan.

Untuk menghitung penyerapan air pada *paving block* dapat dilihat pada persamaan (3.3) berikut ini.

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

Dengan :

DSA = Penyerapan Air (%)

A = Berat *Paving Block* Basah (gram)

B = Berat *Paving Block* Kering (gram)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan eksperimen. Metode ini dapat didefinisikan sebagai metode yang di dapat dari hasil penelitian benda uji yaitu *paving block* yang menggunakan bahan pengganti abu batu sebagai pengganti agregat halus (pasir) dengan variasi 0%, 10%, 20%, 25%, 30% dari berat agregat halus (pasir). Benda uji yang dipakai yang berbentuk persegi atau jenis *holand* dengan ukuran 20 cm x 10 x 6 cm. Untuk setiap variasi terdapat tiga pengujian yaitu kuat tekan, ketahan aus, dan penyerapan air. Pada pengujian kuat tekan sebanyak 5 buah, pada pengujian ketahanan aus sebanyak 5 buah, dan pada pengujian penyerapan air sebanyak 2 buah.. Pengujian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah jumlah benda uji serta pengujiannya yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dan pada tabel 4.2 adalah ukuran benda uji untuk masing-masing pengujian.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian

Variasi	Presentase Abu Batu	Jumlah Sampel Pengujian		
		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
1.	0%	5	5	2
2.	10%	5	5	2
3.	20%	5	5	2
4.	25%	5	5	2
5.	30%	5	5	2

Tabel 4.2 Ukuran 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 x 6

Tahap setelah melakukan pengujian dan mendapatkan hasil dari pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air, selanjutnya data yang sudah didapat dihitung menggunakan rumus persamaan. Data hasil dari perhitungan tersebut lalu disimpulkan dengan tata cara pengujian mutu sesuai dengan yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996.

4.2 Alat dan Bahan

4.2.1 Alat

Sebelum penelitian dilaksanakan, diperlukan persiapan pada alat yang akan dipakai dalam penelitian ini. Berikut ini adalah alat yang dipakai dalam penelitian ini.

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat suatu benda. Pada penelitian ini timbangan digunakan untuk menimbang bahan pembuatan *paving block* sehingga bahan yang sudah disiapkan serta diperhitungkan tidak meleset. Berikut adalah gambar timbangan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Timbangan

(Sumber : Data Pribadi)

2. Sendok semen (cetok)

Sendok semen (cetok) digunakan untuk mengambil, memindahkan, serta menggabungkan bahan pembuatan *paving block*. Selain fungsi diatas sendok semen juga dapat digunakan untuk memasukan dan meratakan bahan yang didalam cetakan. Berikut adalah gambar sendok semen yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Sendok Semen (cetok)

(Sumber : Data Pribadi)

3. Oven

Oven digunakan untuk memanaskan atau mengeringkan benda uji yang akan diujikan serta juga digunakan untuk uji propertis bahan yang digunakan untuk pembuatan *paving block*. Berikut adalah gambar oven yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Oven

(Sumber : Data Pribadi)

4. Ember

Ember digunakan untuk tempat menaruh bahan yang sudah disiapkan sebelumnya untuk pembuatan *paving block*. Berikut adalah gambar ember yang dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Ember

(Sumber : Data Pribadi)

5. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk merupakan batang besi yang digunakan untuk menumbuk pasir untuk menghitung berat isi pasir memiliki ujung yang bulat. Tongkat penumbuk memiliki diameter 16 mm dengan panjang 600 mm. Berikut adalah gambar tongkat penumbuk yang dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tongkat Penumbuk

(Sumber : Data Pribadi)

6. Pan

Pan digunakan untuk menaruh pasir pada saat dikeringkan untuk mencari nilai modulus halus butir dan kandungan lumpur pada pengujian propertis agregat halus. Berikut adalah gambar pan yang dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.6 Pan

(Sumber : Data Pribadi)

7. Mesin press *Paving Block*

Mesin press *paving block* digunakan untuk mencetak *paving block* yang memiliki dimensi 20 mm x 10 mm x 6 mm dengan bentuk persegi. Berikut adalah gambar mesin cetakan *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.7 Mesin Press *Paving Block*

(Sumber : Data Pribadi)

8. Mesin Kuat Tekan

Mesin kuat tekan digunakan untuk mendapatkan nilai beban maksimum yang dapat di tahan oleh *paving block*. Mesin kuat tekan memberikan beban dengan gaya tekan konstan sampai sampel *paving block* hancur. Berikut adalah gambar

mesin kuat tekan yang dapat dilihat pada gambar 4.10 pada halaman selanjutnya.



Gambar 4.8 Mesin Kuat Tekan

(Sumber : Data Pribadi)

9. Mesin Ketahanan Aus

Mesin ketahanan aus digunakan untuk menghitung ketahanan aus *paving block* dengan cara memutar benda uji dan menggosokkan benda uji terhadap permukaan pada lainnya. Berikut adalah gambar mesin ketahanan aus yang dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.9 Mesin Ketahanan Aus

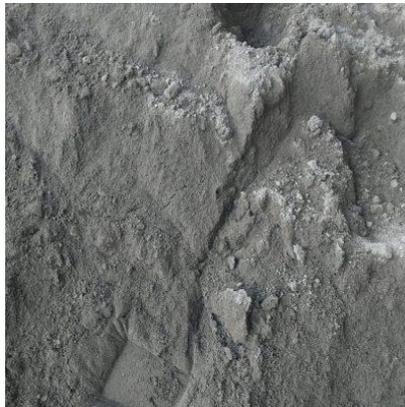
(Sumber : Data Pribadi)

4.2.2 Bahan

Sebelum penelitian dilaksanakan, diperlukan persiapan pada bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini. Berikut ini adalah bahan yang dipakai dalam penelitian ini.

1. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan pasir yang berasal dari merapi yang lolos ayakan dengan diameter 4,75 mm. Berikut adalah gambar pasir yang dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.10 Agregat Halus

(Sumber : Data Pribadi)

2. Semen *Portland*

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCC Merk Tiga Roda. Berikut adalah gambar semen portland yang dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.11 Semen *Portland*

(Sumber : Data Pribadi)

3. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini merupakan air sumur yang berada di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia.

4. Abu batu

Abu batu yang digunakan pada penelitian ini merupakan berasal dari hasil pabrik pemecah batu (*stone crusher*) yang berada di Cangkringan, Sleman, Yogyakarta. Berikut adalah gambar abu batu yang dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.12 Abu Batu

(Sumber : Data Pribadi)

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Proses pada penelitian ini diawali dengan tahap persiapan, pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pemotongan benda uji dan pengujian benda uji.

4.3.1 Persiapan

Pada tahap persiapan dilakukan bahan yang digunakan pada saat menyusun *paving block*. Berikut adalah bahan yang harus disiapkan sebelum pembuatan *paving block*.

1. Pasir

Dalam persiapan pasir yang harus disiapkan meliputi pengujian modulus halus butir agregat, berat volume padat serta gembur, dan pengujian kandungan lumpur. Berikut adalah penjelasan tentang pengujian modulus halus butir agregat, pengujian berat volume agregat halus, dan pengujian kandungan lumpur.

a. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Dalam pengujian ini bertujuan untuk mengetahui diameter butiran pasir dan modulus halus butir pasir yang akan digunakan pada penelitian ini. Berikut adalah langkah-langkah pemeriksaan gradasi pasir

- 1) Siapkan benda uji (pasir) yang telah sebelumnya di siapkan pada pan yang tersedia.
- 2) Masukkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ yang berfungsi untuk mengeringkan benda uji sampai dengan berat tetap.
- 3) Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu ruangan selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian $\pm 0,5$ gram.
- 4) Susun saringan dari lubang yang paling besar sampai lubang (9.52 mm) yang terkecil $(0,15 \text{ mm})$. Kemudian masukan benda uji lalu langsung diayak dengan bantuan mesin pengguncang selama 10 menit.
- 5) Keluarkan benda uji pada masing-masing saringan dan masukan dalam masing-masing pan. Kemudian benda uji tersebut ditimbang dan catat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan.
- 6) Gradasi yang diperoleh dengan cara menghitung kumulatif presentase butir yang lolos pada masing-masing saringan. Kemudian nilai tersebut dihitng dengan cara menjumlahkan presentase yang tertahan lalu di bagi seratus.

b. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

Berat volume atau berat isi merupakan rasio antara berat agregat dan isi atau volume. Berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton, apabila jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume. Berat volume agregat ditinjau dalam dua keadaan, yaitu berat volume gembur dan berat volume padat. Berat volume gembur merupakan

perbandingan berat agregat dengan volume literan, sedangkan berat volume padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume literan. Berikut adalah langkah-langkah pengujian berat volume pada agregat halus.

- 1). Siapkan silinder atau wadah dan agregat halus yang akan digunakan untuk pengujian berat volume.
- 2). Timbang wadah (W1) dan ukur dimensi wadah tersebut
- 3). Hitung volume wadah yang sudah disiapkan (V)
- 4). Untuk berat volume gembur masukan agregat halus kedalam wadah sampai menutupi seluruh wadah tanpa ditumbuk.
- 5). Untuk berat volume padat masukan agregat halus kedalam wadah sampai menutupi seluruh wadah dengan penumbukan setiap 1/3 bagian sebanyak 25 kali.
- 6). Timbang berat wadah yang sudah diisi dengan agregat halus (W2)
- 7). Hitung berat agregat (W3) dengan cara , $W3 = W2 - W1$
- 8). Hitung hasil penelitian setelah semua sudah selesai dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Berat Volume padat} = W3/V \quad (4.1)$$

Dengan :

$W3 =$ Berat agregat

$V =$ Volume wadah

j. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang berada dalam pasir. Berikut adalah langkah – langkah pengujian kandungan lumpur memakai saringan nomor 200 (kandungan lumpur) pasir sesuai SNI 03-4142-1996.

- 1) Siapkan benda uji (pasir) yang telah sebelumnya di siapkan pada pan yang tersedia.

- 2) Masukkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ yang berfungsi untuk mengeringkan benda uji sampai dengan berat tetap. Kemudian rendam air selama 24 jam ± 4 jam.
- 3) Buang air rendaman pelan-pelan agar butiran pasir tidak ada yang terbang. Kemudian keringkan benda uji di udara yang panas sampai keadaan permukaan jenuh (SSD).
- 4) Masukkan benda uji sebanyak 500 gram kedalam piknometer, kemudian masukan air sampai 90% piknometer, kemudian putar dan guncangkan sampai gelembung didalamnya tidak terlihat.
- 5) Tambah air pada piknometer sampai penuh.
- 6) Timbang piknometer yang berisi benda uji dan air.
- 7) Keluarkan benda uji dari piknometer, lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator.
- 8) Timbang benda uji setelah dingin.
- 9) Kemudian timbang piknometer yang terisi penuh
- 10) Dari hasil penimbangan yang telah dicatat kemudian menghitung presentase kadar lumpur menggunakan persamaan berikut

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W^1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.2)$$

Dengan :

W_1 = Berat agregat kering oven (gram)

W_2 = Berat agregat kering oven setelah dicuci (gram)

2. Semen Portland

Persiapan yang dilakukan pada bahan semen Portland dilakukan dengan cara pemeriksaan *visual* yaitu dengan cara keadaan semen portland harus tertutup rapat kemudian ketika dibuka butirannya tidak terdapat yang bergumpal harus halus. Semen yang dipakai pada penelitian ini adalah PCC Merk Tiga Roda.

3. Abu batu

Pada penelitian ini peneliti mengganti agregat halus dengan abu batu yang diperoleh dari hasil pabrik pemecah batu (*stone crusher*) dengan variasi 0%,

10%, 20%, 25%, 30%. Bahan ini terlebih dahulu dibeli pada pabrik pemecah batu (*stone crusher*) yang berada di sekitar daerah Yogyakarta. Dalam persiapan abu batu yang harus disiapkan meliputi pengujian modulus halus butir agregat, pengujian berat jenis pasir, dan pengujian kandungan lumpur. Berikut adalah penjelasan tentang pengujian modulus halus butir agregat, pengujian berat jenis pasir, dan pengujian kandungan lumpur.

a. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

Dalam pengujian ini bertujuan untuk mengetahui diameter butiran abu batu dan modulus halus butir pasir yang akan digunakan pada penelitian ini.

Berikut adalah langkah-langkah pemeriksaan gradasi pasir

- 1) Siapkan benda uji (abu batu) yang telah sebelumnya di siapkan pada pan yang tersedia.
- 2) Masukkan benda uji pada oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ yang berfungsi untuk mengeringkan benda uji sampai dengan berat tetap.
- 3) Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu ruangan selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian $\pm 0,5$ gram.
- 4) Susun saringan dari lubang yang paling besar sampai lubang (9.52 mm) yang terkecil (0,15 mm). Kemudian masukan benda uji lalu langsung diayak dengan bantuan mesin pengguncang selama 10-15 menit.
- 5) Keluarkan benda uji pada masing-masing saringan dan masukan dalam masing-masing pan. Kemudian benda uji tersebut ditimbang dan catat berat benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan.
- 6) Gradasi yang diperoleh dengan cara menghitung komulatif presentase butir yang lolos pada masing-masing saringan. Kemudian nilai tersebut dihitng dengan cara menjumlahkan presentase yang tertahan lalu di bagi seratus.

b. Pengujian Berat Volume Abu Batu

Berat volume atau berat isi merupakan rasio antara berat agregat dan isi atau volume. Berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton, apabila jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume. Berat volume agregat ditinjau dalam dua keadaan, yaitu berat volume

gembur dan berat volume padat. Berat volume gembur merupakan perbandingan berat agregat dengan volume literan, sedangkan berat volume padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume literan. Berikut adalah langkah-langkah pengujian berat volume pada agregat halus.

- 1). Siapkan silinder atau wadah dan agregat halus yang akan digunakan untuk pengujian berat volume.
- 2). Timbang wadah (W1) dan ukur dimensi wadah tersebut
- 3). Hitung volume wadah yang sudah disiapkan (V)
- 4). Untuk berat volume gembur masukan agregat halus kedalam wadah sampai menutupi seluruh wadah tanpa ditumbuk.
- 5). Untuk berat volume padat masukan agregat halus kedalam wadah sampai menutupi seluruh wadah dengan penumbukan setiap 1/3 bagian sebanyak 25 kali.
- 6). Timbang berat wadah yang sudah diisi dengan agregat halus (W2)
- 7). Hitung berat agregat (W3) dengan cara , $W3 = W2 - W1$
- 8). Hitung hasil penelitian setelah semua sudah selesai dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Berat Volume padat} = W3/V \quad (4.3)$$

Dengan :

$W3 = \text{Berat agregat}$

$V = \text{Volume wadah}$

j. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang berada dalam pasir. Berikut adalah langkah – langkah pengujian kandungan lumpur memakai saringan nomor 200 (kandungan lumpur) pasir sesuai SNI 03-4142-1996.

- 1) Siapkan benda uji (abu batu) yang telah sebelumnya di siapkan pada pan yang tersedia.

- 2) Masukkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ yang berfungsi untuk mengeringkan benda uji sampai dengan berat tetap. Kemudian rendam air selama 24 jam ± 4 jam.
- 3) Buang air rendaman pelan – pelan agar butiran pasir tidak ada yang terbang. Kemudian keringkan benda uji di udara yang panas sampai keadaan permukaan jenuh (SSD).
- 4) Masukkan benda uji sebanyak 500 gram kedalam piknometer, kemudian masukan air sampai 90% piknometer, kemudian putar dan guncangkan sampai gelembung didalamnya tidak terlihat.
- 5) Tambah air pada piknometer sampai penuh.
- 6) Timbang piknometer yang berisi benda uji dan air.
- 7) Keluarkan benda uji dari piknometer, lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator.
- 8) Timbang benda uji setelah dingin
- 9) Kemudian timbang piknometer yang terisi penuh
- 10) Dari hasil penimbangan yang telah dicatat kemudian menghitung presentase kadar lumpur menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W^1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.4)$$

Dengan :

W_1 = Berat agregat kering oven (gram)

W_2 = Berat agregat kering oven setelah dicuci (gram)

4. Air

Air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak mengandung lumpur atau jenis bahan lainnya (sesuai dengan persyaratan air minum).

4.3.2 Proses Pencampuran

Dalam proses pencampuran ini dipakai perbandingan 1 pc : 6 ps dengan variasi pengganti bahan abu batu sebesar 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% dari berat pasir. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses pencampuran.

1. Siapkan bahan penyusun *paving block* yang meliputi agregat halus (pasir), semen, dan abu batu dengan presentase yang sudah ditentukan sebelumnya. Kemudian bahan tersebut di campurkan menjadi satu.
2. Bahan yang telah dicampur tadi kemudian diaduk menggunakan alat pencampur (mixer) selama ± 10 menit.
3. Setelah ± 10 menit melalui proses pengadukan sampai adukan tersebut termasuk adukan homogen serta tingkat kelacakannya sudah memenuhi target, maka bahan tersebut bisa untuk dimasukkan ke dalam alat cetak.

Berikut adalah gambar pada proses pencampuran yang dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Proses Pencampuran Bahan

(Sumber : Data Pribadi)

4.3.3 Pembuatan Benda Uji

Pada tahap pembuatan benda uji peneliti menggunakan mesin pres yang menggunakan sistem hidrolik yang dilengkapi dengan sistem vibrator yang membantu pada saat pemadatan agar agregat saling mengisi rongga. Benda uji yang dibuat harus sesuai dengan variasi pengganti bahan yang telah ditentukan sebelumnya yakni sebesar 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% dari berat pasir. Setiap variasi tersebut dibuat 12 sampel dengan total benda uji yang dibuat sebanyak 60 sampel. Berikut adalah langkah-langkah untuk pembuatan *paving block* dengan menggunakan mesin pres.

1. Letakan alas (triplek tebal 20 mm) pada meja mesin.

2. Pastikan mesin pada posisi vetak membuka sehingga campuran dapat dimasukan kedalam cetakan benda uji.
 3. Masukan campuran bahan kedalam cetakan sampai penuh.
 4. Nyalakan sistem getar pada mesin.
 5. Isi kembali cetakan dengan campuran untuk menambah campuran yang turun akibat pergetaran mesin.
 6. Tuas pemadat ditekan sampai sampel turun dan melakukan proses pemadatan sambil sistem getar mesin di jalankan.
 7. Setelah di rasa di sudah cukup tekan tuas untuk mengangkat bagian cetakan
- Berikut adalah gambar proses pembuatan benda uji yang dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Proses Pembuatan Benda Uji

(Sumber : Data Pribadi)

4.3.4 Perawatan Benda Uji

Pada tahap ini dilakukan perawatan pada benda uji yaitu dengan melakukan perendaman pada benda uji setelah satu hari dari pencetakan *paving block*. Pada umur satu hari benda uji sudah cukup keras untuk dilakukan perendaman untuk menjaga kelembaban selama 28 hari. Berikut adalah gambar perawatan benda uji yang dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Proses Perawatan Benda Uji

(Sumber : Data Pribadi)

4.3.5 Pemotongan Benda Uji

Pada tahap ini dilakukan pemotongan terhadap benda uji yang semula ukuran awal 20 cm x 10 cm x 6 cm dipotong menjadi bentuk kubus yang memiliki ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Pemotongan dilakukan untuk pengujian pada kuat tekan dan ketahanan aus sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Untuk pengujian penyerapan air tidak perlu dipotong karena untuk langkah pengujian pada penyerapan air tidak perlu untuk dipotong. Berikut adalah gambar pada saat pemotongan benda uji yang dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Pemotongan Benda Uji

4.3.6 Pengujian Benda Uji

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

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan *paving block*. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kuat tekan sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

- a. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
- b. Benda uji ditimbang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.
- c. Dimensi benda uji diukur menggunakan jangka sorong.
- d. Letakan benda uji di tengah alat uji.
- e. Nyalakan mesin dengan memberikan beban yang terus meningkat.
- f. Pembebanan dilakukan sampai beban turun dan catat hasil dari beban maksimum yang terjadi.

Berikut adalah gambar pada saat pengujian kuat tekan yang dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pengujian Kuat Tekan

(Sumber : Data Pribadi)

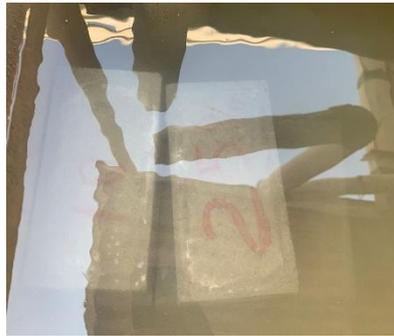
2. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui besar kemampuan *paving block* untuk menyerap air kedalam pori-porinya. Berikut adalah langkah-langkah pengujian penyerapan air sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

- a. Rendam benda uji dalam air hingga jenuh selama 24 jam.
- b. Timbang benda uji dalam keadaan basah menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.
- c. Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam sampai berat pada dua kali penimbangan yang selisihnya tidak lebih dari 0,2%

- d. Timbang benda uji juga dalam keadaan kering
- e. Catat semua hasil pengujian penyerapan air yang telah dilakukan.

Berikut adalah gambar pada saat pengujian penyerapan air yang dapat dilihat pada gambar 4.20 pada halaman selanjutnya.



Gambar 4.20 Pengujian Penyerapan Air

(Sumber : Data Pribadi)

3. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus dilakukan setelah umur benda uji mencapai 28 hari. Berikut adalah langkah – langkah pengujian ketahanan aus sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

- a. Bersihkan tiga benda uji dari kotoran yang menempel yang telah di angin-anginkan selama satu hari.
- b. Benda uji di potong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 20 mm.
- c. Gunakan mesin aus dengan cara megaus – aus serta cari berat jenis yang dikerjakan sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
- d. Catat semua hasil dari pengujian ketahanan aus yang telah dilakukan.

Berikut adalah gambar pada saat pengujian ketahanan aus yang dapat dilihat pada gambar 4.21.

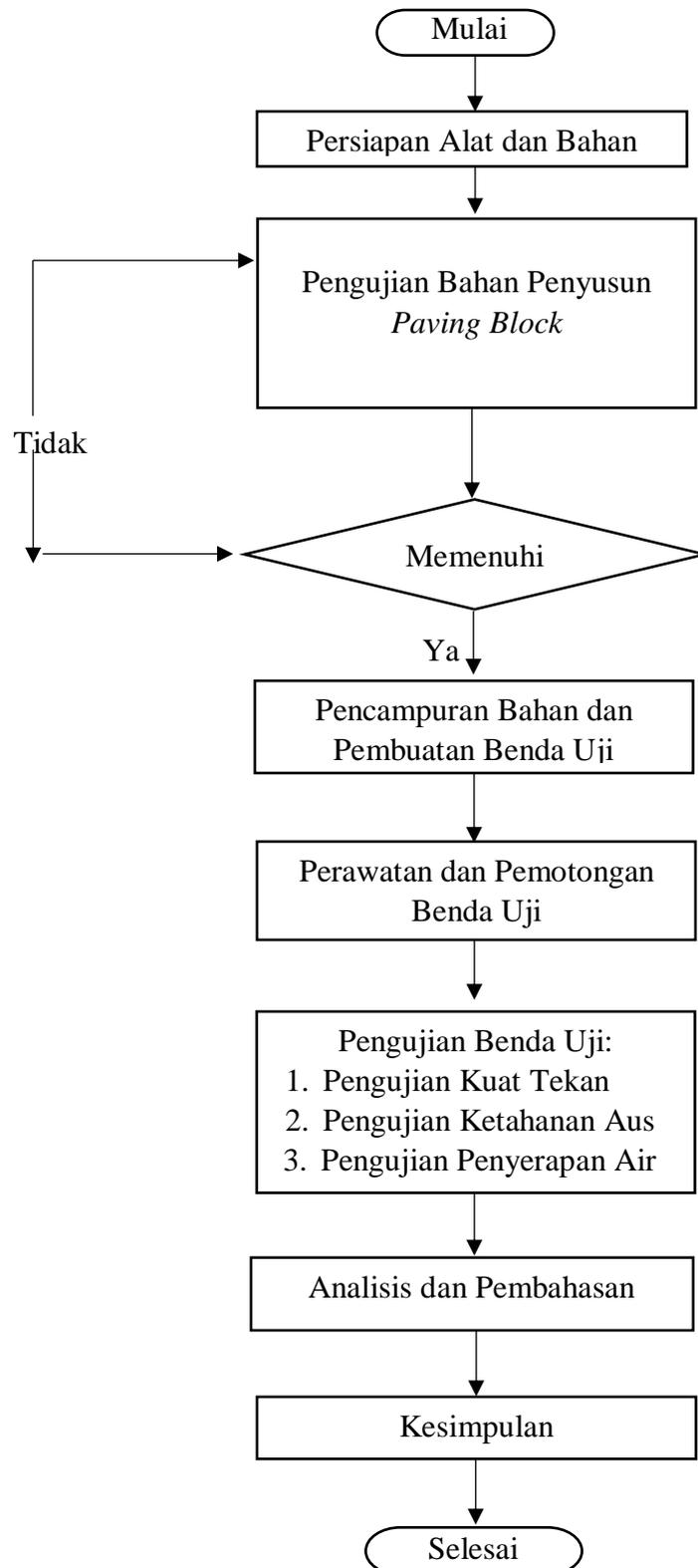


Gambar 4.21 Pengujian Ketahanan Aus

(Sumber : Data pribadi)

4.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian yang baik harus dilakukan secara sistematis atau dalam urutan kerja yang jelas dan teratur agar hasil yang diperoleh baik, maksimal dan dapat di pertanggung jawabkan. Berikut adalah gambar diagram alir flowchart yang dapat dilihat pada gambar 4.16 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.13 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

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

5.2 Hasil Pengujian Bahan

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

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari Merapi. Pengujian yang dilakukan pada pengujian ini meliputi pengujian modulus halus butir, pengujian volume padat dan gembur, serta pengujian lumpur. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut.

1. Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

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

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus

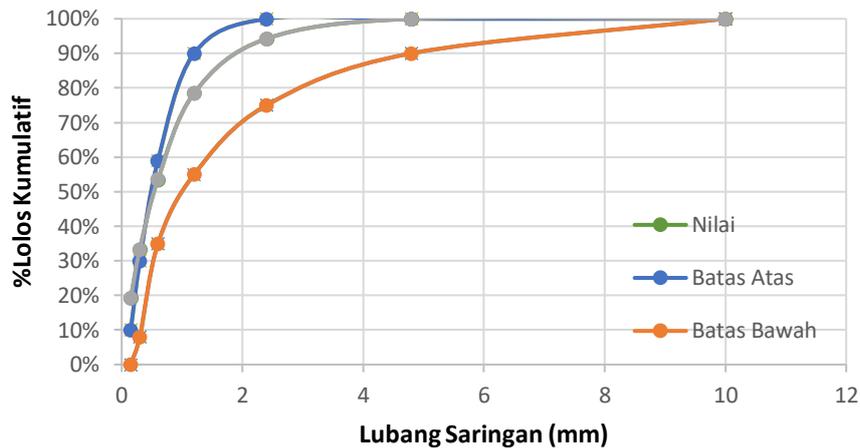
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	40	2	2	98
2,40	175	8,73	10,73	89,28
1,20	356	17,76	28,48	71,52
0,60	418	20,85	49,33	50,67
0,30	349	17,41	66,73	33,27
0,15	331	16,51	83,24	16,76
Sisa	336	16,76	100	0
Jumlah	2005	100	340.5	

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

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{240.5}{100} \\
 &= 2,405
 \end{aligned}$$

Pada SNI 03-2461-1991 standar uji modulus agregat halus dikatakan bahwa untuk pasir halus (2,20-2,60), pasir sedang (2,60-2,90), dan pasir kasar (2,90-3,20). Untuk gradasi pasir juga mengikuti pada standar uji SNI 03-2461-1991 dengan perincian untuk lubang ayakan 4,8mm (90-100%), 2,40mm (75-100%), 1,20mm (55-90%), 0,60mm (35-59), 0,30mm (8-30), 0,15mm (0-10%). Data diatas merupakan gradasi pasir daerah 2 .Pada perhitungan diatas didapatkan bahwan pasir yang digunakan pada bahan penyusun *paving block*

merupakan pasir halus dengan nilai 2,405. Untuk gradasi pasir yang didapatkan pada perhitungan diatas termasuk dalam gradasi pasir daerah 2. Berikut adalah grafik yang dihasilkan pada pengujian modulus halus butir yang dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Halus Daerah II

2. Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Pada pengujian ini didapatkan berat volume padat pada agregat halus yang dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10740	10740	10740
Berat Tabung + Agregat SSD	19198	19200	19199
Berat Agregat	8458	8460	8459
Volume Tabung	6012,021	6012,021	6012,021
Berat Volume Padat	1,407	1,407	1,407

Berdasarkan tabel 5.2 didapatkan berat volume padat agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1,407 gram/cm³

3. Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Pada pengujian ini didapatkan berat volume gembur pada agregat halus yang dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10740	10740	10740
Berat Tabung + Agregat SSD	17723	17721	17722
Berat Agregat	6983	6981	6982
Volume Tabung	6012.021	6012.021	6012.021
Berat Volume Gembur,	1,162	1,161	1,161

Berdasarkan tabel 5.2 didapatkan berat volume padat agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1,161 gram/cm³

4. Pengujian Kandungan Lumpur

Pada pengujian kandungan lumpur dilakukan untuk menentukan nilai presentasi kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan ni 200. Pengujian ini dilakukan dengan standar SNI 03-4142-1996. Berikut adalah hasil dari pengujian kandungan lumpur yang dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Agregat Kering Oven	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah dicuci	478	476	477
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	4,40%	4,80%	4,60%

Berdasarkan PBI 1982 dikatakan bahwa kandungan lumpur untuk pasir harus di bawah 5%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 5.4 kandungan lumpur pada pasir yang digunakan untuk bahan penyusun *paving block* memiliki kadar lumpur sebesar 4,60%.

5. Pengujian Modulus Halus Butir Abu Batu

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

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Abu Batu

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00		0	0	100.00
20.00		0	0	100.00
10.00		0	0	100.00
4.80	4	0,20	0,20	99,80
2.40	111	5,54	5,74	94,26
1.20	325	1,21	21,95	78,05
0.60	464	23,14	45,09	54,91
0.30	243	12,12	57,21	42,79
0.15	419	20,90	78,10	21,90
Sisa	435	21,70	100	100.00
Jumlah	2001	100	208,279	

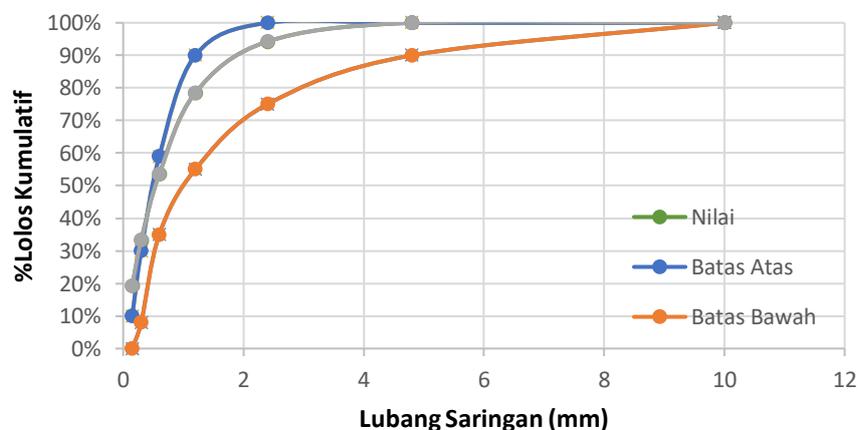
Berdasarkan tabel diatas dapat menghitung nilai modulus halus butir dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{208.279}{100}$$

$$= 2,082$$

Pada SNI 03-2461-1991 standar uji modulus agregat halus dikatakan bahwa untuk pasir halus (2,20-2,60), pasir sedang (2,60-2,90), dan pasir kasar (2,90-3,20). Untuk gradasi pasir juga mengikuti pada standar uji SNI 03-2461-1991 dengan perincian untuk lubang ayakan 4,8mm (90-100%), 2,40mm (75-100%), 1,20mm (55-90%), 0,60mm (35-59), 0,30mm (8-30), 0,15mm (0-10%). Data diatas merupakan gradasi pasir daerah 2 .Pada perhitungan diatas didapatkan bahwan pasir yang digunakan pada bahan penyusun *paving block* merupakan pasir halus dengan nilai 2,082. Untuk gradasi pasir yang didapatkan pada perhitungan diatas termasuk dalam gradasi pasir daerah 2. Berikut adalah grafik yang dihasilkan pada pengujian modulus halus butir yang dapat dilihat pada gambar 5..



Gambar 5.2 Grafik Analisa Saringan Halus Daerah II

6. Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu

Pada pengujian ini didapatkan berat volume padat pada abu batu yang dapat dilihat pada tabel 5.2 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Abu Batu

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10740	10740	10740
Berat Tabung + Agregat SSD	19327	19319	19323
Berat Agregat	8587	8579	8583
Volume Tabung	6012.021	6012.021	6012.021
Berat Volume Padat	1,428	1,427	1,428

Berdasarkan tabel 5.6 didapatkan berat volume padat agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1.428 gram/cm³

7. Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Abu Batu

Pada pengujian ini didapatkan berat volume gembur pada abu batu yang dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10740	10740	10740
Berat Tabung + Agregat SSD	17927	17920	17923
Berat Agregat	7187	7183	7183
Volume Tabung	6012.021	6012.021	6012.021
Berat Volume Gembur	1,195	1,194	1,194

Berdasarkan tabel 5.2 didapatkan berat volume padat agregat halus dengan nilai rata-rata sebesar 1.194 gram/cm³

8. Pengujian Kandungan Lumpur

Pada pengujian kandungan lumpur dilakukan untuk menentukan nilai presentasi kandungan lumpur pada agregat halus dengan menggunakan saringan ni 200. Pengujian ini dilakukan dengan standar SNI 03-4142-1996. Berikut adalah hasil dari pengujian kandungan lumpur yang dapat dilihat pada tabel 5.4 pada halaman selanjutnya

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Agregat Kering Oven	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah dicuci	479	478	478.5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	4,20%	4,40%	4,30%

Berdasarkan PBI 1982 dikatakan bahwa kandungan lumpur untuk pasir harus di bawah 5%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pada tabel 5.4 kandungan lumpur pada pasir yang digunakan untuk bahan penyusun *paving block* memiliki kadar lumpur sebesar 4,30%.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun *Paving Block*

Perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block* pada pengujian ini merupakan perhitungan untuk membuat benda uji dengan variasi 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30%. Bahan yang digunakan untuk membuat benda uji sebelumnya harus diperhitungkan agar benda uji sesuai dengan rencana yang sudah direncanakan. Perhitungan menggunakan perbandingan campuran 1pc : 6ps dengan kebutuhan abu batu menggunakan perbandingan terhadap pasir. Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block*.

$$\text{Volume paving block} = 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$$

$$= 1200 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat volume padat pasir} = 1,406 \text{ gr/cm}^3$$

Faktor Pematatan mesin hidrolis = 1,3

5.3.1 Perhitungan Kebutuhan Agregat Halus

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

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir} &= \frac{6}{7} \times V. \text{ pasir} \times V. \text{ Paving} \times \text{Faktor pematatan mesin} \\ &= \frac{6}{7} \times 1,406 \times 1200 \times 1,3 \\ &= 1881,146 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir untuk 12 buah} &= 12 \times 1881,146 \\ &= 22573,753 \text{ gr} \end{aligned}$$

5.3.2 Perhitungan Kebutuhan Semen

Berikut adalah kebutuhan semen untuk bahan penyusun *paving Block*

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Semen} &= \frac{\text{Kebutuhan Pasir}}{\text{Perbandingan Semen}} \\ &= \frac{1881,146}{6} \\ &= 313,524 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan semen untuk 12 buah} &= 313,524 \times 12 \\ &= 3762,292 \text{ gr} \end{aligned}$$

5.3.3 Perhitungan Kebutuhan Abu Batu

Berikut adalah kebutuhan abu batu untuk bahan penyusun *paving block* yang menggunakan variasi 10%, 20%, 25%, dan 30% sebagai pengganti sebagian pasir.

$$\begin{aligned} 10\% &= \frac{10}{100} \times 22573,753 = 2257,375 \text{ gr} \\ 20\% &= \frac{20}{100} \times 22573,753 = 4514,752 \text{ gr} \\ 25\% &= \frac{25}{100} \times 22573,753 = 5643,438 \text{ gr} \\ 30\% &= \frac{30}{100} \times 22573,753 = 6772,126 \text{ gr} \end{aligned}$$

Berikut adalah kebutuhan bahan penyusun *paving block* yang terdiri atas agregat halus (pasir), semen, dan Agregat halus (abu batu) yang dapat dilihat pada tabel 5.5 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.9 Komposisi Kebutuhan Campuran *Paving Block*

Variasi	Semen	Pasir	Abu Batu	Jumlah Benda Uji
(%)	(gr)	(gr)	(gram)	(buah)
0	3762,292	22573,753	0.000	12
10	3762,292	20316,377	2257,375	12
20	3762,292	18059,002	4514,751	12
25	3762,292	16930,315	5643,438	12
30	3762,292	15801,627	6772,126	12
Total	18811,461	93681,074	19187,690	60

5.4 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* dilakukan sebanyak 3 kali pengujian yaitu pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, dan pengujian penyerapan air. Pengujian dilakukan setelah benda uji direndam selama 28 hari agar mencapai umur optimum kekuatan benda uji tersebut. Pengujian dilakukan pada setiap variasi dengan jumlah 5 buah untuk pengujian kuat tekan, 5 buah untuk pengujian ketahanan aus dan 2 buah penyerapan air.

4.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tekan *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.10, tabel 5.11, tabel 5.12, tabel 5.13, dan tabel 5.14 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT1	54,2	52,8	59,5	56388,237	19,704
KT2	54,6	52,5	57,5	56388,237	19,671
KT3	53,8	53,1	59,5	54426,907	19,052
KT4	54,3	53,5	58,5	54593,6205	18,793
KT5	54,7	53,4	59	55466,412	18,989
Rerata					19,241

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 10%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT6	54,4	52,5	60	96840,669	33,908
KT7	53,7	52,3	62	99292,331	35,354
KT8	54,3	53	57,3	87524,351	30,413
KT9	55	53,4	56,2	90711,512	30,886
KT10	53,4	53,6	54,5	73795,041	25,782
Rerata					31,268

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 20%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT11	53,2	53	60	63988,391	22,694
KT12	52,3	53	60	54672,073	19,724
KT13	53,5	53,6	61,3	64723,891	22,571
KT14	53	52,7	60,7	63988,391	22,909
KT15	54	53,2	60,5	50504,247	17,580
Rerata					21,095

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 25%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT16	54	53	60	55897,905	19,531
KT17	53,8	52,7	60,3	60065,731	21,185
KT18	54,2	53,2	60,5	56682,437	19,658
KT19	54,6	53,5	60,3	59820,565	20,479
KT20	54,1	53,5	60,5	58104,401	20,075
Rerata					20,185

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 30%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)
KT21	52,5	51	57,7	57614,068	21,518
KT22	52	52,5	60,4	66194,887	24,247
KT23	53,5	50,7	60,5	64576,791	23,808
KT24	51,5	50,3	60,7	51533,945	19,894
KT25	50	51,3	59,5	61438,662	23,953
Rerata					22,683

Analisis perhitungan :

Contoh perhitungan kuat tekan pada *paving block* kode KT7

Panjang = 53.7 mm

Lebar = 52.3 mm

Tebal = 62 mm

Luas = P x L

= 53.7 x 52.3

= 2808.51 mm²

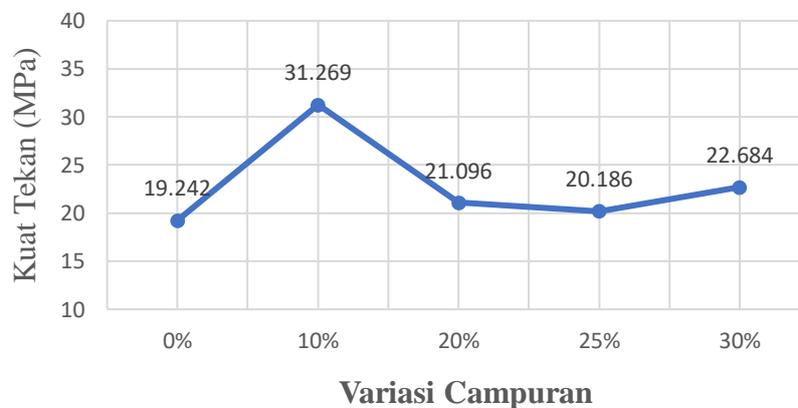
Beban Maksimum = 99292,33125 N

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Tekan (f'c)} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{99292,331}{2808.51} \\
 &= 35,354 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kode KT6, KT8, KT9, KT10 sama seperti perhitungan diatas, kemudian untuk memperoleh kuat tekan rata-rata dengan cara menjumlahkan kelima hasil perhitungan kuat tekan kemudian dibagi dengan jumlah kode. Berikut adalah perhitungan hasil rata-rata kuat tekan.

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Tekan (f'c) rata-rata} &= \frac{33.908 + 35.354 + 30.413 + 30.886 + 25.782}{5} \\
 &= 31,268 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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



Gambar 5.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan hitungan serta grafik seluruh variasi pada pengujian kuat tekan pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5.15 Penggolongan Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

No	Variasi	Rerata Kuat Tekan (Mpa)	Mutu	Fungsi
1.	0%	19,241	B	Peralatan Parkir
2.	10%	32,473	B	Peralatan Parkir
3.	20%	21,095	B	Peralatan Parkir
4.	25%	20,185	B	Peralatan Parkir
5.	30%	22,683	B	Peralatan Parkir

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat mesin kuat tekan. Benda uji *paving block* ditekan sampai retak hingga hancur sehingga dapat mengetahui beban maksimum yang diterima oleh benda uji *paving block*. Benda uji yang digunakan sebelumnya sudah dilakukan perendaman selama 28 hari dan sudah dalam keadaan kering. Jumlah pengujian kuat tekan digunakan sebanyak 5 sampel setiap variasinya. Benda uji *paving block* untuk pengujian kuat tekan sebelumnya sudah terlebih dahulu dipotong dengan dimensi $\pm 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ agar memudahkan waktu pengujian.

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan pada pengujian kuat tekan diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 19,241 MPa. Pada *paving block* dengan variasi 10% pengganti pasir mengalami kenaikan sebesar 32,473 MPa. Pada *paving block* dengan variasi 20% dan 25% pengganti pasir mengalami penurunan sebesar 21,095 MPa dan 20,185 MPa. Pada *paving block* dengan variasi 30% pengganti pasir mengalami kenaikan sebesar 22,683 MPa.

Pada variasi 10% mengalami kenaikan pada kuat tekannya, hal ini terjadi karena abu batu memiliki bentuk atau bulir yang lebih kecil dari pada pasir yang dapat dilihat pada pengujian modulus halus butir yang dimana hasil pengujian modulus halus pasir sebesar 2,405 sedangkan hasil pengujian modulus halus abu batu sebesar 2,082. Bentuk abu batu yang lebih kecil tersebut dapat berfungsi untuk mengisi rongga pada *paving block* sehingga *paving block* yang dihasilkan akan lebih padat dan mampu meningkatkan kuat tekan dari *paving block*. Oleh karena itu

paving block dengan variasi 10% dapat meningkat kuat tekannya daripada *paving block* yang tanpa abu batu.

Pada variasi 20% dan 25% kuat tekan pada *paving block* mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena jika dilihat dari bentuk fisik benda uji yang dapat dilihat pada lampiran 4 gambar L4.8 dan L4.9 terlihat bahwa *paving block* tersebut tidak padat atau banyak rongga yang menyebabkan kuat tekan pada variasi tersebut mengalami penurunan. Banyaknya rongga tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah ketika proses pembuatan *paving block* pada saat pencetakan kurang maksimal yang menyebabkan benda uji tersebut berongga dan tidak padat.

Kenaikan terjadi pada variasi 30%, hal ini disebabkan karena jika dilihat dari fisik benda uji yang dapat dilihat pada lampiran 4 gambar L4.10 terlihat tidak banyak rongga seperti variasi sebelumnya hal ini disebabkan karena saat pencetakan menghasilkan benda uji yang padat daripada benda uji dengan variasi sebelumnya, tetapi variasi 30% tersebut masih terdapat rongga yang menyebabkan kurangnya padat dari benda uji tersebut, karena bentuk abu batu yang memiliki bentuk yang lebih kecil daripada pasir sehingga ketika abu batu yang dipakai lebih banyak, abu batu tersebut tidak mengisi kekosongan atau rongga pada pasir yang memiliki bentuk yang lebih besar daripada abu batu.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa abu batu yang menggantikan sebagian pasir memiliki nilai kuat tekan yang tinggi pada variasi 10%. Pada SNI 03-069101996 mutu yang didapat pada pengujian kuat tekan pada *paving block* dengan variasi 0%, 10%, 20%, 25%, dan 30% adalah B yang dimana mutu B adalah fungsinya untuk peralatan parkir

4.4.2 Pengujian Ketahanan Aus

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

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA1	1094,3	1093,5	0,16	0,226
KA2	1174,6	1173,9	0,14	0,201
KA3	1264,7	1263,5	0,24	0,327
KA4	1183,8	1182,8	0,2	0,276
KA5	1236,1	1235,4	0,14	0,201
Rata-rata				0,246

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 10%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA6	1182,7	1182,1	0,12	0,175
KA7	1211,4	1210,9	0,1	0,150
KA8	1177,6	1176,8	0,16	0,226
KA9	1166,8	1166,1	0,14	0,201
KA10	1199,8	1199,3	0,1	0,150
Rata-rata				0,1808

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 20%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA11	1182,4	1180,1	0,46	0,604
KA12	1137,5	1135,9	0,32	0,427
KA13	1151,3	1150,1	0,24	0,327
KA14	1166,8	1165,6	0,24	0,327
KA15	1175,4	1173,1	0,46	0,604
Rata-rata				0,458

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 25%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA16	1112,2	1110,9	0,26	0,352
KA17	1108,3	1106,8	0,3	0,402
KA18	1144,3	1142,9	0,28	0,377
KA19	1136,7	1133,3	0,68	0,881
KA20	1163,1	1160,8	0,46	0,604
Rata-rata				0,524

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 30%

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA21	1154,3	1152,8	0,3	0,402
KA22	1133,6	1131,8	0,36	0,478
KA23	1127,4	1126,2	0,24	0,327
KA24	1161,5	1160,2	0,26	0,352
KA25	1132,8	1131,2	0,32	0,427
Rata-rata				0,398

Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan pengujian penyerapan air pada sampel KA6

Berat awal (sebelum uji) = 1182,7 gr

Berat akhir (setelah uji) = 1182,1 gr

Waktu pengujian = 5 menit

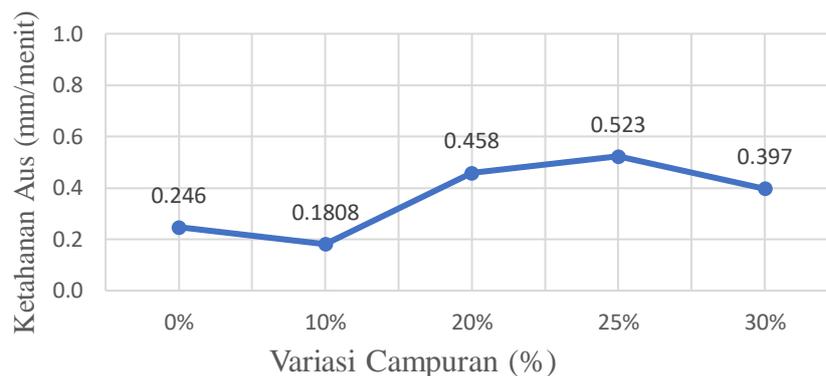
$$\begin{aligned}
 \text{Kehilangan (G)} &= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{waktu pengujian}} \\
 &= \frac{1182,7 - 1182,1}{5} \\
 &= 0,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ketahanan aus (D)} &= 1,2 \times G + 0,0246 \\
 &= 1,2 \times 0,12 + 0,0246 \\
 &= 0,175 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Ketahanan aus (D) rata-rata} &= \frac{0,175+0,1506+ 0,226+ 0,201+ 0,1506}{5} \\
 &= 0,1808 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat grafik untuk pengujian ketahanan aus pada *paving block*. Berikut adalah grafik dari pengujian ketahanan aus yang dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Pengujian Ketahanan Aus

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

Tabel 5.21 Penggolongan Mutu Ketahanan Aus *Paving Block*

No	Variasi	Rerata Ketahanan Aus	Mutu	Fungsi
1.	0%	0,246	D	Taman
2.	10%	0,1808	C	Pejalan Kaki
3.	20%	0,458	-	
4.	25%	0,523	-	
5.	30%	0,397	-	

Pengujian ketahanan aus dilakukan dengan menggunakan alat ketahanan aus. Benda uji *paving block* digesek dengan menggunakan mesin selama 5 menit. Dari penggesekan itu dapat kita ketahui berapa ketahanan aus yang dimiliki oleh *paving block*. Benda uji yang digunakan sebelumnya sudah dilakukan perendaman selama 28 hari dan sudah dalam keadaan kering. Jumlah pengujian ketahanan aus digunakan sebanyak 5 sampel setiap variasinya. Benda uji *paving block* untuk pengujian kuat tekan sebelumnya sudah terlebih dahulu dipotong dengan dimensi $\pm 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan pada pengujian ketahanan aus diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 0,246 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 10% pengganti pasir diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,1808 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 20% pengganti pasir diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,458 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 25% pengganti pasir diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,523 mm/menit. Pada *paving block* dengan variasi 30% pengganti pasir diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* sebesar 0,397 mm/menit.

Pada variasi 10% mengalami penurunan pada ketahanan aus, hal ini terjadi karena abu batu memiliki bentuk yang lebih kecil dari pasir yang menyebabkan rongga yang dimiliki *paving block* dapat terisi dengan abu batu oleh karena itu benda uji yang dihasilkan menjadi padat sehingga ketika pada saat pengujian

ketahanan aus benda uji tersebut menghasilkan hasil yang lebih rendah daripada benda uji yang tanpa abu batu.

Pada variasi 20% dan 25% ketahanan aus pada *paving block* mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena jika dilihat dari bentuk fisik benda uji yang dapat dilihat pada lampiran L.43 dan L.44 terlihat bahwa *paving block* tersebut tidak padat atau banyak rongga yang menyebabkan ketahanan aus pada variasi tersebut mengalami kenaikan. Banyaknya rongga tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah ketika proses pembuatan *paving block* pada saat pencetakan kurang maksimal yang menyebabkan benda uji tersebut berongga dan tidak padat sehingga ketika dilakukan proses penggesekan oleh mesin ketahanan aus benda uji tersebut mudah terkikis.

Penurunan terjadi pada variasi 30%, hal ini disebabkan karena jika dilihat dari fisik benda uji yang dapat dilihat pada lampiran L.45 tidak banyak rongga seperti variasi sebelumnya, tetapi variasi 30% tersebut masih terdapat rongga yang menyebabkan kurangnya padat dari benda uji tersebut, karena bentuk abu batu yang memiliki bentuk yang lebih kecil daripada pasir sehingga ketika abu batu yang dipakai lebih banyak, abu batu tersebut tidak mengisi kekosongan atau rongga pada pasir yang memiliki bentuk yang lebih besar daripada abu batu. Hal ini menyebabkan ketika dilakukan proses penggesekan oleh mesin ketahanan aus menghasilkan hasil yang lebih rendah daripada variasi 20% dan 25%,

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa abu batu yang menggantikan sebagian pasir memiliki nilai kuat tekan yang tinggi pada variasi 10%. Pada SNI 03-069101996 mutu yang didapat pada pengujian ketahanan aus pada *paving block* dengan variasi 0%, adalah D, yang dimana mutu D fungsinya untuk Taman, untuk variasi 10% adalah C, yang dimana mutu C fungsinya yaitu untuk pejalan kaki. Sedangkan untuk mutu 20%, 25% dan 30% tidak masuk mutu, dikarenakan abu batu tidak memiliki daya ikat yang tinggi dibandingkan pasir sedangkan pada mutu tersebut untuk kadar abu batu yang diberikan sedikit lebih banyak. Jadi ketika ada gesekan yang terjadi antara *paving block* dan benda di atasnya, *paving block* akan

mengalami keausan atau akan malah tegerus sehingga *paving block* tidak bisa dipakai kembali.

4.4.3 Pengujian Penyerapan Air

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

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 0%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P1	2550	2390	6,694
P2	2504	2330	7,467
Rata - Rata			7,081

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 10%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P3	2491	2340	6,453
P4	2526	2375	6,357
Rata - Rata			6,405

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 20%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P5	2465	2290	7,641
P6	2446	2265	7,991
Rata - Rata			7,816

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 25%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P7	2398	2210	8,506
P8	2349	2180	7,752
Rata - Rata			8.129

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Penyerapan Air pada Variasi 30%

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P9	2328	2180	6,789
P10	2384	2200	8,363
Rata - Rata			7,576

Analisis Perhitungan:

Contoh perhitungan pengujian penyerapan air pada sampel P4

Berat basah = 2526 gr

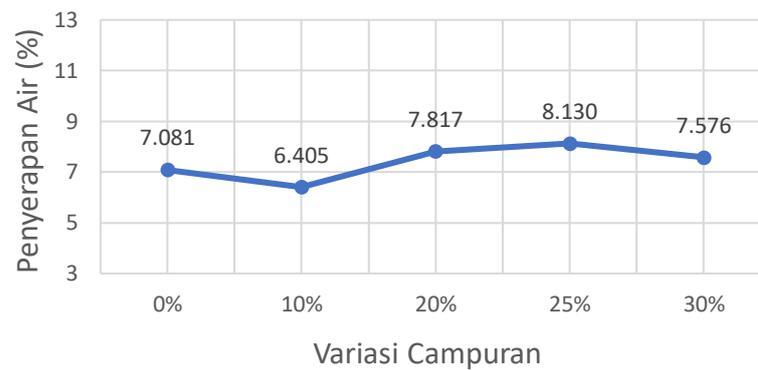
Berat kering = 2375 gr

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air} &= \frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat kering}} \times 100\% \\
 &= \frac{2526 - 2375}{2375} \times 100\% \\
 &= 6,405\%
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan air rata-rata} &= \frac{6,453 + 6,405}{2} \\
 &= 6,405\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat grafik untuk pengujian penyerapan air pada *paving block*. Berikut adalah grafik dari pengujian penyerapan air yang dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan hitungan serta grafik seluruh variasi pada pengujian penyerapan air pada *paving block* dapat dilakukan penggolongan mutu pada masing-masing variasi yang mengacu pada SNI 03-0691-1996. Berikut adalah penggolongan mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada tabel 5.17. pada halaman selanjutnya

Tabel 5.27 Penggolongan Mutu Penyerapan Air *Paving Block*

No	Variasi	Rerata Penyerapan Air	Mutu	Fungsi
1.	0%	7,081	B	Peralatan Parkir
2.	10%	6,405	B	Peralatan Parkir
3.	20%	7,816	B	Peralatan Parkir
4.	25%	8,129	C	Pejalan Kaki
5.	30%	7,576	B	Peralatan Parkir

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

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan pada pengujian penyerapan air diperoleh rata-rata pada benda uji *paving block* normal sebesar 7.081%. Pada *paving block* dengan variasi 10% pengganti pasir diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 6.4054%. Pada *paving block* dengan variasi 20% pengganti pasir diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 7.8165%. Pada *paving block* dengan variasi 25% pengganti pasir diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 8.1295%. Pada *paving block* dengan variasi 30% pengganti pasir diperoleh rata-rata benda uji penyerapan air sebesar 7.8165%

Pada variasi 10% mengalami penurunan pada penyerapan air. Pada variasi 10% *paving block* yang dihasilkan memiliki bentuk yang lebih padat, seperti pembahasan sebelumnya bahwa bentuk abu batu memiliki bentuk yang lebih kecil sehingga dapat mengisi rongga-rongga yang dimiliki oleh *paving block*. Maka dari itu dengan kepadatan yang dimiliki oleh *paving block*, penyerapan air yang didapatkan lebih baik mutunya daripada *paving block* yang tanpa abu batu.

Pada variasi 20% dan 25% penyerapan air pada *paving block* mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena abu batu memiliki kelemahan bahwa ketika abu batu yang dipakai terlalu banyak maka penyerapan air yang dihasilkan akan semakin tinggi dan tidak baik untuk *paving block*. Selain itu juga benda uji yang dihasilkan terdapat banyak rongga sehingga semakin tinggi juga penyerapan airnya.

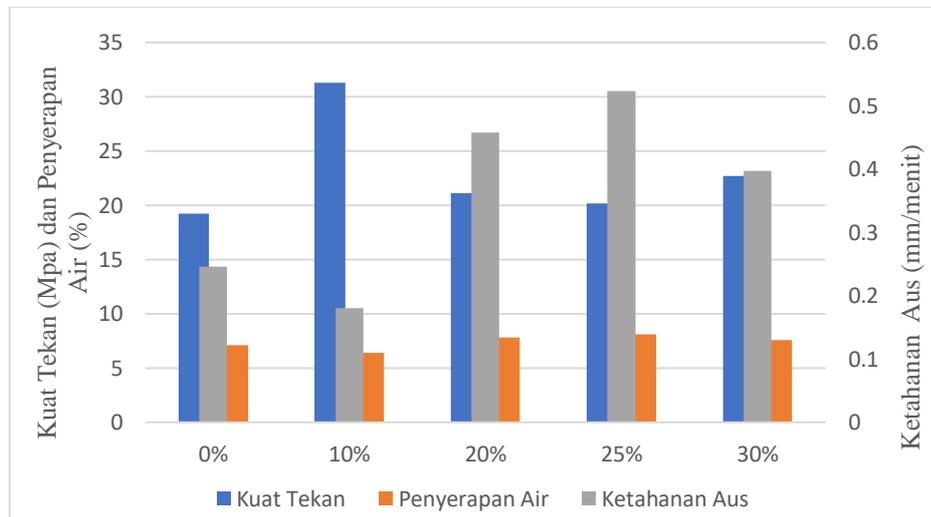
Penurunan terjadi pada variasi 30%, hal ini terjadi karena bentuk fisik yang dapat dilihat pada lampiran L.33 pada variasi 30% memiliki bentuk yang lebih padat daripada variasi 20% dan 25%. Walaupun penyerapan air yang dimiliki abu batu lebih tinggi pasir, ketika bentuk dari benda uji tersebut yang lebih padat akan meminimalisir rongga pada benda uji tersebut sehingga penyerapan air yang dihasilkan lebih rendah daripada variasi 20% dan 25%.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa abu batu yang menggantikan sebagian pasir memiliki nilai penyerapan air yang baik pada variasi 10%. Pada SNI 03-06910-1996 mutu yang didapat pada pengujian penyerapan air pada *paving block* dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% adalah B yang dimana mutu B adalah

fungsiya untuk peralatan parkir. Untuk variasi 25% masuk pada mutu C yang dimana mutu C adalah fungsiya untuk pejalan kaki.

5.5 Pembahasan Keseluruhan

Berdasarkan pembahasan diatas secara keseluruhan, dapat diketahui nilai pengujian kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus yang paling tinggi mutunya pada variasi 10%, yang memiliki kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus berturut-turut sebesar 31,268 MPa , 6,405% dan 0,1808 mm/menit. Dapat disimpulkan bahwa bahan pengganti abu batu dapat meningkatkan mutu *paving block* normal. Hal ini dikarenakan abu batu memiliki butiran yang lebih kecil dibandingkan dengan pasir yang dapat berfungsi untuk mengisi rongga-rongga yang ada pada *paving block*. *Paving block* yang terisi rongganya akan membuat *paving block* tersebut akan semakin padat dan tidak adanya udara pada *paving block* tersebut. Kelebihan abu batu lainnya dengan memiliki tekstur yang lebih tajam dibandingkan dengan pasir sehingga abu batu dapat membantu dalam proses pengikatan antar agregatnya, sehingga dapat membuat *paving block* bermutu tinggi,. Berikut adalah grafik pengujian keseluruhan yang dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Keseluruhan Pengujian

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada *paving block* yang diberikan bahan pengganti abu batu yang menggantikan sebagian pasir yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kuat tekan rata-rata benda uji *paving block* dalam keadaan normal atau tidak diberikan bahan pengganti sebesar 19,241 MPa, kemudian kuat tekan rata-rata benda uji *paving block* dengan variasi 10%, 20%, 25% dan 30% secara berturut-turut sebesar 31,268 MPa, 21,095 MPa, 20,185 MPa dan 22,683 MPa.
2. Ketahanan aus rata-rata benda uji *paving block* dalam keadaan normal atau tidak diberikan bahan pengganti sebesar 0,246 mm/menit, kemudian penyerapan air rata-rata benda uji *paving block* dengan variasi 10%, 20%, 25% dan 30% secara berturut-turut sebesar 0,1808 mm/menit, 0,458 mm/menit, 0,523 mm/menit dan 0,397 mm/menit.
3. Penyerapan air rata-rata benda uji *paving block* dalam keadaan normal atau tidak diberikan bahan pengganti sebesar 7,081%, kemudian penyerapan air rata-rata benda uji *paving block* dengan variasi 10%, 20%, 25% dan 30% secara berturut-turut sebesar 6,405%, 7,816%, 8,129% dan 7,576%.
4. Dari hasil yang telah didapatkan, dapat dikategorikan untuk masing-masing benda uji *paving block* untuk mutu serta fungsinya. Dari hasil kuat tekan yang paling tinggi pada variasi 10% didapatkan nilai sebesar 31,268 MPa dengan mutu B yang berfungsi sebagai peralatan parkir. Dari hasil penyerapan air yang paling rendah pada variasi 10% didapatkan nilai sebesar 6,405% dengan mutu B yang berfungsi sebagai peralatan parkir. Dari hasil ketahanan aus yang paling rendah pada variasi 10% didapatkan nilai sebesar 0,1808% dengan mutu C yang berfungsi sebagai peralatan parkir.

6.2 Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya kadar abu batu dapat dicoba menggunakan interval 35% sampai dengan 45% untuk memperoleh *paving block* dengan mutu kuat tekan yang tinggi.
2. Untuk penelitian selanjutnya dipastikan pada saat pemotongan paving block harus dengan luas penampang yang rata jangan ada yang gompal atau rekah-rekah sehingga ketika pengujian benda uji dapat rata mendapat bebannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan , N. S. (1996). Bata Beton (Paving Block) (SNI 03-0691-1996) Jakarta.
- Prayogo. (2017). analisa kuat tekan paving block dengan abu batu sebagai bahan tambah.
- Viedra, d. (2019). pemanfaatan kombinasi limbah abu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus pada paving block.
- Nugroho. (2020). pemanfaatan abu batu dalam pembuatan paving block dengan metode tekanan.
- Asiacon. (2022). Manfaat Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Untuk Paving Block.
- PUPR. (1982). PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI - 1982).
- Syarah. (2022). pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus untuk pembuatan paving block.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Yogyakarta: Navitri.
- Tjokrodimuljo, K. (2009). Teknologi Beton. Penerbit Teknik sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan UGM.
- Viedra, d. (2019). pemanfaatan kombinasi limbah abu batu dan abu dasar sebagai substitusi agregat halus pada paving block.
- Yenit, B. (2022). Cara Pembuatan Paving Block Manual dan Mekanis.
- Zwick, R. (2020). Tata Cara Pengujian Material.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat yang digunakan**Gambar L-1.1 Pan****Gambar L-1.2 Timbangan**



Gambar L-1.3 Oven



Gambar L-1.4 Ember



Gambar L-1.5 Cetok



Gambar L-1.6 Silinder



Gambar L-1.7 Mesin *Mixing*



Gambar L-1.8 Mesin Press



Gambar L-1.9 Mesin Kuat Tekan



Gambar L-1.10 Mesin Ketahanan Aus

Lampiran 2 Bahan yang Digunakan



Gambar L-2.1 Agregat Halus (pasir) Merapi



Gambar L-2.2 Agregat Halus (abu batu) Merapi



Gambar L-2.3 Semen (Tiga Roda)

Lampiran 3 Proses Pengujian



Gambar L-3.1 Perawatan Benda Uji



Gambar L-3.2 Perendaman untuk Penyerapan Air



Gambar L-3.3 Penimbangan Penyerapan Air



Gambar L-3.4 Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-3.5 Pengujian Kuat Tekan

Lampiran 4 Benda Uji Setelah Diuji



Gambar L-4.1 Hasil Ketahanan Aus variasi 0%



Gambar L-4.2 Hasil Ketahanan Aus variasi 10%



Gambar L-4.3 Hasil Ketahanan Aus variasi 20%



Gambar L-4.4 Hasil Ketahanan Aus variasi 25%



Gambar L-4.5 Hasil Ketahanan Aus variasi 30%



Gambar L-4.6 Hasil Kuat Tekan variasi 0%



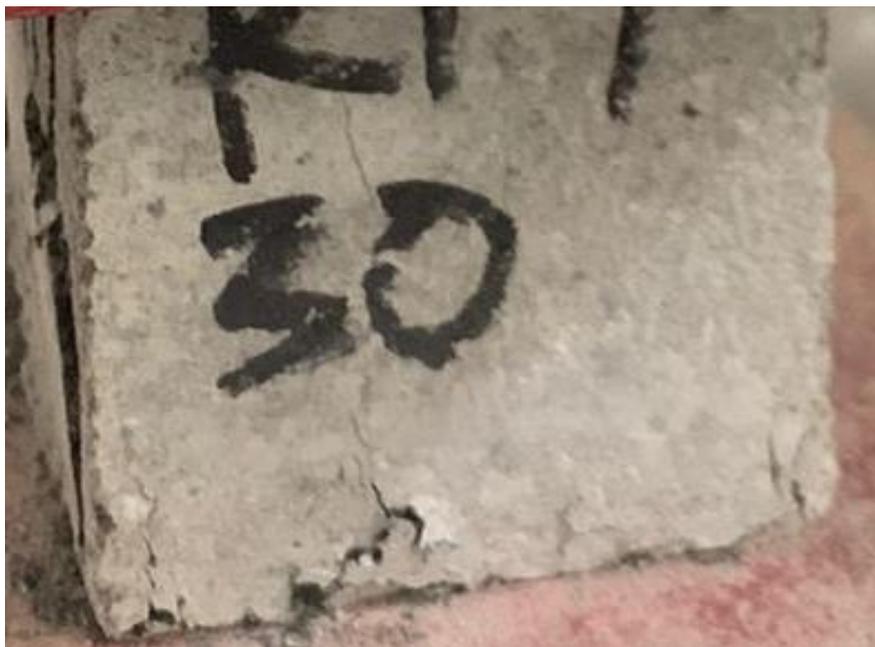
Gambar L-4.7 Hasil Kuat Tekan variasi 10%



Gambar L-4.8 Hasil Kuat Tekan variasi 20%



Gambar L-4.9 Hasil Kuat Tekan variasi 25%



Gambar L-4.10 Hasil Kuat Tekan variasi 30%

Lampiran 5 Surat Izin Pemakaian Laboratorium

Nomor : 118/Ka. Prodi/20/PSTS/IV/2022
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

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

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anandityo Rama Aji
NIM : 17 511 104
Program studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T
Judul tugas akhir : Pengaruh Penggunaan Bahan Pengganti Abu Batu Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, dan Penyerapan Air Pada *Paving Block*

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil

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

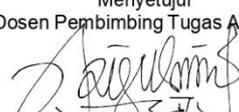
Yogyakarta, 31 Maret 2022
Pemohon



Anandityo Rama Aji
NIM: 17 511 104

Menyetujui
Koordinator Laboratorium

Ir. Bambang Sulistiono,
MSCE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T

Menyetujui
Kepala Laboratorium

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

Catatan:
Kepala laboratorium bahan konstruksi teknik menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada tanggal)* sampai tanggal)*.

-)* Kepala laboratorium mengisi tanggal pengujian yang disetujui untuk melakukan pengujian.
1. Pembuatan Sampel pada tanggal 11 - 25 Mei 2022
2. Pengujian Sampel pada tanggal 11 Juli - 11 Agustus 2022

Lampiran 6 Surat Izin Kegiatan Dalam Masa Tanggap Darurat Covid-19

Nomor : 119/Ka. Prodi/20/PSTS/IV/2022
 Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Kepada :
 Yth. **Ketua Tim Satgas Covid 19**
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

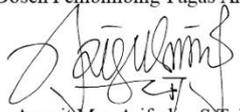
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anandityo Rama Aji
 NIM : 17 511 104
 Program studi : Teknik Sipil
 Dosen pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T
 Judul tugas akhir : Pengaruh Penggunaan Bahan Pengganti Abu Batu Terhadap Kuat Tekan, Ketahanan Aus, dan Penyerapan Air Pada *Paving Block*

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Menyetujui
 Dosen Pembimbing Tugas Akhir

 Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T

Yogyakarta, 31 Maret 2022
 Pemohon


 Anandityo Rama Aji
 NIM: 17 511 104



Mengetahui
 Kepala Program Studi Teknik Sipil


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

Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Lampiran 7 Hasil Pengujian



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

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00		0	0	100
20.00		0	0	100
10.00		0	0	100
4.80	40	2.00	2.00	98.00
2.40	175	8.73	10.72	89.28
1.20	356	17.76	28.48	71.52
0.60	418	20.85	49.33	50.67
0.30	349	17.41	66.73	33.27
0.15	331	16.51	83.24	16.76
Sisa	336	16.76	100.00	0
Jumlah	2005	100	240.50	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{240.50}{100}$$

$$= 2.405$$

Gradasi Agregat Halus

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

Keterangan:

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



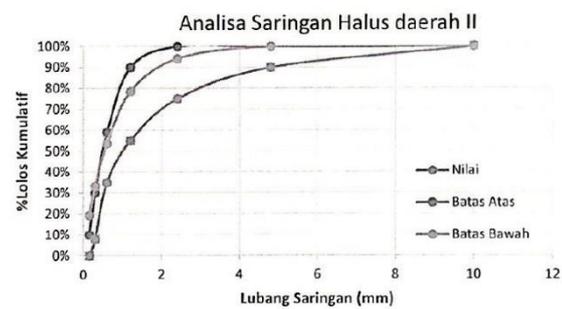
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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

Hasil Analisis Saringan:

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS





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

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

Asal Abu Batu	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00		0	0	100.00
20.00		0	0	100.00
10.00		0	0	100.00
4.80	4	0.20	0.20	99.80
2.40	111	5.54	5.74	94.26
1.20	325	16.21	21.95	78.05
0.60	464	23.14	45.09	54.91
0.30	243	12.12	57.21	42.79
0.15	419	20.90	78.10	21.90
Sisa	435	21.70	100	0.00
Jumlah	2001	99.80049875	208.2793017	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{208.279}{100}$$

$$= 2.083$$

Gradasi Agregat Halus

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

Keterangan:

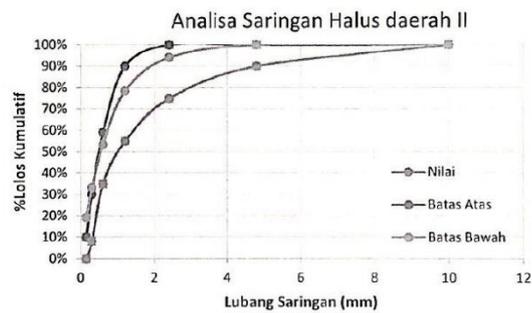
Daerah I : Pasir Kasar
Daerah II : Pasir Agak Kasar
Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah IV : Pasir Halus

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

Hasil Analisis Saringan:

Abu Batu Masuk Daerah : Daerah 2
Jenis Abu Batu : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Tehon (0274) 858444 eks 3250 & 3252 Yogyakarta

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	478	476	477
Persentase yang lolos ayakan No. 200 $[(W1-W2/W1)] \times 100$	4.40%	4.80%	4.60%



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

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15.3 cm
Tinggi Silinder	32.7 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10.740	10.740	10.740
Berat Tabung + Agregat SSD	17.723	17.721	17.722
Berat Agregat	6.983	6.981	6.982
Volume Tabung	6012.021	6012.021	6012.021
Berat Volume Gembur	1.162	1.161	1.161

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{6982}{6012.021} \\
 &= 1,161 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15.3 cm
Tinggi Silinder	32.7 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10.740	10.740	10.740
Berat Tabung + Agregat SSD	19.198	19.200	19.199
Berat Agregat	8.458	8.460	8.459
Volume Tabung	6012.021	6012.021	6012.021
Berat Volume Padat	1.407	1.407	1.407

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8459}{6012.021} \\
 &= 1,407 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

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

Asal Abu Batu	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	479	478	478.5
Persentase yang lolos ayakan No. 200 $[(W1-W2/W1) \times 100]$	4.20%	4.40%	4.30%



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kallurung Km 14.5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Abu Batu	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15.3 cm
Tinggi Silinder	32.7 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10.740	10.740	10.74
Berat Tabung + Agregat SSD	17.927	17.920	17.9235
Berat Agregat	7.1870	7.1800	7.1835
Volume Tabung	6012.0211	6012.0211	6012.0211
Berat Volume Gembur	1.1954	1.1943	1.1949

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7.1870}{6012.021} \\
 &= 1.1949 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Abu Batu	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15.3 cm
Tinggi Silinder	32.7 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	10.7400	10.7400	10.7400
Berat Tabung + Agregat SSD	19.3270	19.3190	19.3230
Berat Agregat	8.5870	8.5790	8.5830
Volume Tabung	6012.0211	6012.0211	6012.0211
Berat Volume Padat	1.4283	1.4270	1.4276

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8587}{6012.021} \\
 &= 1,4276 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

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

Nama : Anandityo Rama Aji

NIM : 17511104

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT1	54.2	52.8	59.5	56.3882375	19.704
KT2	54.6	52.5	57.5	56.3882375	19.671
KT3	53.8	53.1	59.5	54.4269075	19.052
KT4	54.3	53.5	58.5	54.59362055	18.793
KT5	54.7	53.4	59	55.4664124	18.989
Rerata					19.2418
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT6	54.4	52.5	60	96.84066875	33.908
KT7	53.7	52.3	62	99.29233125	35.354
KT8	54.3	53	57.3	87.52435125	30.413
KT9	55	53.4	56.2	90.7115125	30.886
KT10	53.4	53.6	54.5	73.79504125	25.782
Rerata					31.2685
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT11	53.2	53	60	63.98839125	22.694
KT12	52.3	53	60	54.67207375	19.724
KT13	53.5	53.6	61.3	64.72389	22.571
KT14	53	52.7	60.7	63.98839125	22.909
KT15	54	53.2	60.5	50.5042475	17.580



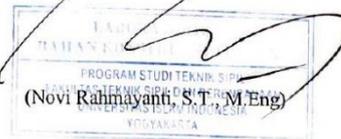
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

Rerata					21.0956
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT16	54	53	60	55.897905	19.531
KT17	53.8	52.7	60.3	60.06573125	21.185
KT18	54.2	53.2	60.5	56.682437	19.658
KT19	54.6	53.5	60.3	59.820565	20.479
KT20	54.1	53.5	60.5	58.10440125	20.075
Rerata					20.1856
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
KT21	52.5	51	57.7	57.61406875	21.518
KT22	52	52.5	60.4	66.1948875	24.247
KT23	53.5	50.7	60.5	64.57679025	23.808
KT24	51.5	50.3	60.7	51.53394575	19.894
KT25	50	51.3	59.5	61.43866225	23.953
Rerata					22.6838

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
Kepala Laboratorium





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

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

Nama : Anandityo Rama Aji
NIM : 17511104
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P1	2550	2390	6.6946
P2	2504	2330	7.4678
Rata – Rata			7.0812
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P3	2491	2340	6.4530
P4	2526	2375	6.3579
Rata – Rata			6.4054
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P5	2465	2290	7.6419
P6	2446	2265	7.9912
Rata – Rata			7.8165
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P7	P7	2398	2210
P8	P8	2349	2180
Rata – Rata			8.1295
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
P9	2328	2180	6.7890
P10	2384	2200	8.3636
Rata – Rata			7.5763



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14.5 Telp. (0274) 853444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
Kepala Laboraturium

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



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalitirang Km.14.5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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

Pengirim : Anandityo Rama Aji
 NIM : 17511104
 Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA1	1094.3	1093.5	0.16	0.2262
KA2	1174.6	1173.9	0.14	0.201
KA3	1264.7	1263.5	0.24	0.327
KA4	1183.8	1182.8	0.2	0.2766
KA5	1236.1	1235.4	0.14	0.201
Rata-rata				0.24636
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA6	1182.7	1182.1	0.12	0.1758
KA7	1211.4	1210.9	0.1	0.1506
KA8	1177.6	1176.8	0.16	0.2262
KA9	1166.8	1166.1	0.14	0.201
KA10	1199.8	1199.3	0.1	0.1506
Rata-rata				0.18084
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA11	1182.4	1180.1	0.46	0.6042
KA12	1137.5	1135.9	0.32	0.4278
KA13	1151.3	1150.1	0.24	0.327
KA14	1166.8	1165.6	0.24	0.327
KA15	1175.4	1173.1	0.46	0.6042
Rata-rata				0.45804



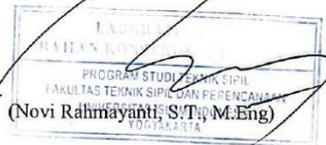
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA16	1112.2	1110.9	0.26	0.3522
KA17	1108.3	1106.8	0.3	0.4026
KA18	1144.3	1142.9	0.28	0.3774
KA19	1136.7	1133.3	0.68	0.8814
KA20	1163.1	1160.8	0.46	0.6042
Rata-rata				0.52356
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KA21	1154.3	1152.8	0.3	0.4026
KA22	1133.6	1131.8	0.36	0.4782
KA23	1127.4	1126.2	0.24	0.327
KA24	1161.5	1160.2	0.26	0.3522
KA25	1132.8	1131.2	0.32	0.4278
Rata-rata				0.39756

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
Kepala Laboratorium



Lampiran 8 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 : 68 /Ka.Lab/60/LBKT/VI/2022

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Novi Rahmayanti, ST, M.Eng
NIK : 155111306
Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Tenik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : ANANDITYO RAMA AJI
N I M : 17511104
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, ST, MT
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 PENGGUNAAN BAHAN PENGGANTI ABU BATU TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS DAN PENYERAPAN AIR PADA PAVING BLOCK" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya *).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 28 Juni 2022

Administrasi Laboratorium

Kepala Laboratorium BKT,

Daru Salam, AMd



Novi Rahmayanti, ST, M.Eng

*) Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 9 Surat Keterangan Bebas Plagiasi



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

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 1883729224/Perpus./10/Dir.Perpus/VII/2022

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr: Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Anandityo Rama Aji
 Nomor Mahasiswa : 17511104
 Pembimbing : Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T.
 Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
 Judul Karya Ilmiah : PENGARUH PENGGUNANAAN BAHAN PENGANTI ABU BATU TERHADAP KUAT TEKAN, KETAHANAN AUS, DAN PENYERAPAN AIR PADA PAVING BLOCK (THE EFFECT OF USING STONE ASH SUBSTITUTE ON COMPRESSIVE STRENGTH, WEAR RESISTANCE, AND WATER ABSORPTION ON PAVING BLOCKS)

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **20 (Dua Puluh) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr: Wb.

Yogyakarta, 8/18/2022
 Direktur



Joko S. Prianto, SIP., M.Hum