

TUGAS AKHIR

**PENGARUH LIMBAH BATU ALAM SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA PEMBUATAN
PAVING BLOCK
(THE EFFECTS OF NATURAL STONE WASTE AS A
SUBSTANCE MATERIAL ON PAVING BLOCK
MANUFACTURING)**

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



Muhammad Helmi Hasballah

16511252

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

TUGAS AKHIR

**PENGARUH LIMBAH BATU ALAM SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA PEMBUATAN
PAVING BLOCK
(THE EFFECTS OF NATURAL STONE WASTE AS A
SUBSTANCE MATERIAL ON PAVING BLOCK
MANUFACTURING)**

Disusun oleh

Muhammad Helmi Hasballah
16511252

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

Diuji pada tanggal 5 Januari 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Jafar, S.T., MURP., M.T.
NIK: 185111305

Penguji I

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

Penguji II

Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T.
NIK: 885110106

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya terima sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 5 Januari 2023

Yang membuat pernyataan



Muhammad Helmi Hasballah

(16511252)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayahnya serta sholawat dan salam kita hadiahkan kepada junjungan besar nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Limbah Batu Alam Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Pasir Pada Pembuatan *Paving Block*.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak. Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Jafar, S.T., M.T., MURP., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, serta masukan-masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Maksun Supandi dan Ibu Johan Mutiara sebagai orangtua yang telah memberi semangat, motivasi, saran, dan semua yang telah diterima saya selama hidup dan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Abang dan Kakak saya Muhammad Deni, Melisa Romadhoni, Siska Nurjannah sebagai saudara kandung saya yang telah memberikan waktu, semangat, dan pikirannya selama saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Robiah Al Adawiyah yang telah menjadi tempat menuangkan suka duka penulis, memberi semangat motivasi, meluangkan banyak waktu dan menemani dari awal hingga akhir dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Teman kontrakan NAGABONAR Evan Sinuhaji, Faiz Rivaldy dan Bagoes Harimurti yang telah menemani awal kehidupan saya selama di Yogyakarta.
7. Teman, sahabat dan kerabat saya, Bopang, Odang, Fajar, Ucil, Afif, Tenyom, Opung, Alfin, Gian, Ganang bersih dan kotor, Pungkas, Budi, Jati, Divan, Yoga, Muna, Melyza, Mutia dan teman-teman lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
8. Teman-teman seperjuangan Organisasi HMTS, DPM FTSP UII, dan FKMTSI yang telah banyak mengajarkan banyak hal diluar dunia perkuliahan.
9. Klub bola favorit saya CHELSEA FC yang telah menghibur dan mengisi waktu-waktu kehidupan saya
10. Terakhir, saya berterima kasih kepada diri sendiri yang pantang menyerah dalam menghadapi manis pahitnya dunia perkuliahan selama lebih dari 6 tahun.

Akhir kata penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan ini dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua.

Wassalamu'alaikum wr wb

Yogyakarta, 5 Januari 2023
Penulis,

Muhammad Helmi Hasballah
(16511252)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Persamaan dan Perbedaan Penelitian	7
2.3 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 <i>Paving Block</i>	11
3.1.1 Pengertian <i>Paving Block</i>	11

3.1.2	Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	11
3.1.3	Kelebihan dan Kekurangan <i>Paving Block</i>	13
3.1.4	Metode Cetak <i>Paving Block</i>	14
3.2	Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	15
3.2.1	Semen <i>Portland</i>	16
3.2.2	Air	17
3.2.3	Agregat Halus	17
3.2.4	Limbah Batu Alam	18
3.3	Pengujian <i>Paving Block</i>	19
3.4.1	Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	19
3.4.2	Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	20
3.4.3	Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	21
3.4	Pengujian Data Statistik	22
3.4.1	Uji Normalitas	22
3.4.2	Uji Homogenitas	23
BAB IV METODE PENELITIAN		24
4.1	Umum	24
4.2	Bahan Penelitian	24
4.3	Peralatan Penelitian	27
4.4	Benda Uji	32
4.5	Tahapan Penelitian	33
4.5.1	Tahap Persiapan dan Pengujian Bahan Susun <i>Paving Block</i>	33
4.5.2	Tahap Pencampuran Bahan Susun <i>Paving Block</i>	39
4.5.3	Tahap Pembuatan <i>Paving Block</i>	40
4.5.4	Tahap Perawatan <i>Paving Block</i>	41
4.5.5	Tahap Pemotongan <i>Paving Block</i>	41
4.5.6	Tahap Pengujian <i>Paving Block</i>	42
4.5.7	Tahap Analisis dan Pembahasan	45
4.6	Bagan Alir Penelitian	46

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	47
5.1 Tinjauan Umum	47
5.2 Hasil Pengujian Bahan Susun <i>Paving Block</i>	47
5.2.1 Agregat Halus (Pasir)	47
5.2.2 Agregat Kasar (Limbah Batu Alam)	52
5.2.3 Semen	57
5.2.4 Air	57
5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran	57
5.4 Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	59
5.5 Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	65
5.6 Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	76
6.1 Kesimpulan	76
6.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Standar Mutu Pada <i>Paving Block</i>	12
Tabel 3.2 Faktor Koreksi Ketebebalan Berdasarkan British Standar Institusion	13
Tabel 3.3 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan <i>Paving Block</i>	14
Tabel 3.4 Jenis, Kegunaan dan Penerapan Semen <i>Portland</i>	16
Tabel 3.5 Gradasi Agregat Halus	18
Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian	33
Tabel 4.2 Ukuran Sampel Pengujian	33
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir	48
Tabel 5.2 Gradasi Agregat Halus	49
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	50
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	51
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	51
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Pada Pasir	52
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Limbah Batu Alam	53
Tabel 5.8 Gradasi Limbah Batu Alam	54
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Limbah Batu Alam	55
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Limbah Batu Alam	56
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Limbah Batu Alam	56
Tabel 5.12 Kebutuhan Campuran <i>Paving Block</i>	59
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi 0%	60
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi 5%	60
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi 10%	61
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi 15%	61

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Variasi 20%	62
Tabel 5.18 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i>	63
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 0 %	66
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 5 %	66
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 10 %	66
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 15 %	67
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 20 %	67
Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Pengujian Daya Serap Air-Rata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i>	68
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 0 %	71
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 5 %	71
Tabel 5.27 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 10 %	71
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 15 %	72
Tabel 5.29 Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i> Dengan Variasi 20 %	72
Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Pengujian Ketahanan Aus Rata-Rata dan Klasifikasi Mutu <i>Paving Block</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Paving Block</i>	11
Gambar 3.2 Macam Bentuk <i>Paving Block</i>	12
Gambar 3.3 Prinsip Kerja Metode Manual	15
Gambar 3.4 Prinsip Kerja Metode Mekanis	15
Gambar 3.5 Limbah Batu Alam	19
Gambar 3.6 Sketsa Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	20
Gambar 3.7 Contoh Grafik Histogram	22
Gambar 4.1 Silo Semen	25
Gambar 4.2 Agregat Halus	25
Gambar 4.3 Limbah Batu Alam	26
Gambar 4.4 Air	26
Gambar 4.5 Timbangan	27
Gambar 4.6 Ayakan	27
Gambar 4.7 Sendok Semen	28
Gambar 4.8 Mesin <i>Mixer</i>	28
Gambar 4.9 Mal <i>Paving Block</i>	29
Gambar 4.10 Mesin <i>Press</i>	29
Gambar 4.11 Papan Triplek	30
Gambar 4.12 <i>Oven</i>	30
Gambar 4.13 Mesin Uji Kuat Tekan	31
Gambar 4.14 Mesin Uji Ketahanan Aus	31
Gambar 4.15 Mesin Gerinda	32
Gambar 4.16 Proses Pencampuran Bahan Susun <i>Paving Block</i>	39
Gambar 4.17 Proses Pembuatan <i>Paving Block</i>	40
Gambar 4.18 Proses Perawatan <i>Paving Block</i>	41

Gambar 4.19 Proses Pemotongan <i>Paving Block</i>	42
Gambar 4.20 Pengujian Kuat Tekan	43
Gambar 4.21 Pengujian Daya Serap Air	44
Gambar 4.22 Pengujian Ketahanan Aus	45
Gambar 4.23 Bagan Alir Penelitian	46
Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Daerah II	49
Gambar 5.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus 10 mm	54
Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata <i>Paving Block</i>	64
Gambar 5.4 Grafik Daya Serap Air Rata-Rata <i>Paving Block</i>	69
Gambar 5.5 Grafik Ketahanan Aus Rata-Rata <i>Paving Block</i>	74



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Bahan Susun <i>Paving Block</i>	82
Lampiran 2 Data Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	93
Lampiran 3 Data Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	96
Lampiran 4 Data Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	98
Lampiran 5 Data Uji Normalitas	100
Lampiran 6 Data Uji Homogenitas	103
Lampiran 7 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium TBK	108
Lampiran 8 Surat Izin Berkegiatan Dalam Masa Tanggap Darurat Covid-19	109
Lampiran 9 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium	110
Lampiran 10 Gambar Pengujian Yang Dilakukan	111



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



MHB	=	Modulus Halus Butir
UII	=	Universitas Islam Indonesia
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
MPa	=	Megapascal
Pc	=	<i>Portland Cement</i>
Ps	=	Pasir
N	=	Jumlah Benda Uji
Fas	=	Faktor Air Semen
Wb	=	Berat <i>Paving Block</i> Basah (gram)
Wk	=	Berat <i>Paving Block</i> Kering (gram)
D	=	Ketahanan Aus (mm/menit)
G	=	Kehilangan Berat/Lama Penghausan (gram/menit)
P	=	Beban Maksimum (N)
Ap	=	Luas Penampang Benda Uji (mm ²)
A	=	Luas (mm)
SSD	=	Saturated Surface Dry (Berat Jenis Kering Permukaan)
V	=	Volume air yang lolos (cm ³)
Σ	=	Sigma
t	=	Lama Pengujian (menit)
BA	=	Berat Awal (gr)
BB	=	Berat Akhir (gr)

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah material pabrik bahan bangunan merupakan upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Sebagai contoh, limbah batu alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi sebagian pasir dalam pembuatan *paving block*. Saat ini *paving block* lebih diminati dibandingkan perkerasan lain seperti aspal maupun cor beton karena konstruksi perkerasan *paving block* ramah lingkungan, membantu konservasi air tanah, pembuatan dan pemasangan relatif singkat dan ringkas, harganya murah, serta memiliki bentuk yang beragam sehingga dapat menambah nilai seni dan keindahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan, daya serap air, dan ketahanan aus sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-0691-1996 dengan penambahan limbah batu alam sebagai bahan substitusi sebagian pasir.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan membuat benda uji *paving block*. *Paving block* menggunakan perbandingan campuran yaitu 1pc : 6ps dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% serta menggunakan tipe *holland* dengan tebal 6 cm. Proses pembuatan *paving block* dijalankan dengan menggunakan mesin *press* dan mesin penggetar. Pengujian *paving block* dilaksanakan setelah melewati proses perendaman selama 28 hari dan dikeringkan selama 1 hari dengan berpedoman pada SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil penelitian, pemanfaatan limbah batu alam mampu meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* pada variasi 5% dengan nilai optimumnya sebesar 27,141 MPa. Hasil penelitian daya serap air *paving block* dengan pemanfaatan limbah batu alam memiliki nilai terendah pada variasi 15% dengan nilai sebesar 7,861%. Hasil penelitian ketahanan aus dengan pemanfaatan limbah batu alam memiliki nilai terbaik pada variasi 5% dengan nilai sebesar 0,133 mm/menit.

Kata Kunci: *paving block*, limbah batu alam, kuat tekan, daya serap air, ketahanan aus.

ABSTRACT

Using waste materials from building materials factories is an effort to reduce environmental pollution. For example, natural stone waste is used as a partial substitute for sand to manufacture paving blocks. Currently, paving blocks are more in demand than other pavements such as asphalt or cast concrete because paving block pavement construction is environmentally friendly, helps conserve groundwater, is relatively concise in manufacture and installation, is inexpensive, and has a variety of shapes so that it can add artistic value and beauty. This study aims to determine the value of compressive strength, water absorption, and wear resistance as required by SNI 03-0691-1996 with the addition of natural stone waste as a partial substitute for sand.

This study used an experimental method by making paving block test objects. Paving blocks use a mixed ratio of 1pc: 6ps with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%, which use a Holland type with a thickness of 6cm. Paving blocks are made using a press machine and a vibratory machine. Paving block testing was carried out after passing through the soaking process for 28 days and drying for one day, according to SNI 03-0691-1996.

Based on the study results, using natural stone waste can increase the compressive strength of paving blocks at a variation of 5% with an optimum value of 27.141 MPa. The study results on the water absorption capacity of paving blocks using natural stone waste have the lowest value at 15%, with a value of 7.861%. The results of wear resistance research using natural stone waste have the best value at 5% variation with a value of 0.133 mm/minute.

Keywords: *paving block, natural stone waste, compressive strength, water absorption, Abrasion Resistance.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Keputusan Menperindag RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal I tentang prosedur impor limbah, limbah merupakan barang atau bahan sisa dan bekas dari kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah. Limbah padat yang dikenal sebagai sampah, sering kali tidak diharapkan kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Apalagi limbah tersebut menyebabkan kerusakan lingkungan sehingga membawa dampak buruk bagi warga sekitar.

Daerah Kabupaten Cirebon khususnya Desa Bobos, dikenal sebagai daerah yang memproduksi batu alam. Di daerah tersebut tidak sedikit pabrik yang menghasilkan karya dari batu alam yang dapat dijual di domestik maupun mancanegara. Di sisi lain, terdapat banyak material limbah yang berasal dari pabrik tersebut yang tidak dimanfaatkan. Sisa-sisa limbah tersebut biasanya hanya dibiarkan begitu saja sehingga dapat mencemari lingkungan. Padahal apabila dimanfaatkan dengan baik dan benar maka dapat menghasilkan sesuatu yang bernilai, salah satunya sebagai material tambahan atau pengganti dalam pembuatan *paving block*.

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut (SNI 03-0691-1996). Saat ini banyak yang menaruh hati terhadap *paving block* dibandingkan perkerasan lain seperti aspal maupun cor beton. Seiring meningkatnya minat konsumen terhadap *paving block* karena konstruksi perkerasan *paving block* ramah lingkungan yang mana *paving block* sangat tepat dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaannya relatif singkat, ringkas dalam pemasangan dan

pemeliharaannya, harganya ramah dikantong, serta mempunyai beragam bentuk yang dapat menambah nilai seni dan keindahan.

Saat ini penambangan pasir merapi merupakan salah satu kegiatan yang dapat memperoleh keuntungan besar bagi warga sekitar. Menurut Kusmiyati (2019), potensi sumber daya pada kawasan Gunung Merapi dapat menghasilkan laba senilai 33.040 milyar/tahun. Dalam menjalankan bisnis penambangan pasir ini cukup bermodalkan alat berat sehingga mudah dalam menjalankan bisnis tersebut. Kendati demikian, kegiatan tersebut harusnya dibatasi karena pasir merupakan material alami sungai untuk menghambat laju erosi sehingga tidak masuk ke daratan. Masalah lain yang muncul ialah kurangnya air bersih yang juga disebabkan dari kurangnya pengawasan pemerintah daerah dan aktifitas pengerukan yang tidak terkontrol.

Berdasarkan penjelasan di atas maka penelitian *paving block* kali ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah batu alam dengan mensubstitusikan sebagian pasir. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metodologi yang sama dengan yang dilakukan oleh Sulistyono (2019) adalah penggunaan material pasir yang berasal dari Gunung Merapi, tetapi memiliki perbedaan yakni dengan menggunakan variasi penambahan limbah batu sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Limbah batu alam terlebih dahulu diayak secara manual dengan perencanaan lolos pada ukuran saringan 3/8" dan tertahan pada ukuran saringan no. 4,75 mm. Pencetakan *paving block* akan dilakukan secara mekanis dengan menggunakan mesin.

1.2 Rumusan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini yang menjadi rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kuat tekan *paving block* yang optimal menggunakan material limbah batu alam dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%?
2. Bagaimana daya serap air *paving block* yang optimal menggunakan material limbah batu alam dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%?

3. Bagaimana ketahanan aus *paving block* yang optimal menggunakan material limbah batu alam dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kuat tekan *paving block* yang optimal menggunakan material limbah batu alam variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.
2. Mengetahui daya serap air *paving block* yang optimal menggunakan material limbah batu alam variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.
3. Mengetahui ketahanan aus *paving block* yang optimal menggunakan material limbah batu alam variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen yang digunakan adalah semen tipe 1 dengan merk Tiga Roda pada silo yang sudah tersedia di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari gunung Merapi.
3. Air yang digunakan berasal dari saluran air yang berada di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Universitas Islam Indonesia.
4. Dalam Penelitian ini digunakan perbandingan semen : pasir sebesar 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15%, 20% sebagai pengganti agregat kasar.
5. Agregat berasal dari limbah batu alam yang diayak secara manual dan lolos pada ukuran saringan 3/8" dan tertahan pada ukuran saringan no. 4,75 mm.
6. Dalam penelitian ini limbah batu alam diperoleh dari pabrik batu alam yang gagal dibuat sebagai batu alam berasal dari daerah Desa Bobos, Kabupaten Cirebon.

7. Peneliti menggunakan *paving block* tipe bata atau *holland* yang berukuran panjang 200 mm, lebar 100 mm, dan tebal 60 mm.
8. Pengujian pada penelitian ini hanya sebatas uji kuat tekan, uji daya serap air dan uji ketahanan aus dalam kondisi *paving block* berumur 28 hari sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996.
9. Penelitian dilakukan di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Universitas Islam Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak baik sehingga bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, masyarakat ataupun pemerintah yaitu sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan dalam pengembangan ilmu teknologi bahan konstruksi.
2. Mengurangi hasil limbah yang dihasilkan dari pabrik batu.
3. Sebagai bahan alternatif dalam pembuatan *paving block* dengan beberapa keunggulan yang dimiliki dari limbah batu alam.
4. Dari hasil penelitian masyarakat dapat memanfaatkan hasil limbah batu alam dengan tepat guna.
5. Dari hasil penelitian pemerintah dapat mempromosikan material yang ramah lingkungan untuk diaplikasikan pada material limbah yang lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan penambahan bahan campur terhadap *paving block* atau sejenis dapat dijadikan sebagai referensi data penunjang dalam melakukan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dengan judul **Pemanfaatan Limbah Beton Pada Paving Block Dengan Metode Tekanan**, (Susanto, 2020). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air pada *paving block* yang memanfaatkan limbah beton dengan variasi penggunaan limbah beton yaitu: 0%, dan 10% terhadap berat pasir serta penggunaan beban tekan sebesar 500 kg dan 600 kg yang ditambah dengan tumbukan sejumlah 5 tumbukan dan 10 tumbukan. dilakukan penelitian untuk mengetahui kualitas *paving block* yang memanfaatkan limbah beton menggunakan beragam variasi penggunaan beban tekan dengan perbandingan semen : pasir sebesar 1 : 5 agar diperoleh hasil yang optimal walaupun menggunakan alat metode tekanan momen dan alat tumbukan.
2. Penelitian dengan judul **Pemanfaatan Abu Batu Dalam Pembuatan Paving Block dengan Metode Tekanan**, (Nugroho, 2020). Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan dan penyerapan air, menggunakan bahan campur abu batu sebanyak 30 % terhadap berat pasir. Komposisi *paving block* 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.

3. Penelitian dengan judul **Pemanfaatan Limbah Kerajinan Batu Alam untuk Pembuatan *Paving Block Porous***, (Sulistyo, 2019). Pada penelitian ini *paving block* dengan pemanfaatan limbah kerajinan batu alam menggunakan perbandingan campuran semen : abu batu : limbah batu alam sebesar 1 : 2 : 4, 1 : 2 : 5, 1 : 2 : 6, 1 : 2 : 7, dan menggunakan nilai fas yang bervariasi mulai dari 0,7 hingga 1,0. Berdasarkan hasil penelitian, didapat kuat desak tertinggi sebesar 35,11 MPa pada komposisi 1 : 2 : 6 dengan variasi ukuran agregat kecil. Nilai keausan terendah didapat pada komposisi 1 : 2 : 7 dengan variasi ukuran agregat kecil sebesar 0,092 mm/menit. Nilai penyerapan air terjadi paling rendah pada komposisi 1 : 2 : 6 dengan variasi ukuran agregat kecil sebesar 5,690 %. Permeabilitas air paling rendah sebesar 708 mm / hari pada komposisi 1 : 2 : 4 dengan variasi ukuran agregat kecil.
4. Penelitian dengan judul **Pengaruh Butiran Keramik Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan dan Harga Produksi *Paving Block***, (Wibowo, 2018). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air pada *paving block*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan penambahan butiran keramik dengan komposisi campuran 1pc : 6ps dengan fas 0,35 dengan menambahkan butiran keramik sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat semen yang digunakan. Pengujian *paving block* ini menggunakan alat mesin *press* dan penggetar yang dilakukan pengujian ketika benda uji *paving block* mencapai usia 21 hari dari pembuatan benda uji. Pembuatan pada pelaksanaan penelitian ini menggunakan butiran keramik mampu meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*. Hasil dari pengujian ini mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata optimum pada penambahan variasi butiran keramik 2,5% yaitu sebesar 244,45 kg/cm³ dengan kenaikan sebesar 14,92% dari *paving block* pada umumnya yaitu sebesar 212,72 kg/cm³

dengan begini semakin besar variasi penambahan butiran keramik juga mengakibatkan semakin besar nilai daya serap air pada *paving block*. Hasil dari pengujian daya serap air secara berturut-turut yaitu sebesar 5,677%, 6,422%, 7,550%, 7,899% dan 8,528% pada pembuatan *paving block*.

2.2 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

Pada penelitian ini *paving block* menggunakan bahan tambah limbah batu alam menggunakan campuran sebesar 1pc : 6ps dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pada penelitian sebelumnya penggunaan limbah batu alam menggunakan perbandingan campuran semen : abu batu : limbah batu alam sebesar 1 : 2 : 4, 1 : 2 : 5, 1 : 2 : 6, 1 : 2 : 7, dan menggunakan nilai fas yang bervariasi mulai dari 0,7 hingga 1,0. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui perbedaannya yaitu perbandingan campuran, variasi persentase limbah batu alam dan nilai fas yang digunakan dalam pembuatan *paving block*. Dengan penambahan campuran yang lebih besar diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan, mengurangi daya serap air pada *paving block*.

Pada Tabel 2.1 dibawah dapat dilihat persamaan dan perbedaan penelitian sebelumnya sebagai berikut.

Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti (Tahun)	Jenis Bahan Tambah	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
				Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
Susanto (2020)	Limbah Beton	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah 10,61 MPa - Nilai daya serap air yang dihasilkan adalah 11,537% 	-Menggunakan <i>paving block</i> tipe <i>holland</i> berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Menghitung kuat tekan dan nilai penyerapan air <i>paving block</i> dengan memanfaatkan limbah beton - Variasi limbah beton yaitu 0% dan 10% dengan penggunaan beban tekan 500kg & 600kg ditambah 5 dan 10 tumbukan 	<ul style="list-style-type: none"> - Menghitung kuat desak dan daya resapan air <i>paving block</i> dengan limbah batu alam sebagai pengganti agregat - Komposisi campuran semen : pasir sebesar 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.
Nugroho (2020)	Abu Batu	<ul style="list-style-type: none"> -Nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah 10,28 MPa - Nilai daya serap air yang dihasilkan adalah 10,11% 	-Menggunakan <i>paving block</i> tipe <i>holland</i> berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm`	<ul style="list-style-type: none"> -Menghitung kuat tekan dan nilai penyerapan air <i>paving block</i> dengan memanfaatkan abu batu - Menggunakan 30% abu batu terhadap berat pasir dengan penggunaan beban tekan 500kg & 600kg ditambah 5 dan 10 tumbukan 	<ul style="list-style-type: none"> - Menghitung kuat desak dan daya resapan air <i>paving block</i> dengan limbah batu alam sebagai pengganti agregat - Komposisi campuran semen : pasir sebesar 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.

Lanjutan Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

<p>Sulistyo (2019)</p>	<p>Abu Batu & Limbah Kerajinan Batu Alam</p>	<p>-Nilai kuat tekan tertinggi yang dihasilkan adalah 35,11 MPa -Nilai daya serap air terendah yang dihasilkan adalah 5,690%</p>	<p>-Menggunakan <i>paving block</i> tipe <i>holland</i> berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm</p>	<p>-Menghitung kuat desak dan daya resapan air <i>paving block</i> dengan memanfaatkan abu batu dan limbah batu alam - Menggunakan komposisi campuran sebesar semen : abu batu : limbah batu alam sebesar 1 : 2 : 4, 1 : 2 : 5, 1 : 2 : 6, 1 : 2 : 7</p>	<p>- Menghitung kuat desak dan daya resapan air <i>paving block</i> dengan limbah batu alam sebagai pengganti agregat - Komposisi campuran semen : pasir sebesar 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.</p>
<p>Wibowo (2018)</p>	<p>Butiran Keramik</p>	<p>- Nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah 244,45 kg/cm² -Nilai daya serap air yang dihasilkan adalah 6,422%</p>	<p>-Menggunakan <i>paving block</i> tipe <i>holland</i> berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm -Menggunakan bahan tambah limbah batu alam</p>	<p>-Menghitung kuat desak, daya resapan air <i>paving block</i> dengan penambahan butiran keramik - Menggunakan komposisi campuran semen dan pasir sebesar 1 : 6 dengan persentase butiran keramik 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari berat semen. Nilai fas yang digunakan adalah 0,35</p>	<p>- Menghitung kuat desak dan daya resapan air <i>paving block</i> dengan limbah batu alam sebagai pengganti agregat - Komposisi campuran semen : pasir sebesar 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.</p>

2.3 Keaslian Penelitian

Laporan penelitian yang dibuat ini adalah asli dan bukan plagiasi dari hasil penelitian sebelumnya. Penelitian sejenis sudah pernah ada, tetapi pada penelitian ini terdapat beberapa hal pokok yang menjadi perbedaan dengan penelitian sebelumnya yaitu terletak pada subjek dan objek penelitian. Objek pada penelitian ini adalah menggunakan bahan tambah limbah batu alam dengan campuran sebesar semen : pasir yakni 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam alam 0%, 5%, 10%, 15%, 20. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tekan, pengujian daya serap air, dan pengujian ketahanan aus pada *paving block*. Adapun referensi dan kutipan hasil pemikiran orang lain yang disalin pada penelitian ini yang sudah disebutkan sumbernya sesuai aturan yang berlaku dan dicantumkan pada daftar pustaka.

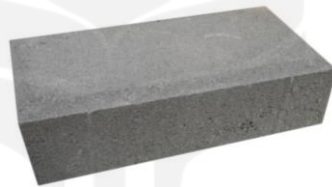
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

3.1.1 Pengertian *Paving Block*

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut (SNI 03-0691-1996). *Paving block* yang digunakan oleh peneliti dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 *Paving Block*

3.1.2 Syarat Mutu *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 syarat mutu yang harus diperhatikan dalam pembuatan *paving block* sebagai berikut.

1. *Paving block* harus memiliki permukaan yang rata, tidak terdapat cacat, tidak retak-retak dan bagian sudut serta rusuknya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan.
2. *Paving block* harus mempunyai ukuran tebal minimal 60 mm dengan toleransi +8%.
3. *Paving block* sewaktu diuji tidak boleh menemui kecacatan dan kehilangan berat yang diperkenankan sebanyak 1%.

4. *Paving block* juga mempunyai standar mutu seperti pada penjelasan Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Standar Mutu Pada *Paving Block*

Mutu	Klasifikasi	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Perkerasan jalan	40	35	0,090	0,103	3
B	Peralatan parkir	20	17	0,130	0,149	6
C	Pejalan kaki	15	12,5	0,160	0,184	8
D	Taman	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber: SNI-03-0691-1996)

5. *Paving block* memiliki beberapa macam bentuk yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut (SK SNI T-04-1990-F).



Gambar 3.2 Macam Bentuk *Paving Block*

(Sumber: SK SNI T-04-1990-F)

Selain itu Menurut British Standards Institution (1986), standar mutu yang harus dipatuhi dalam pembuatan *paving block* sebagai berikut.

1. Untuk memperoleh nilai kuat tekan maksimal, ketebalan *paving block* berbentuk persegi minimal berukuran 60 mm.
2. *Paving block* yang memakai profil tali air pada bagian permukaan atas, tebal tali airnya maksimal berukuran 7 mm.
3. Kekeliruan dimensi *paving block* yang diizinkan ialah sebagai berikut
 - a. Panjang ± 2 mm
 - b. Lebar ± 2 mm
 - c. Tebal ± 2 mm
4. Pada perhitungan kuat tekan menggunakan faktor koreksi terhadap ketebalan dengan nilai yang disajikan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Koreksi Ketebalan Berdasarkan British Standards Institution

Ketebalan (mm)	Faktor Koreksi	
	<i>Paving Block</i> Tanpa Tali Air	<i>Paving Block</i> Dengan Tali Air
60-65	1	1,06
80	1,12	1,18
100	1,18	1,24

(Sumber: British Standard Institution, 1986)

3.1.3 Kelebihan dan Kekurangan *Paving Block*

Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan *paving block* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan *Paving Block*

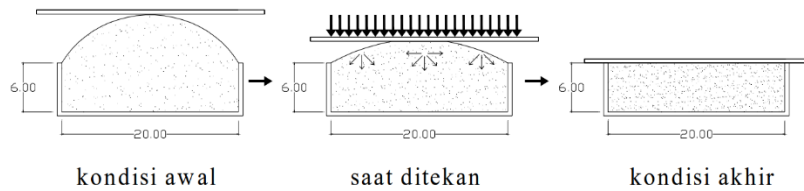
Kelebihan	Kekurangan
a. Harga <i>paving block</i> relatif murah. b. Berat <i>paving block</i> lebih ringan dari pada aspal. c. Pengaplikasian pasangan <i>paving block</i> yang mudah yakni tanpa spesi dan hanya menggunakan pasir sebagai pengikat. d. Material <i>paving block</i> sangat variatif. e. Memiliki daya serap lebih tinggi sehingga mengurangi genangan air. f. Bentuknya sangat beragam. g. Cukup mudah dalam perawatannya.	a. Pasangan <i>paving block</i> mudah bergelombang jika pondasinya tidak terpasang cukup padat dan kuat. b. <i>Paving block</i> kurang tepat digunakan pada area jalan yg dilewati kendaraan berkecepatan tinggi. c. Pemasangan <i>paving block</i> sering kali tidak sesuai dengan standar akibatnya beberapa bagian pasangan <i>paving block</i> bergeser dari susunannya sehingga menyebabkan jalan yang tidak rata atau bergelombang.

3.1.4 Metode Cetak *Paving Block*

Adapun 2 metode yang biasa digunakan masyarakat pada umumnya dalam pembuatan *paving block* sebagai berikut.

1. Metode Manual

Pada metode ini *paving block* dibuat dengan menggunakan alat tradisional yakni alat pemukul yang terbuat dari kayu ataupun besi. Kekuatan *paving block* dengan proses manual ini memiliki nilai yang tidak beragam dikarenakan bergantung pada tenaga pemukul dalam proses pematatannya. Biasanya *paving block* dengan metode ini digunakan untuk perkerasan non struktural seperti trotoar, halaman rumah dan sebagainya dengan daya beban yang rendah. Metode ini banyak digunakan masyarakat sebagai industri rumahan karena alat dan proses pembuatannya yang sederhana sehingga dapat dikerjakan oleh siapa saja. (Himawan, 2013)



Gambar 3.3 Prinsip Kerja Metode Manual
(Sumber: Pamungkas & Hairunnisa, 2007)

2. Metode Mekanis

Metode Mekanis sering disebut masyarakat dengan metode press atau metode mesin. Metode ini masih jarang digunakan karena *paving block* dibuat dengan menggunakan mesin yang harganya yang cukup mahal, oleh karena itu umumnya digunakan pabrik industri sedang ataupun besar. Disisi lain kekuatan *paving block* yang dihasilkan dari metode ini mampu untuk perkerasan struktural seperti lahan parkir, areal jalan dan sebagainya dengan beban lalu lintas sedang hingga berat.



Gambar 3.4 Prinsip Kerja Metode Mekanis
(Sumber: Pamungkas & Hairunnisa, 2007)

3.2 Bahan Penyusun *Paving Block*

Paving block merupakan salah satu bahan bangunan yang sekarang menjadi alternatif bahan penutup permukaan tanah. Bahan penyusun utama *paving block* terdiri dari semen, air dan pasir selain itu, *paving block* juga dapat ditambahkan bahan alternatif lainnya yang dapat menambah kekuatan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan bahan tambah yaitu limbah batu alam. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 bahan penyusun *paving block* dapat dijelaskan sebagai berikut.

3.2.1 Semen *Portland*

Semen *portland* adalah suatu bahan yang memberikan perkerasan kepada material campuran lain untuk menjadi suatu bentuk yang kaku dan tahan lama. Menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* merupakan hasil dari penggilingan terak semen yang terdiri dari kalsium silikat yang memiliki sifat hidrolis dan digiling secara bersama dengan bahan tambah yakni satu atau lebih berbentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lainnya.

Semen yang beredar mempunyai beberapa jenis dan kegunaan dalam menangani masalah dalam proses pelaksanaan konstruksi Berdasarkan SNI 15-2049-2004 dan ASTM C150 semen dapat terbagi menjadi beberapa jenis. Penjelasan tersebut dirangkum pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Jenis, Kegunaan dan Penerapan Semen *Portland*

Jenis Semen	Kegunaan	Penererapan
Tipe I	Semen untuk keperluan pada umumnya	Rumah, gedung bertingkat, dan jalan raya
Tipe II	Semen untuk ketahanan asam sulfat sedang dan hidrasi panas sedang	Pinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan
Tipe III	Semen untuk kekuatatan awal yang tinggi	Bangunan tingkat tinggi, jalan beton dan jalan bebas hambatan
Tipe IV	Semen untuk panas hidrasi rendah	Dam dan landasan udara
Tipe V	Semen untuk wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi	Pantai & kawasan tambang

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

3.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan konstruksi bangunan khususnya pembuatan *paving block*. Air berfungsi sebagai pelarut semen sehingga membentuk pasta dan mengikat seluruh agregat yang berukuran besar hingga kecil. Dalam pembuatan *paving block* apabila air yang digunakan berlebihan maka mengakibatkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang digunakan terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Oleh karena itu kita perlu menghitung dan menentukan jumlah air yang digunakan dalam suatu campuran beton atau biasa disebut Faktor Air semen.

Berdasarkan Tjokrodimulyo (1992), air yang layak digunakan dalam campuran beton sebaiknya harus memenuhi syarat sebagai berikut.

1. Air yang tidak mengandung lumpur atau benda melayang > 2 gr/ltr.
2. Air yang tidak mengandung garam, asam, dan zat organik > 15 gr/ltr.
3. Air yang tidak mengandung klorida (Cl) $> 0,5$ gr/ltr.
4. Air yang tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) > 1 gr/ltr.

3.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam hasil industri pemecah batu atau disintegrasi batu alam dengan ukuran butirnya maksimum sebesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus yang digunakan berasal dari gunung merapi yakni harus melewati persyaratan yang sudah ada. Berdasarkan PUBI 1982 (Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia), persyaratan pasir untuk pembuatan bangunan sebagai berikut.

1. Pasir harus bersih dan tidak terkandung zat organik lain yang dapat mengurangi mutu beton.
2. Kadar lumpur pada pasir tidak melebihi dari 5 %.
3. Angka kehalusan *fineness* modulus 2,2 – 3,2.
4. Kekekalan terhadap larutan $Na_2SO_4 \leq 12$ % berat dan $MgSO_4 \leq 10$ % berat.

5. Untuk beton dengan keawetan tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
6. Variasi butiran harus sesuai dengan gradasi agregat.

Penjelasan tentang gradasi ukuran agregat halus ukuran maksimal dapat diketahui memenuhi syarat yang sudah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan		Persen Agregat yang Melewati Saringan			
(ASTM)	(mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
No. 4	4,75	90-100	90-100	90-100	95-100
No. 8	2,40	60-95	76-100	85-100	95-100
No. 16	1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
No. 30	0,60	15-34	35-59	60-79	85-100
No. 50	0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
No. 100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-10

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3.2.4 Limbah Batu Alam

Batu alam merupakan batuan yang berasal dari alam yang biasa digunakan sebagai bagian dari konstruksi pada umumnya. Batu alam memiliki beragam jenis, salah satunya adalah andesit. Batu andesit sering digunakan sebagai fondasi dan penambah nilai estetika dari sebuah bangunan. Penerapan batu andesit biasanya diaplikasikan pada hiasan dinding, batu nisan, batu cobek, perkerasan jalan hingga sistem irigasi. Karakteristik batu andesit ialah berwarna hitam, abu-abu hingga kemerahan, memiliki tingkat kepadatan tinggi karena sifatnya yang keras, tahan terhadap cuaca baik hujan maupun panas dan bertekstur kasar.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan limbah batu alam yang berjenis batu andesit yang mana sebagai bahan tambah yang bertujuan untuk mendapatkan hasil campuran dengan kualitas baik dan bernilai tinggi. Peneliti mengambil batu andesit

dari daerah Kabupaten Cirebon, Desa Bobos yang tidak dapat dimanfaatkan. Pada daerah tersebut sangat mudah ditemui pabrik-pabrik yang melakukan produksi batu andesit setiap harinya sehingga ketersediaan batu tersebut mudah untuk ditemukan. Pengambilan limbah batu alam pada daerah tersebut tidak perlu mengeluarkan biaya, karena limbah bekas produksi biasanya hanya dibuang begitu saja.

Berdasarkan penjelasan diatas, limbah batu andesit yang digunakan dapat menjadi bahan alternatif lain yang dapat menambah mutu dari *paving block*. Penggunaan limbah batu andesit diharapkan dapat bermanfaat bagi pabrik-pabrik akan nilai ekonomis serta dampak lingkungan. Selain itu, pemerintah juga diharapkan mampu mengedukasi tentang nilai ekonomis dari limbah batu andesit guna membantu perekonomian masyarakat sekitar. Limbah batu alam dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Limbah Batu Alam

3.3 Pengujian *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 untuk mengetahui nilai kuat tekan, nilai ketahanan aus, dan nilai penyerapan air tentunya diperlukan pengujian. Beberapa pengujian disajikan pada sub bab berikut ini.

3.4.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan beton adalah besar beban per satuan luas yang mengakibatkan *paving block* hancur apabila diberi beban gaya tekan tertentu yang diuji dengan mesin *press*

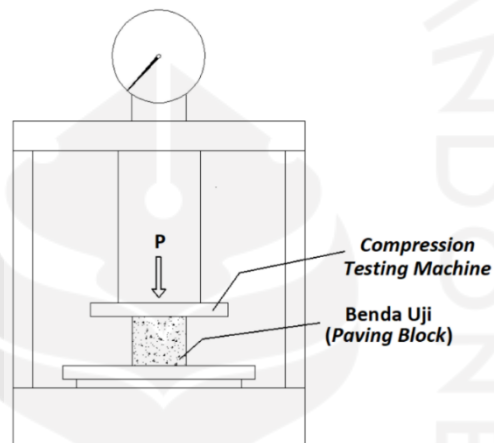
(SNI 03-1974-1990). Berdasarkan SNI 03-0691-1996 untuk mendapatkan nilai kuat tekan pada *paving block* dapat dilihat pada persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A_p} \quad (3.1)$$

Keterangan:

P = Beban Maksimum (N)

A_p = Luas Penampang Benda Uji (mm²)



Gambar 3.6 Sketsa Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Nilai kuat tekan yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap beberapa faktor, sebagai berikut.

1. Kualitas bahan yang digunakan seperti semen, pasir, air dan bahan tambah lainnya.
2. Cara pembuatan *paving block* berdasarkan prosedur yang telah ditentukan.
3. Perbandingan pasir dengan semen dan perbandingan air dengan semen.

3.4.2 Daya Serap Air *Paving Block*

Daya serap air merupakan porositas perbandingan pori-pori dengan volume bahan. Penyerapan air adalah presentase air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Dengan mendapatkan hasil ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* kering dan *paving block* basah (setelah *paving block* direndam dalam air). Kualitas penyerapan air yang baik dapat dinilai dari nilai resapan air

terhadap *paving block*, semakin tinggi nilai penyerapannya maka kualitas yang didapatkan kualitas buruk begitupun sebaliknya semakin rendah maka kualitas yang didapatkan semakin baik. Mendapatkan hasil berat kering pada *paving block* dilakukan dengan pemanasan benda uji dalam waktu 24 jam untuk mendapatkan kualitas yang baik. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 untuk memperoleh nilai penyerapan air pada *paving block* dapat dilihat pada persamaan 3.2 berikut.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

- A = Berat *paving block* basah (gram)
 B = Berat *paving block* kering uji (gram)

3.4.3 Ketahanan Aus *Paving Block*

Pembuatan *paving block* untuk mengetahui keausan adalah hilangnya beberapa jumlah lapisan pada permukaan material dikarenakan adanya gesekan antara permukaan dengan benda lain. Definisi dari gesekan yang ditimbulkan adalah adanya gaya tahan yang menahan gerakan terhadap 2 permukaan yang solid saling bersentuhan. Ketahanan aus pada *paving block* sangat berperan penting karena perkerasan jalan sering menerima gaya gesek terhadap gesekan roda. Berdasarkan SNI 03-0028-1987 untuk memperoleh nilai ketahanan aus pada *paving block* dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$D = 1,27 G \times 0,0246 \quad (3.3)$$

Keterangan:

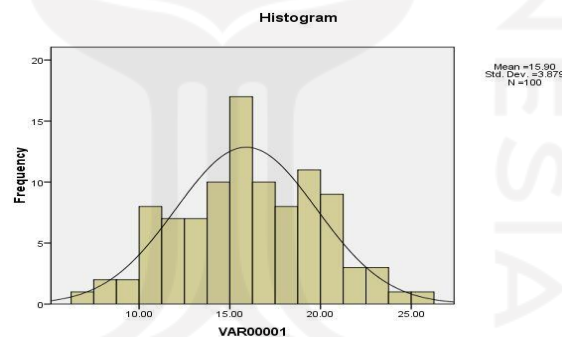
- D = Kehilangan aus (mm/menit)
 G = Kehilangan berat (gram/menit)

3.4 Pengujian Data Statistik

Pengujian statistik adalah langkah yang sangat penting dalam menganalisis data kuantitatif yang dihasilkan dalam sebuah penelitian. Tujuan dilakukannya uji statistik adalah untuk menentukan apakah terdapat cukup bukti untuk “menolak” suatu asumsi atau hipotesis tentang suatu proses. Dalam penelitian ini peneliti melakukan 2 pengujian data statistik yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

3.4.1 Uji Normalitas

Distribusi normal adalah proses penentuan apakah suatu data berasal atau berada di dalam suatu distribusi normal. Distribusi normal adalah suatu distribusi simetris dimana modus, mean dan median berada ditengah-tengah. Distribusi normal didefinisikan sebagai distribusi tertentu yang memiliki sifat lonceng ketika diplot sebagai histogram, seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah



Gambar 3.7 Contoh Grafik Histogram

(Sumber: *google.com*)

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diterima benar terdistribusi normal atau tidak. Pada penelitian ini dilakukan uji normalitas dengan menggunakan uji Liliefors. Menurut Sudjana (1996: (Sudjana, 1996)466), uji normalitas data dilakukan dengan uji Liliefors (Lo), yang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut. Berawal dari penentuan tingkat signifikansi yaitu pada tingkat signifikansi 5% (0,05), maka hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut.

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Dengan kriteria tes:

Jika $L_{hitung} < L_{tabel}$ terima H_0 , dan

Jika $L_{hitung} > L_{tabel}$ tolak H_0

3.4.2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah teknik pengujian statistik yang dirancang untuk menunjukkan bahwa dua atau lebih kumpulan data sampel berasal dari populasi dengan varians yang sama. Kendala analitik yang diperlukan dalam analisis regresi adalah kesalahan regresi pengelompokan oleh masing-masing variabel terikat memiliki varians yang sama, sehingga dapat dikatakan uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah beberapa kelompok data penelitian memiliki varians yang sama atau tidak. Dengan kata lain, homogenitas berarti bahwa bahan yang diteliti memiliki sifat yang sama.

Pada penelitian ini dilakukan uji homogenitas dengan menggunakan uji Chi-Square. Pengujian Chi-Square diterapkan dalam kasus di mana akan diuji apakah frekuensi data yang diamati (data pengamatan/frekuensi) sesuai dengan frekuensi yang diharapkan atau frekuensi teoritis atau tidak. Chi-kuadrat adalah jenis uji komparatif yang dilakukan pada dua variabel. Jika terdapat 1 dari 2 variabel yang berskala nominal, maka dilakukan uji chi-square dengan mengacu pada uji skala terendah yang digunakan. Pengambilan keputusan dalam pengujian Chi-Square sebagai berikut.

$x^2_{hitung} < x^2_{tabel}$ = data homogen

$x^2_{hitung} > x^2_{tabel}$ = data tidak homogen

atau

nilai Sig yg diperoleh > 0.05 = data homogen

nilai Sig yg diperoleh > 0.05 = data tidak homogen

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang diajukan (Nazir, 1988). Metodologi penelitian bertujuan untuk perencanaan langkah kerja suatu penelitian dimulai dari rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pengumpulan data, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisis data, pembahasan penelitian hingga kesimpulan yang diperoleh.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan agregat kasar yakni limbah batu alam yang tidak dimanfaatkan dimana berasal dari pabrik batu alam di Desa Bobos, Kabupaten Cirebon sebagai substitusi atau bahan pengganti sebagian pasir. Pembuatan benda uji *paving block* dilaksanakan di Pusat Inovasi Vulkanik Merapi Universitas Islam Indonesia dan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Dasar pelaksanaan dan pengujian dalam penelitian ini menggunakan SNI bidang konstruksi dan buku panduan praktikum teknologi bahan konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan penyusun yang digunakan dalam pembuatan *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Semen Portland yang dipakai pada penelitian adalah semen yang berasal dari silo pada Pusat Inovasi Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia dengan merk dagang Tiga Roda.



Gambar 4.1 Silo Semen

2. Agregat halus berupa pasir pada penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari Gunung Merapi, Kabupaten Sleman.



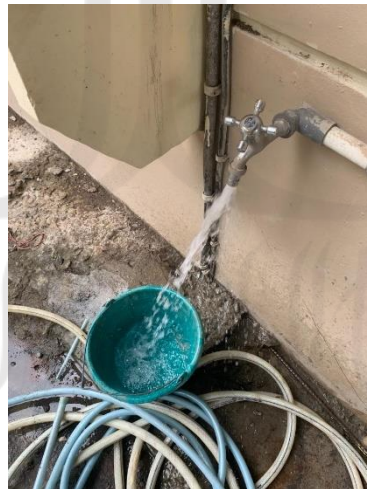
Gambar 4.2 Agregat Halus

3. Agregat kasar yang digunakan yakni hasil limbah batu alam yang tidak dapat dimanfaatkan yang berasal dari pabrik batu di Gunung Kuda, Desa Bobos, Kabupaten Cirebon dengan tertahan pada saringan ukuran 4,75 mm.



Gambar 4.3 Limbah Batu Alam

4. Air yang digunakan pada campuran pembuatan *paving block* berasal dari saluran yang berada pada Pusat Inovasi Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia.



Gambar 4.4 Air

4.3 Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan peralatan yang menunjang dalam pembuatan *paving block*. Peralatan yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Timbangan

Timbangan merupakan alat yang digunakan untuk mengukur berat atau massa pada suatu benda. Peneliti menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 kg untuk mengetahui berat dari setiap bahan susun *paving block*.



Gambar 4.5 Timbangan

2. Ayakan

Ayakan berfungsi untuk memilah material disesuaikan dengan gradasinya. Peneliti menggunakan ayakan yang tertahan pada diameter 4,75 mm untuk agregat kasar dan menggunakan satu set ayakan dalam pengujian gradasi pasir.



Gambar 4.6 Ayakan

3. Sendok Semen

Sendok semen merupakan alat yang digunakan untuk mengambil, memasukkan, hingga meratakan bahan susun dalam pembuatan *paving block*.



Gambar 4.7 Sendok Semen

4. Mesin Mixer

Mesin *mixer* berfungsi untuk mencampur material penyusun *paving block* seperti semen, pasir, air dan bahan tambah lain. Biasanya mesin *mixer* ini mengaduk bahan selama 5 - 10 menit hingga merata keseluruhan bagian.



Gambar 4.8 Mesin Mixer

5. *Mal Paving Block*

Mal atau biasa disebut cetakan terbuat dari bahan besi. Mal yang digunakan pada penelitian ini berjenis *holland* dengan ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm. Mal yang sudah tersedia dapat mencetak 12 buah *paving block* dalam sekali pembuatannya.



Gambar 4.9 *Mal Paving Block*

6. *Mesin Press*

Mesin *press* yang tersedia menggunakan sistem hidrolik untuk mengangkat mal dan memberikan tekanan dalam proses pemadatan serta dilengkapi dengan sistem *vibrator* yang berfungsi untuk menggerakkan butiran agregat dalam mengisi celah.



Gambar 4.10 *Mesin Press*

7. Papan Triplek

Papan triplek digunakan sebagai alas setelah *paving block* selesai diproduksi. Satu papan triplek dapat menampung 12 buah *paving block* sekaligus.



Gambar 4.11 Papan Triplek

8. Oven

Oven merupakan peralatan ruang termal yang berfungsi untuk memanaskan dan mengeringkan sampel *paving block* pada pengujian daya serap air.



Gambar 4.12 Oven

9. Mesin Uji Kuat Tekan

Mesin uji kuat tekan berfungsi untuk mengetahui nilai estimasi kuat tekan *paving block*. Mesin ini menggunakan sistem hidrolis dengan bantuan komputerisasi yang mana dapat memproses data dan menyuguhkan hasil pembebanan.



Gambar 4.13 Mesin Uji Kuat Tekan

10. Mesin Uji Ketahanan Aus

Mesin uji ketahanan aus digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi terhadap kekuatan permukaan *paving block*.



Gambar 4.14 Mesin Uji Ketahanan Aus

11. Mesin Gerinda

Mesin gerinda merupakan peralatan yang digunakan untuk memotong *paving block*.



Gambar 4.15 Mesin Gerinda

12. Peralatan Penunjang Lainnya

Peralatan penunjang lain yang digunakan adalah penggaris, kuas, cat, ember, jangka sorong dan bak perendam.

4.4 Benda Uji

Benda uji yang diaplikasikan pada penelitian ini bertipe *holland* dengan ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm. Pada pengujian kuat tekan *paving block* tersebut dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm sementara pada pengujian ketahanan aus benda uji dipotong dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 20 mm. Komposisi campuran perbandingan antara semen dan pasir yaitu 1pc : 6ps. Penelitian ini akan mensubstitusi sebagian pasir dengan beberapa variasi dimulai dari 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Pelaksanaan pengujian dilaksanakan setelah masa pemeliharaan selama 28 hari.

Benda uji akan dibuat sesuai dengan pedoman SNI 03-0691-1996 yaitu 10 buah untuk pengujian kuat tekan dan setiap variasinya. Pada pengujian daya serap air dan

ketahanan aus benda uji dibuat masing-masing 5 buah untuk setiap variasinya, berarti total keseluruhan adalah 100 buah sampel. Untuk mempermudah penjelasan tentang detail jumlah benda uji yang akan dicetak dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Pengujian

Kode	Komposisi		Variasi Penambahan Limbah Batu Alam	Jumlah Sampel		
	Semen	Pasir		Kuat Tekan	Daya Serap Air	Ketahanan Aus
A	1	6	0 %	10	5	5
B	1	6	5%	10	5	5
C	1	6	10%	10	5	5
D	1	6	15%	10	5	5
E	1	6	20%	10	5	5

Tabel 4.2 Ukuran Sampel Pengujian

Sampel	Jenis Pengujian		
	Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Daya Serap Air
Bentuk	Kubus	Balok	<i>Paving Block</i> utuh
Dimensi (mm)	60 x 60 x 60	50 x 50 x 20	200 x 100 x 60

(Sumber: SNI 03-0691-1996)

4.5 Tahapan Penelitian

Dalam tahapan penelitian ini terdapat beberapa proses sebelum menghasilkan sebuah kesimpulan. Tahapan-tahapan penelitian terdiri dari tahap persiapan dan pengujian bahan susun *paving block*, tahap pencampuran bahan susun *paving block*, tahap pembuatan *paving block*, tahap perawatan *paving block*, tahap pengujian *paving block* serta tahap analisis dan pembahasan.

4.5.1 Tahap Persiapan dan Pengujian Bahan Susun *Paving Block*

Tahapan awal pada penelitian ini adalah mempersiapkan seluruh bahan yang akan dipakai pada pembuatan *paving block*. Bahan-bahan yang digunakan diantaranya

pasir, semen, air, limbah batu sebagai bahan tambah untuk mengurangi sebagian pasir. Tahapan selanjutnya ialah tahap pengujian material yang digunakan, tentunya harus melewati beberapa proses pemeriksaan untuk mengetahui apakah material tersebut sudah memenuhi syarat atau belum, jika tidak memenuhi syarat maka perlu melakukan pergantian material. Cara pelaksanaan pengujian dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Agregat Halus

a. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat dengan saringan dan modulus halus butir (MHB). Adapun tata cara pelaksanaan pengujian analisa saringan berdasarkan SNI 03-1968-1990 sebagai berikut.

- 1) Bersihkan pasir yang akan diuji kemudian keringkan dalam *oven* dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai memiliki berat tetap selama 24 jam.
- 2) Selanjutnya angkat pasir yang sudah di *oven*, kemudian dinginkan pada suhu ruangan dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram.
- 3) Masukkan pasir kedalam satu set saringan yang sudah tersusun berdasarkan urutan saringan (4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm).
- 4) Letakkan satu set saringan tersebut pada alat penggetar kemudian hidupkan mesin dan lakukan selama 10-15 menit.
- 5) Setelah itu timbang pasir yang tertahan pada masing-masing saringan dan catat pada formulir penelitian yang sudah disiapkan.
- 6) Gradasi pasir diperoleh dengan cara menghitung kumulatif persentase butiran yang lolos pada masing-masing saringan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan presentase kumulatif butir tertinggal dan dibagi dengan seratus.

b. Pengujian Berat Jenis Pasir

Pengujian berat jenis dan SSD pasir merupakan hal yang penting untuk mengetahui pasir apakah sudah memenuhi syarat atau belum untuk

campuran beton. Adapun tata cara pelaksanaan pengujian berat jenis pasir berdasarkan SNI 03-1970-2008 sebagai berikut.

- 1) Mengisi tabung ukur dengan air sampai garis batas akhir.
- 2) Timbang tabung ukur yang telah diisi air, kemudian keluarkan air dari tabung ukur.
- 3) Masukkan pasir SSD dengan berat 500 gr kedalam tabung ukur, jangan sampai tumpah.
- 4) Setelah itu isi kembali tabung ukur dengan air sampai garis batas akhir.
- 5) Goyang-goyangkan tabung ukur sampai udara keluar dari pasir.
- 6) Selanjutnya beri air kedalam tabung ukur sampai garis batas akhir.
- 7) Pertama keluarkan air dari tabung ukur, lalu keluarkan pasir dari tabung ukur dan keringkan selama 24 jam.
- 8) Keluarkan pasir dari *oven*, kemudian simpan dalam desikator dan timbang kembali.

c. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Pasir

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

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

- 6) Timbang berat tabung silinder pasir tersebut dan hitung volumenya.
- d. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir)
- Pengujian bertujuan untuk menentukan besarnya kadar lumpur dalam pasir. Menurut Cozy (2019). Kandungan lumpur pada pasir tidak boleh mengandung lebih dari 5%, jika melebihi nilai tersebut maka dapat menurunkan kekuatan beton. Adapun tata cara pelaksanaan pengujian berat jenis pasir berdasarkan SNI 03-4142-1996 sebagai berikut.
- 1) Ambil pasir yang sudah dikeringkan pada *oven* pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, kemudian timbang beratnya.
 - 2) Selanjutnya letakkan pasir pada ayakan ukuran 0,075 mm lalu alirkan air di atasnya.
 - 3) Lakukan pekerjaan tersebut berulang sampai lumpur hilang dan air ayakan menjadi jernih.
 - 4) Pasir yang telah dialiri air tersebut kemudian dikeringkan dalam *oven* sampai berat tetap di suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - 5) Keluarkan pasir yang telah dikeringkan dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram.

2. Pemeriksaan Agregat Kasar (Limbah Batu Alam)

a. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat dengan saringan dan modulus halus butir (MHB). Adapun tata cara pelaksanaan pengujian analisa saringan berdasarkan SNI 03-1968-1990 sebagai berikut.

- 1) Bersihkan limbah batu alam yang akan diuji kemudian keringkan dalam *oven* dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai memiliki berat tetap selama 24 jam.
- 2) Selanjutnya angkat limbah batu alam yang sudah di *oven*, kemudian dinginkan pada suhu ruangan dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram.

- 3) Masukkan limbah batu alam kedalam satu set saringan yang sudah tersusun berdasarkan urutan saringan (40 mm sampai dengan 0,15 mm).
 - 4) Letakkan satu set saringan tersebut pada alat penggetar kemudian hidupkan mesin dan lakukan selama 10 - 15 menit.
 - 5) Setelah itu timbang limbah batu alam yang tertahan pada masing-masing saringan dan catat pada formulir penelitian yang sudah disiapkan.
 - 6) Gradasi limbah batu alam diperoleh dengan cara menghitung kumulatif persentase butiran yang lolos pada masing-masing saringan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan presentase kumulatif butir tertinggal dan dibagi dengan seratus.
- b. Pengujian Berat Jenis Limbah Batu Alam

Pengujian berat jenis dan SSD limbah batu alam merupakan hal yang penting untuk mengetahui limbah batu alam apakah sudah memenuhi syarat atau belum untuk campuran beton. Adapun tata cara pelaksanaan pengujian berat jenis pasir berdasarkan SNI 03-1969-2008 sebagai berikut.

- 1) Bersihkan limbah batu alam yang akan diuji kemudian keringkan dalam *oven* dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai memiliki berat tetap.
- 2) Selanjutnya angkat limbah batu alam yang sudah di *oven*, kemudian dinginkan pada suhu ruangan dan timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
- 3) Merendam limbah batu alam dalam air selama (24 ± 4) jam. Setelah itu keluarkan limbah batu alam lalu lap dengan kain sampai air hilang pada permukaan.
- 4) Timbang limbah batu alam dalam kondisi kering permukaan jenuh kemudian letakkan limbah batu alam dalam keranjang air.
- 5) Goyang-goyangkan sampai udara keluar dair limbah batu alam dan ukur suhu air.

- 6) Setelah itu ambil limbah batu alam dan letakkan pada *pan*. Keringkan kembali limbah batu alam dalam *oven* selama (24 ± 4) jam dan pada suhu (110 ± 5) °C.
- 7) Keluarkan limbah batu alam dari *oven*, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.

c. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Limbah Batu Alam

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

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

d. Pemeriksaan Semen Portland

Pemeriksaan terhadap semen dengan melihat semen secara visual yakni dalam kondisi yang tidak berubah warna, tidak beku karena pengaruh air, dan tidak memiliki gumpalan. Jika mendapati gumpalan dalam semen, maka gumpalan tersebut ditekan hingga butiran semen menjadi halus. Semen yang digunakan merupakan semen yang sudah tersedia pada silo di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.

e. Pemeriksaan Air

Air yang digunakan ialah air yang bersih secara visual tanpa mengandung zat apapun seperti lumpur, minyak, garam dan benda terapung lainnya.

4.5.2 Tahap Pencampuran Bahan Susun *Paving Block*

Pada tahap ini seluruh bahan yang digunakan yakni semen, pasir, air dan limbah batu alam ditimbang dan dihitung sesuai dengan perencanaan. Peneliti menggunakan perbandingan semen : pasir yakni 1 : 6 dengan persentase limbah batu alam 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Limbah batu alam yang digunakan untuk mensubstitusi sebagian pasir pada campuran *paving block* tersebut.

Proses pencampuran bahan susun *paving block* dilakukan dengan menggunakan alat *mixer*. Langkah-langkah dalam pencampuran bahan susun *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Bahan susun yang telah ditimbang dan dihitung kemudian dimasukkan kedalam mesin *mixer* satu persatu mulai dari semen, pasir dan limbah batu alam.
2. Menjalankan mesin *mixer* untuk mengaduk bahan yang sudah dituang hingga merata. Proses ini membutuhkan waktu 1 - 2 menit.
3. Setelah itu tuangkan air kedalam mesin *mixer* secara merata dan lakukan proses pengadukan hingga sempurna selama 10 - 15 menit.

Berikut ini merupakan tahapan pencampuran bahan susun *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Proses Pencampuran Bahan Susun *Paving Block*

4.5.3 Tahap Pembuatan *Paving Block*

Dalam proses pembuatan *paving block* pada penelitian ini dilakukan secara mekanis dengan menggunakan mesin *press*. Mesin *press* menggunakan sistem hidrolik untuk menaikkan dan menurunkan cetakan serta dilengkapi dengan sistem getar yang mana berfungsi untuk mengisi celah agregat yang telah padat. Mesin tersebut mampu membuat 12 *paving block* dalam satu kali cetak, selain itu dengan menggunakan mesin *press* diharapkan mendapatkan hasil cetak yang sempurna dan memiliki mutu tinggi.

Langkah-langkah dalam pembuatan *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Ambil adukan yang telah merata sempurna dari mesin *mixer*.
2. Siapkan triplek yang digunakan sebagai alas pada mesin *press*.
3. Mengatur mesin dalam kondisi cetakan terbuka dan masukkan adukan kedalam cetakan hingga penuh.
4. Menjalankan mesin getar selama 5-10 detik kemudian masukkan kembali adukan ke cetakan yang sudah turun akibat getaran.
5. Menurunkan tuas pemadat hingga bagian stempel turun dan lakukan proses pemadatan sekaligus menjalankan penggetaran kembali.
6. Menaikkan tuas pemadat untuk mengangkat cetakan yang telah selesai.

Berikut ini merupakan tahapan pembuatan *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Proses Pembuatan *Paving Block*

4.5.4 Tahap Perawatan *Paving Block*

Perawatan *paving block* dilakukan setelah melewati proses pengeringan pasca pembuatan atau pencetakan benda uji. Pada umur 1 hari atau *paving block* sudah cukup keras maka dilakukan proses perendaman selama 28 hari untuk menjaga kelembabanya. Hal tersebut dilakukan agar proses pengeringan dan pengerasan pada *paving block* dapat berjalan dengan baik dan sempurna sehingga tidak didapati retak atau pecah pada *paving block*. Berikut ini merupakan tahapan perawatan *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Proses Perawatan *Paving Block*

4.5.5 Tahap Pemotongan *Paving Block*

Pada tahap ini *paving block* dipotong sesuai dengan yang disyaratkan pada SNI 03-0691-1996. Mulanya *paving block* berukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong seperti bentuk kubus yaitu 60 mm x 60 mm x 60 mm untuk pengujian kuat tekan. Pada pengujian ketahanan aus, *paving block* juga dipotong berbentuk balok dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 20 mm. Terkhusus untuk pengujian daya serap air, *paving block* tidak perlu dipotong karena tidak ada syarat. Berikut ini merupakan tahapan pemotongan *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Proses Pematangan *Paving Block*

4.5.6 Tahap Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* dilakukan dengan tujuan mengetahui karakteristik dan kualitas *paving block* sehingga dapat diklasifikasikan sesuai hasil yang didapatkan. Seluruh pengujian dilakukan setelah proses pengeringan dan perawatan selama 28 hari. Adapaun beberapa pengujian yang dilakukan berdasarkan pada SNI 03-0691-1996 berikut ini.

4.5.5.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui beban maksimal kuat tekan *paving block*. Berlandaskan SNI 03-0691-1996 tahapan-tahapan pelaksanaan pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Bersihkan *paving block* dari kotoran atau debu yang menempel.
2. Potong benda uji berbentuk kubus dengan ukuran yang sudah ditentukan.
3. Mengukur dimensi *paving block* dengan menggunakan jangka sorong dan hitung beratnya.
4. Hidupkan mesin tekan dan letakkan *paving block* secara simetris lalu berikan pembebanan yang meningkat secara bertahap.
5. Lakukan penambahan pembebanan terus menerus sampai *paving block* hancur dan catat beban maksimum yang didapatkan pada proses pengujian.

Berikut ini merupakan tahapan pengujian kuat tekan *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Pengujian Kuat Tekan

4.5.5.2 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai besarnya kemampuan *paving block* dalam menyerap air melalui pori-porinya. Berlandaskan SNI 03-0691-1996 tahapan-tahapan dalam pelaksanaan pengujian daya serap air *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Mengukur dimensi *paving block* dengan menggunakan jangka sorong dan hitung beratnya.
2. Masukkan *paving block* kedalam air hingga jenuh selama 24 jam lalu timbang beratnya dalam keadaan basah.
3. Kemudian masukkan *paving block* tersebut untuk dikeringkan dalam *oven* pada suhu ± 105 °C selama ± 24 jam sampai berat pada dua kali penimbangan selisihnya tidak melebihi dari 0,2 % penimbangan sebelumnya.
4. Timbang *paving block* dalam kondisi kering *oven*.

Berikut ini merupakan tahapan pengujian daya serap air *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Pengujian Daya Serap Air

4.5.5.3 Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai besarnya kemampuan *paving block* dalam menyerap air melalui pori-porinya. Berlandaskan SNI 03-0691-1996 tahapan-tahapan dalam pelaksanaan pengujian ketahanan aus *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

1. Bersihkan *paving block* dari kotoran atau debu yang menempel.
2. Potong benda uji berbentuk balok dengan ukuran 50 x 50 x 20 (mm).
3. Mengukur dimensi *paving block* dengan menggunakan jangka sorong dan hitung beratnya.
4. Mesin aus yang digunakan, langkah-langkah mengaus dan mencari berat jenis dilakukan sesuai dengan SNI 03-0028-1987.

Berikut ini merupakan tahapan pengujian ketahanan aus *paving block* yang dapat dilihat pada gambar 4.22.



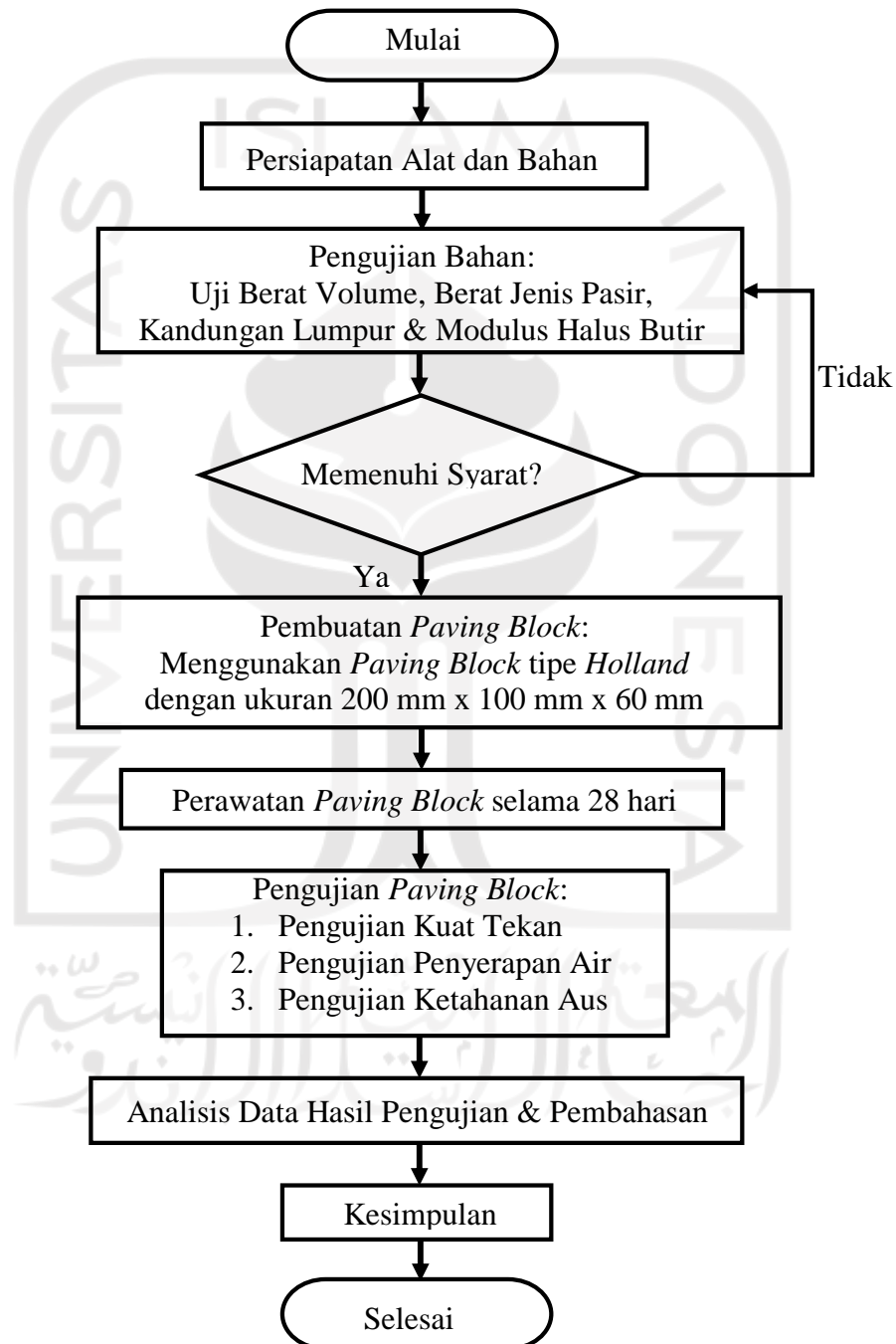
Gambar 4.22 Pengujian Ketahanan Aus

4.5.7 Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahapan ini menjelaskan tentang analisis dan pembahasan penelitian yang diperoleh setelah melaksanakan proses pengujian. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental dengan pembuatan benda uji *paving block*. Langkah selanjutnya melaksanakan pengujian yang sudah dijelaskan peneliti sebelumnya. Dari semua langkah tersebut kemudian peneliti dapat mengolah data-data yang telah diperoleh untuk mengetahui bagaimana pengaruh limbah batu alam sebagai substitusi sebagian pasir dalam pembuatan *paving block*.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Langkah langkah pada penelitian ini dapat dilakukan berdasarkan bagan alir sebagai berikut.



Gambar 4.23 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Bab ini menjelaskan tentang data dan hasil yang telah diperoleh dari beberapa pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi. Pengujian tersebut dimulai dari pengujian bahan susun *paving block* dan pengujian *paving block* (kuat tekan, daya serap air dan ketahanan aus). Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis sampai mendapatkan sebuah pembahasan dan kesimpulan untuk bab berikutnya.

5.2 Hasil Pengujian Bahan Susun *Paving Block*

Dalam pembuatan *paving block* pada penelitian ini menggunakan 3 bahan utama yakni pasir, semen dan air serta bahan tambah yaitu limbah batu alam. Sebelum mencetak *paving block* tentunya diperlukan pengujian dari keempat bahan susun yang mana untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing bahan tersebut. Pengujian bahan susun yang dilaksanakan ialah pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian berat volume padat dan gembur serta pengujian lolos saringan no. 200. Hasil dan pembahasan pengujian bahan susun dapat dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

5.2.1 Agregat Halus (Pasir)

Penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari Merapi. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan dalam agregat halus (pasir) yaitu pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis, pengujian berat volume padat dan volume gembur serta pengujian kandungan lumpur. Penjelasan dan hasil dari pengujian dapat dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

5.2.1.1 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilaksanakan berdasar pada SNI 03-1968-1990. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat halus berdasarkan butirannya dan mendapatkan nilai modulus halus butir. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir

Lubang Ayakan		Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
(ASTM)	(mm)				
1 1/2"	40,00	0	0	0	100
3/4"	20,00	0	0	0	100
3/8"	10,00	0	0	0	100
No. 4	4,75	5,5	0,27	0,27	99,73
No. 8	2,40	104,5	5,22	5,49	94,51
No. 16	1,20	343,5	17,16	22,65	77,35
No. 30	0,60	498,5	24,90	47,55	52,45
No. 50	0,30	358,5	17,91	65,46	34,54
No. 100	0,15	326,5	16,31	81,77	18,23
Pan	Pan	365,0	18,23	100,00	0
Jumlah		2002	100	323,30	

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

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{323,3}{100} \\ &= 3,23 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tjokrodimuljo (2007) nilai modulus halus butir agregat halus berada diantara 1,35 - 3,8. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini mendapatkan nilai modulus halus butir sebesar 3,23. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa pasir telah memenuhi standar spesifikasi modulus halus butir, selain mendapatkan hasil tersebut pengujian analisa saringan juga dapat menentukan gradasi agregat halus. Menurut

Tabel SNI 03-2834-2000, agregat halus (pasir) yang digunakan telah memenuhi syarat gradasi pada daerah II. Klasifikasi gradasi agregat halus dan grafik analisa saringan agregat halus daerah II dapat disajikan pada Tabel 5. dan gambar 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Gradasi Pasir

Ukuran Saringan		Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan (%)			
(ASTM)	(mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
3/8"	10,00	100	100	100	100
No. 4	4,75	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
No. 8	2,40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
No. 16	1,20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
No. 30	0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
No. 50	0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
No. 100	0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

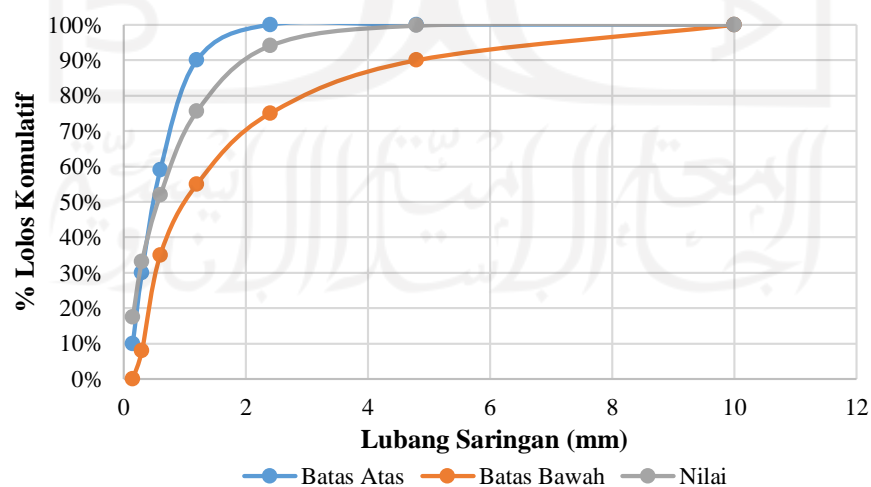
Keterangan:

Daerah I = Pasir Kasar

Daerah III = Pasir Agak Halus

Daerah II = Pasir Agak Kasar

Daerah IV = Pasir Halus



Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Daerah II

5.2.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus berlandaskan pada SNI 03-1970-2008. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu dan penyerapan air. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir

Uraian		Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, Bk	(gr)	483
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, SSD	(gr)	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, Bt	(gr)	1173
Berat piknometer Berisi Air, B	(gr)	859
Berat Jenis Curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$	(1)	2,60
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, $500 / (B + 500 - Bt)$	(2)	2,69
Berat Jenis Semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$	(3)	2,86
Penyerapan Air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	(4)	3,52 %

Menurut Tjokrodimuljo (2007) angka berat jenis agregat normal berada diantara 2,4 – 2,7 gr/cm³. Pada tabel 5.3 menunjukkan hasil rata-rata berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 2,69 gr/cm³ Agregat dengan berat jenis antara 2,4 – 2,7 gr/cm³ akan menciptakan beton berberat jenis kisaran 2,3 gr/cm³ (Tjokrodimuljo, 1995). Apabila agregat memiliki berat jenis tinggi, maka beton akan memiliki berat jenis tinggi dan kuat tekan yang tinggi pula.

Nilai standar spesifikasi penyerapan air yaitu 2 – 7 % (Dessy et al, 2015). Nilai penyerapan air yang diperoleh sebesar 3,52 % yang berarti agregat halus (pasir) dalam kondisi kering. Penyerapan agregat halus berpengaruh pada daya lekat antara agregat dan semen.

5.2.1.3 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian berat volume padat dan gembur dilakukan dengan berpedoman pada SNI 03-4804-1998. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat kasar berdasarkan berat volume (Konstruksi, 2017). Data hasil pengujian berat volume padat dan gembur dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5896
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku, W2 (gr)	13962,50
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	8066,50
Volume Tabung, V (cm ³)	5238,62
Berat Volume Gembur, W3 / V (gr/cm ³)	1,54

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5896
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku, W2 (gr)	12674,50
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	6778,50
Volume Tabung, V (cm ³)	5238,62
Berat Volume Gembur, W3 / V (gr/cm ³)	1,29

Dari hasil pengamatan pada tabel 5.4 dan tabel 5.5 diperoleh berat volume pada kondisi padat yaitu 1,54 gr/cm³ dan pada kondisi gembur yaitu 1,24 gr/cm³. Hasil yang didapat memperlihatkan bahwa selisih nilai antara berat volume padat dan berat volume gembur sebesar 0,25 gr/cm³. Berat volume tersebut digunakan untuk mempermudah perhitungan campuran yang akan dipakai sebagai acuan dalam

perencanaan pembuatan *paving block*. Gradasi agregat akan semakin baik apabila selisih nilai antara berat volume padat dan volume gembur semakin kecil (Kusumawardhana, 2018).

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

Pengujian lolos saringan no. 200 ini dilakukan berdasarkan SNI 03-4142-1996. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan persentase kadar lumpur dalam agregat halus yang digunakan dalam campuran *paving block*. Hasil pengujian lolos saringan no. 200 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Pada Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven, W1 (gr)	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci, W2 (gr)	483
Berat yang Lolos Ayakan No 200, $(W1 - W2 / W1) \times 100\%$ (gr)	3,40 %

Dari tabel 5.6 yang disajikan, pasir memiliki kadar lumpur sebesar 3,40 %. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm) untuk pasir maksimal tidak lebih dari 5 %. Dalam pengujian ini pasir yang digunakan telah memenuhi syarat prosedur dan langsung dapat digunakan tanpa harus dicuci terlebih dahulu.

5.2.2 Agregat Kasar (Limbah Batu Alam)

Agregat kasar pada penelitian ini menggunakan limbah batu alam yang berasal dari Bobos, Cirebon. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan dalam agregat kasar (limbah batu alam) yaitu pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis, pengujian berat volume padat dan berat volume gembur. Penjelasan dan hasil dari pengujian dapat dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

5.2.2.1 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilaksanakan berpedoman pada SNI 03-1968-1990. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat kasar berdasarkan butirannya dan mendapatkan nilai modulus halus butir. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

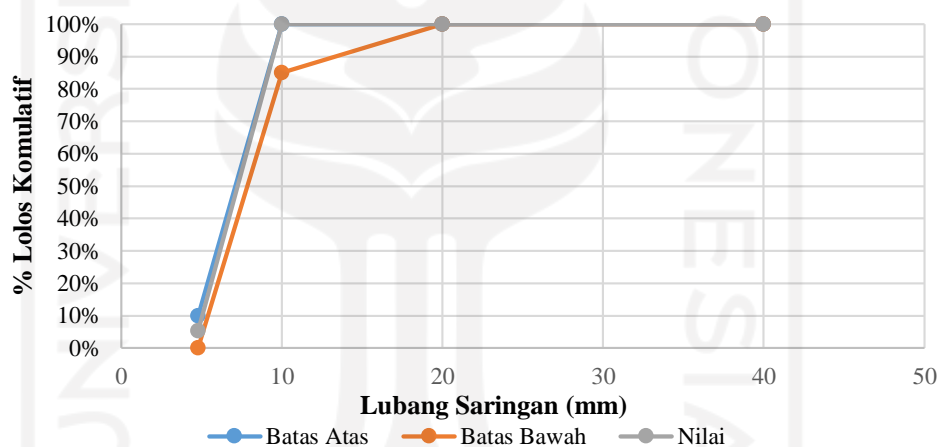
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Limbah Batu Alam

Lubang Ayakan		Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
(ASTM)	(mm)				
1 1/2"	40,00	0	0	0	100
3/4"	20,00	0	0	0	100
3/8"	10,00	4,5	0,09	0,09	99,91
No. 4	4,80	4733,5	94,59	94,68	5,32
No. 8	2,40	193,5	3,87	98,55	1,45
No. 16	1,20	14	0,28	98,83	1,17
No. 30	0,60	0	0	98,83	1,17
No. 50	0,30	0	0	98,83	1,17
No. 100	0,15	0	0	98,83	1,17
Pan	Pan	58,5	1,17	100	0
Jumlah		5004	100	688,65	

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

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{688,65}{100} \\ &= 6,89 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tjokrodimuljo (2007) nilai modulus halus butir agregat kasar berada diantara 6-7. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini mendapatkan nilai modulus halus butir sebesar 6,89. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa limbah batu alam telah memenuhi standar spesifikasi modulus halus butir, selain mendapatkan hasil tersebut pengujian analisa saringan juga dapat menentukan gradasi agregat kasar. Menurut Tabel SNI 03-2834-2000, agregat kasar (limbah batu alam) yang digunakan telah memenuhi syarat gradasi pada ukuran 10 mm. Klasifikasi gradasi agregat kasar dan grafik analisa saringan agregat kasar ukuran 10 mm dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus 10 mm

Tabel 5.8 Gradasi Limbah Batu Alam

Ukuran Saringan		Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan (%)		
(ASTM)	(mm)	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
3"	75,00	-	-	100 - 100
1 1/2"	40,00	-	100 - 100	95 - 100
3/4"	20,00	100 - 100	95 - 100	35 - 70
3/8"	10,00	50 - 85	30 - 60	10 - 40
No. 4	4,80	0 - 10	0 - 10	0 - 5

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

5.2.2.2 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berlandaskan pada SNI 03-1969-1990. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu dan penyerapan air. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Limbah Batu Alam

Uraian		Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, Bk	(gr)	4924,5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, Bj	(gr)	5000
Berat kerikil dalam air, Ba	(gr)	3748
Berat jenis curah, $Bk / (Bj - Ba)$	(1)	3,93
Berat jenis jenuh kering muka, $Bj / (Bj - Ba)$	(2)	3,99
Berat jenis semu, $Bk / (Bk - Ba)$	(3)	4,19
Penyerapan air, $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$	(4)	1,53 %

Menurut Tjokrodimuljo (2007) angka berat jenis agregat normal berada diantara 2,4 – 2,7 gr/cm³. Pada tabel 5.9 menunjukkan hasil rata-rata berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 3,99 gr/cm³, berarti angka tersebut tidak memenuhi standar spesifikasi. Agregat dengan berat jenis antara 2,4 – 2,7 gr/cm³ akan menciptakan beton berberat jenis kisaran 2,3 gr/cm³ (Tjokrodimuljo, 1995). Apabila agregat memiliki berat jenis tinggi, maka beton akan memiliki berat jenis tinggi dan kuat tekan yang tinggi pula.

Angka standar spesifikasi penyerapan air yaitu 2 – 7 % (Dessy et al, 2015). Nilai penyerapan air yang diperoleh sebesar 1,53 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa agregat kasar tidak memenuhi standar spesifikasi dikarenakan karakteristik batu andesit yang padat dan tidak berpori. Penyerapan agregat kasar berpengaruh pada daya lekat antara agregat dan semen.

5.2.2.3 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian berat volume padat dan gembur dilakukan dengan berpedoman pada SNI 03-4804-1998. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat kasar berdasarkan berat volume (Konstruksi, 2017). Data hasil pengujian berat volume padat dan gembur dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Limbah Batu Alam

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5897
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku, W2 (gr)	13752,50
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	7855,50
Volume Tabung, V (cm ³)	5238,62
Berat Volume Padat, W3 / V (gr/cm ³)	1,50

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Limbah Batu Alam

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5897
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku, W2 (gr)	12975,50
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	7078,50
Volume Tabung, V (cm ³)	5238,62
Berat Volume Gembur, W3 / V (gr/cm ³)	1,35

Dari hasil pengamatan pada tabel 5.10 dan tabel 5.11 diperoleh berat volume pada kondisi padat yaitu 1,50 gr/cm³ dan pada kondisi gembur yaitu 1,35 gr/cm³. Hasil yang didapat memperlihatkan bahwa selisih nilai antara berat volume padat dan berat volume gembur sebesar 0,15 gr/cm³. Berat volume tersebut digunakan untuk

mempermudah perhitungan campuran yang akan dipakai sebagai acuan dalam perencanaan pembuatan *paving block*. Gradasi agregat akan semakin baik apabila selisih nilai antara berat volume padat dan volume gembur semakin kecil (Kusumawardhana, 2018).

5.2.3 Semen

Pada pengujian ini semen yang digunakan ialah semen tipe 1 dengan merk dagang Tiga Roda yang berada pada silo di Pusat Inovasi Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia. Hasil pemeriksaan semen secara visual memperlihatkan bahwa tidak ada gumpalan pada semen yang berarti semen dalam kondisi baik dan layak pakai.

5.2.4 Air

Pada pengujian ini air yang digunakan ialah air yang berasal dari saluran Pusat Inovasi Vulkanis Merapi Universitas Islam Indonesia. Hasil pemeriksaan secara visual memperlihatkan bahwa air yang digunakan telah sesuai standar yang disyaratkan yaitu tidak mengandung zat apapun dan tidak ada benda terapung sehingga dapat disimpulkan air tersebut bersih.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Komposisi campuran dalam pembuatan *paving block* dilakukan untuk menghitung kebutuhan dari setiap material yang akan digunakan. Pada penelitian ini perbandingan campuran yang digunakan ialah 1pc : 6ps, selain itu kebutuhan limbah batu alam akan mensubstitusi sebagian pasir sesuai dengan variasi yang telah direncanakan. Perhitungan kebutuhan campuran *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

Volume <i>paving block</i>	= 20 x 10 x 6 = 1200 cm ³
Berat volume pasir	= 1,540 gr/cm ³
Faktor pemadatan	= 1,3

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir 1 paving block} &= \frac{6}{7} \times B.V \text{ Pasir} \times V \text{ paving} \times 1,3 \\
 &= \frac{6}{7} \times 1,540 \times 1200 \times 1,3 \\
 &= 2058,953 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pasir 26 paving block} &= 26 \times 2058,953 \text{ gr} \\
 &= 53532,778 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen 1 paving block} &= \text{kebutuhan pasir} / 6 \\
 &= 2058,953 / 6 \\
 &= 343,159 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan semen 26 paving block} &= 26 \times 343,159 \text{ gr} \\
 &= 8922,134 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan volume limbah batu alam terhadap volume pasir

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 5\%} &= \frac{5}{100} \times 53532,778 \\
 &= 2676,639 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 10\%} &= \frac{10}{100} \times 53532,778 \\
 &= 5353,278 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 15\%} &= \frac{15}{100} \times 53532,778 \\
 &= 8029,917 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Variasi 20\%} &= \frac{20}{100} \times 53532,778 \\
 &= 10706,556 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan volume air (menggunakan fas 0,3)

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air 26 paving block} &= 0,3 \times \text{kebutuhan semen 1 paving block} \times 26 \\ &= 0,3 \times 343,159 \times 26 \\ &= 2676,638 \text{ gr} \end{aligned}$$

Beragam variasi yang ditentukan dapat mempengaruhi berat dari kebutuhan jumlah pasir dan limbah batu alam. Semakin tinggi persentase variasi maka semakin banyak jumlah limbah batu alam yang digunakan sebaliknya semakin tinggi persentase variasi semakin sedikit jumlah pasir yang digunakan. Rekapitulasi kebutuhan campuran *paving block* setiap variasi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5.12 Kebutuhan Campuran *Paving Block*

Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Limbah Batu Alam (kg)	Jumlah
0%	8,922	53,533	2,677	0,000	26
5%	8,922	50,856	2,677	2,677	26
10%	8,922	48,179	2,677	5,353	26
15%	8,922	45,503	2,677	8,030	26
20%	8,922	42,826	2,677	10,707	26
Total Kebutuhan	44,611	240,897	13,383	26,766	130

5.4 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan *paving block* dilaksanakan setelah umur *paving block* mencapai 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 10 buah untuk tiap variasinya. *Paving block* dipotong dengan bentuk kubus sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-0691-1996 yaitu 60 mm x 60 mm x 60 mm. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi Universitas Islam Indonesia. Data-data yang telah diperoleh pada pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 0%

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
0%	KTA1	64,25	64,35	61,60	0,523	9450	92672,843	22,415	18,2899
	KTA2	63,30	62,20	61,10	0,494	8550	83846,858	21,296	
	KTA3	63,05	62,25	60,25	0,493	8000	78453,200	19,989	
	KTA4	61,60	61,20	63,80	0,480	5800	56878,570	15,087	
	KTA5	63,85	63,15	65,50	0,510	6450	63252,893	15,687	
	KTA6	63,40	63,25	59,30	0,466	4750	46581,588	11,616	
	KTA7	62,45	61,90	57,00	0,471	7050	69136,883	17,885	
	KTA8	62,20	63,75	61,00	0,502	7600	74530,540	18,796	
	KTA9	62,25	63,20	58,00	0,477	9450	92672,843	23,556	
	KTA10	64,10	61,85	61,30	0,482	6700	65704,555	16,573	

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 5%

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
5%	KTB1	62,25	62,80	57,10	0,488	9100	89240,515	22,828	27,1405
	KTB2	63,50	62,55	61,10	0,528	13500	132389,775	33,331	
	KTB3	61,60	62,50	59,30	0,491	8250	80904,863	21,014	
	KTB4	63,40	61,05	59,40	0,513	11100	108853,815	28,123	
	KTB5	63,65	62,50	55,10	0,479	10600	103950,490	26,131	
	KTB6	62,50	61,85	59,00	0,493	13050	127976,783	33,106	
	KTB7	63,10	62,10	62,05	0,517	10600	103950,490	26,528	
	KTB8	63,05	62,00	58,10	0,489	10300	101008,495	25,839	
	KTB9	61,95	61,70	61,10	0,513	10850	106402,153	27,837	
	KTB10	63,00	62,75	60,60	0,507	10750	105421,488	26,667	

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 10%

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (KG)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
10%	KTC1	60,00	62,55	62,65	0,507	11300	110815,145	29,527	26,0513
	KTC2	63,50	63,40	59,10	0,524	13750	134841,438	33,493	
	KTC3	61,95	61,75	61,45	0,517	15850	155435,403	40,632	
	KTC4	61,90	62,40	61,35	0,492	7850	76982,203	19,930	
	KTC5	63,70	64,40	59,55	0,527	10300	101008,495	24,623	
	KTC6	64,35	64,15	63,95	0,554	8750	85808,188	20,787	
	KTC7	64,15	64,55	62,45	0,557	10350	101498,828	24,511	
	KTC8	63,70	64,40	58,25	0,504	10400	101989,160	24,862	
	KTC9	64,40	63,60	58,60	0,522	11550	113266,808	27,654	
	KTC10	62,60	64,85	64,55	0,498	6000	58839,900	14,494	

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 15%

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
15%	KTD1	63,50	64,30	61,50	0,531	11200	109834,480	26,900	24,340
	KTD2	61,60	62,30	62,30	0,499	7500	73549,875	19,165	
	KTD3	61,95	62,20	60,75	0,499	9100	89240,515	23,160	
	KTD4	62,70	63,35	60,00	0,516	9650	94634,173	23,825	
	KTD5	63,65	61,75	60,70	0,513	9850	96595,503	24,577	
	KTD6	63,10	63,95	63,80	0,531	7850	76982,203	19,077	
	KTD7	63,05	63,45	57,90	0,511	10100	99047,165	24,759	
	KTD8	61,50	62,30	59,30	0,508	11700	114737,805	29,946	
	KTD9	62,70	63,80	60,30	0,524	12050	118170,133	29,541	
	KTD10	64,15	62,00	57,00	0,477	9000	88259,850	22,191	

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Variasi 20%

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (kg)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
20%	KTE1	62,60	61,80	58,60	0,474	6600	64723,890	16,730	21,1885
	KTE2	63,10	62,90	60,65	0,516	8550	83846,858	21,125	
	KTE3	62,10	62,90	61,80	0,503	7600	74530,540	19,081	
	KTE4	63,20	63,30	59,30	0,496	7100	69627,215	17,404	
	KTE5	63,05	61,60	61,10	0,498	6900	67665,885	17,422	
	KTE6	62,75	62,70	59,25	0,492	9550	93653,508	23,804	
	KTE7	62,45	61,55	58,65	0,483	12450	122092,793	31,764	
	KTE8	62,95	62,15	60,70	0,499	7500	73549,875	18,799	
	KTE9	62,35	62,35	60,40	0,512	10250	100518,163	25,857	
	KTE10	64,35	62,80	63,00	0,541	8200	80414,530	19,899	

Sebagai contoh perhitungan kuat tekan *paving block*, diambil data pengujian pada variasi 5% dengan kode sampel KTB2. Analisis perhitungan dapat lihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} & \quad (p) = 63,50 \text{ mm} \\
 \text{Lebar} & \quad (l) = 62,55 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi} & \quad (h) = 61,10 \text{ mm} \\
 \text{Luas} & \quad (A) = p \times l \\
 & \quad = 63,50 \times 62,55 \\
 & \quad = 3.971,925 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum} & \quad (P) = 13.500 \text{ kgf (konversi ke Newton)} \\
 & \quad = 13.500 \times 9,80665 \\
 & \quad = 132.389,775 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} & \quad = P / A \\
 & \quad = 132.389,75 / 3.971,925 \\
 & \quad = 33,331 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh pengujian kuat tekan *paving block*. Dalam mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata maka dilakukan penjumlahan nilai kuat

tekan pada tiap sampel lalu dibagi dengan jumlah sampel. Perhitungan kuat tekan rata-rata dapat dilihat sebagai berikut.

Kuat tekan rata-rata

$$= \frac{\sum \text{Kuat tekan variasi 5\%}}{n}$$

$$= \frac{22,828+33,331+21,014+28,123+26,131+33,106+26,528+25,839+27,837+26,667}{10}$$

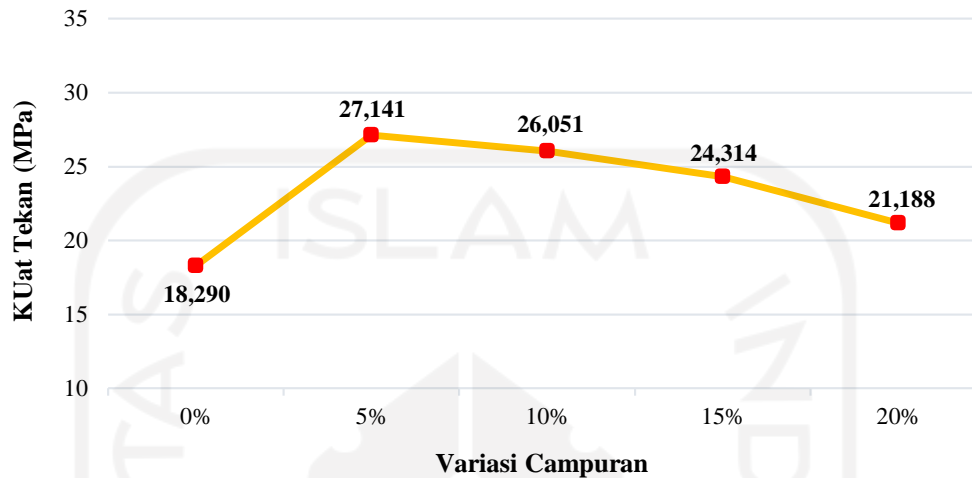
$$= 27,141 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil data perhitungan kuat tekan *paving block* seluruh variasi yang telah dianalisis, selanjutnya dapat dilakukan klasifikasi mutu *paving block* sesuai yang tertera pada SNI 03-0691-1996. Hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan dan klasifikasi mutu *paving block* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5.18 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata dan Klasifikasi Mutu *Paving Block*

No	Variasi	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving Block	Fungsi
1	0%	18,290	C	Pejalan Kaki
2	5%	27,141	B	Peralatan Parkir
3	10%	26,051	B	Peralatan Parkir
4	15%	24,314	B	Peralatan Parkir
5	20%	21,188	B	Peralatan Parkir

Berdasarkan hasil rekapitulasi nilai kuat tekan diatas, maka dilakukan perbandingan antar variasi dengan penyajian grafik agar mudah untuk pembacaannya. Grafik pengujian kuat tekan rata-rata *paving block* disajikan pada gambar sebagai berikut.



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

Pengujian kuat tekan dilaksanakan setelah melewati proses *curing* selama 28 hari, dalam kondisi kering dan sudah dipotong sesuai bentuk kubus yang disyaratkan pada SNI 03-069-1996 yaitu berukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat diterima oleh *paving block*. Pengujian ini menggunakan mesin UTM (*Ultimate Testing Machine*) dengan cara benda uji ditekan sampai retak hingga hancur.

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan pada pengujian kuat tekan *paving block* variasi 0% atau *paving block* normal didapatkan rata-rata nilai sebesar 18,920 MPa. Pada *paving block* variasi 5% dengan mensubstitusi sebagian pasir mengalami peningkatan sebesar 27,141 MPa. *Paving block* pada variasi 10% ,15% dan 20% dengan mensubstitusi sebagian pasir mengalami penyusutan sebesar 26,051 MPa, 24,314 MPa dan 21,188 MPa.

Berdasarkan grafik diatas didapatkan hasil dengan tren baik pada pengujian kuat tekan, hal tersebut diperkuat dengan hasil pengujian data statistik normalitas dan homogenitas. Hasil uji normalitas setiap variasi didapati terdistribusi normal karena nilai L hitung lebih kecil dibandingkan dengan L tabel yang dapat dilihat pada lampiran

5. Hasil uji homogenitas setiap variasi juga didapati homogen karena nilai L hitung lebih kecil dibandingkan L tabel yang dapat dilihat pada lampiran 6.

Pada variasi 5% mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada nilai kuat tekannya, hal itu disebabkan oleh kekasaran dari limbah batu alam serta karakteristik limbah batu alam yang solid. Dapat dilihat juga persentase limbah batu alam yang optimum telah digapai pada variasi ini. Pengikatan antara semen, pasir dan limbah batu alam pada variasi 5% semakin kuat sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari *paving block* tersebut.

Pada variasi 10%, 15% dan 20% mengalami penurunan pada nilai kuat tekannya. Hal itu dipengaruhi dengan semakin banyak persentase penambahan limbah batu alam maka akan menyebabkan banyak rongga pada *paving block* sehingga campuran antara semen, pasir, dan limbah batu alam menjadi tidak padat. Rongga yang didapati pada *paving block* salah satunya disebabkan saat pencampuran bahan susun pada *mixer* dan pencetakan yang kurang maksimal.

Berdasarkan data-data yang telah dianalisis, maka alternatif bahan tambah yaitu limbah batu alam sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan *paving block* mendapati pertambahan nilai yang cukup baik pada sisi kuat tekan *paving block*. Penambahan limbah batu alam pada *paving block* mampu bertarung dengan *paving block* normal yang berada dipasaran dengan syarat penggunaan limbah batu alam dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% karena keempatnya memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibanding dengan *paving block* normal. Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* tipe bata atau *holland* dengan tebal 6 cm pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% diklasifikasi pada mutu B yaitu berfungsi untuk peralatan parkir dan pada variasi 0% diklasifikasikan pada mutu C yaitu berfungsi untuk perjalanan kaki.

5.5 Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*

Pengujian daya serap air *paving block* dilaksanakan setelah umur *paving block* mencapai 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah untuk tiap variasinya. *Paving block* diuji dengan bentuk utuh atau aslinya sesuai yang disyaratkan pada SNI

03-0691-1996 yaitu 200 mm x 100 mm x 60 mm. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi Universitas Islam Indonesia. Data-data yang telah diperoleh pada pengujian daya serap air *paving block* dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block* Dengan Variasi 0 %

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
0%	1	PA1	2501	2307	8,409
	2	PA2	2501	2304	8,550
	3	PA3	2501	2285	9,453
	4	PA4	2471	2242	10,214
	5	PA5	2519	2305	9,284
	Rata-Rata				

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block* Dengan Variasi 5 %

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
5%	1	PB1	2580	2410	7,054
	2	PB2	2622	2412	8,706
	3	PB3	2547	2365	7,696
	4	PB4	2613	2325	12,387
	5	PB5	2507	2413	3,896
	Rata-Rata				

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block* Dengan Variasi 10 %

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
10%	1	PC1	2479	2264	9,496
	2	PC2	2579	2376	8,544
	3	PC3	2451	2280	7,500
	4	PC4	2520	2347	7,371
	5	PC5	2552	2372	7,589
	Rata-Rata				

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block* Dengan Variasi 15 %

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
15%	1	PD1	2588	2358	9,754
	2	PD2	2583	2352	9,821
	3	PD3	2588	2353	9,987
	4	PD4	2521	2410	4,606
	5	PD5	2497	2375	5,137
	Rata-Rata				

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block* Dengan Variasi 20 %

Variasi	No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
			(gr)	(gr)	%
20%	1	PE1	2462	2242	9,813
	2	PE2	2459	2295	7,146
	3	PE3	2503	2306	8,543
	4	PE4	2519	2316	8,765
	5	PE5	2661	2488	6,953
	Rata-Rata				

Sebagai contoh perhitungan daya serap air *paving block*, diambil data pengujian pada variasi 15% dengan kode sampel PD4. Analisis perhitungan dapat lihat sebagai berikut.

Berat basah (Wb) = 2521 gr

Berat kering (Wk) = 2410 gr

$$\begin{aligned}
 \text{Daya serap air (\%)} &= \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \\
 &= \frac{2521 - 2410}{2410} \times 100\% \\
 &= 4,606 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh pengujian daya serap air *paving block*. Dalam mendapatkan nilai daya serap air rata-rata maka dilakukan penjumlahan nilai daya serap air pada tiap sampel lalu dibagi dengan jumlah sampel. Perhitungan daya serap air rata-rata dapat dilihat sebagai berikut

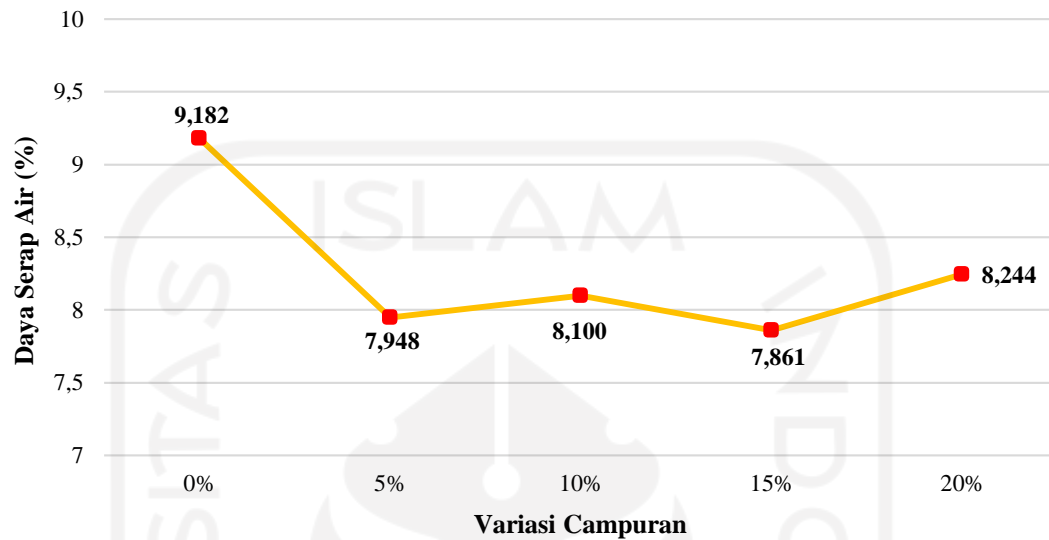
$$\begin{aligned}
 \text{Daya serap air rata-rata (\%)} &= \frac{\sum \text{Daya serap air variasi 5 \%}}{n} \\
 &= \frac{9,754 + 9,821 + 9,987 + 4,606 + 5,137}{5} \\
 &= 7,861 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil data perhitungan daya serap air *paving block* seluruh variasi yang telah dianalisis, selanjutnya dapat dilakukan klasifikasi mutu *paving block* sesuai yang tertera pada SNI 03-0691-1996. Hasil rekapitulasi pengujian daya serap air dan klasifikasi mutu *paving block* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Pengujian Daya Serap Air-Rata dan Klasifikasi Mutu Paving Block

No	Variasi	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Paving Block	Fungsi
1	0%	9,182	D	Taman
2	5%	7,948	C	Pejalan Kaki
3	10%	8,100	D	Taman
4	15%	7,861	C	Pejalan kaki
5	20%	8,244	D	Taman

Berdasarkan hasil rekapitulasi nilai daya serap air diatas, maka dilakukan perbandingan antar variasi dengan penyajian grafik agar mudah untuk pembacaannya. Grafik pengujian daya serap air rata-rata *paving block* disajikan pada gambar sebagai berikut.



Gambar 5.4 Grafik Daya Serap Air Rata-Rata *Paving Block*

Pengujian daya serap air dilaksanakan setelah melewati proses *curing* selama 28 hari, kemudian dilakukan kembali proses perendaman selama 24 jam. Proses selanjutnya yaitu memasukkan *paving block* kedalam mesin pemanas *oven* selama 24 jam kemudian ditimbang untuk mengetahui daya serap airnya. Terkhusus untuk pengujian daya serap air, benda uji *paving block* tidak perlu dipotong karena tidak disyaratkan dalam SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan pada pengujian daya serap air *paving block* variasi 0% didapatkan rata-rata nilai sebesar 9,182%. Pada *paving block* variasi 5% dengan mensubtitusi sebagian pasir mengalami penurunan sebesar 7,948%. *Paving block* pada variasi 10%, 15% dan 20% dengan mensubtitusi sebagian pasir mengalami naik turun nilai sebesar 8,100%, 7,861% dan 8,244%.

Berdasarkan grafik diatas didapatkan hasil dengan tren kurang baik pada pengujian daya serap air, hal tersebut diperjelas dengan hasil pengujian data statistik normalitas dan homogenitas. Hasil uji normalitas seluruh variasi didapati terdistribusi normal kecuali pada variasi 15% karena nilai L hitung lebih besar dibandingkan dengan L tabel yang dapat dilihat pada lampiran 5. Hasil uji homogenitas seluruh variasi

didapati homogen karena nilai L hitung lebih kecil dibandingkan L tabel yang dapat dilihat pada lampiran 6.

Pada variasi 5% mengalami penurunan pada nilai daya serap air, hal itu dipengaruhi oleh bentuk *paving block* yang dihasilkan lebih padat dibandingkan dengan *paving block* pada variasi lainnya. Baiknya nilai daya serap air bergantung pada kepadatan dan jumlah pori *paving block*. Kepadatan yang dimiliki pada variasi ini tentunya mendapati mutu yang lebih baik dari pada *paving block* normal.

Pada variasi 10%, 15% dan 20% mengalami naik turun pada grafik nilai daya serap air, hal itu dipengaruhi oleh banyaknya rongga pada *paving block* yang mengakibatkan rongga tersebut terisi oleh air. Proses pencampuran yang kurang baik dan proses pencetakan *paving block* yang kurang maksimal juga menjadi faktor hasil nilai daya serap air yang naik turun atau tidak menentu. Faktor lain yang menyebabkan nilai daya serap air naik turun ialah tidak adanya cadangan benda uji yang dapat menambah cadangan data pengujian ini.

Berdasarkan data-data yang telah dianalisis, maka alternatif bahan tambah yaitu limbah batu alam sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan *paving block* mendapati nilai yang cukup baik pada sisi daya serap air *paving block*. Limbah batu alam pada *paving block* mampu menurunkan nilai daya serap air dengan syarat penggunaan limbah batu alam dengan variasi 5%, dan 15% karena keduanya memiliki nilai daya serap yang lebih rendah dibanding dengan *paving block* lainnya. Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* tipe bata atau *holland* dengan tebal 6 cm pada variasi 5% dan 15% diklasifikasi pada mutu C yaitu berfungsi untuk pejalan kaki dan pada variasi 0%, 10% dan 20% diklasifikasikan pada mutu D yaitu berfungsi untuk taman dan penggunaan lain.

5.6 Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Pengujian ketahanan aus air *paving block* dilaksanakan setelah umur *paving block* mencapai 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah untuk tiap variasinya. *Paving block* dipotong dengan bentuk balok sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-

0691-1996 yaitu 50 mm x 50 mm x 20 mm. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Kontruksi Universitas Islam Indonesia. Data-data yang telah diperoleh pada pengujian ketahanan aus *paving block* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Dengan Variasi 0 %

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	G	Ketahanan Aus
		gr	gr	gr / menit	mm/menit
0%	KAA1	125,55	123,87	0,112	0,166
	KAA2	127,88	126,63	0,083	0,130
	KAA3	131,01	129,50	0,101	0,151
	KAA4	130,34	128,82	0,101	0,152
	KAA5	127,09	126,27	0,055	0,093
Rata-rata					0,139

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Dengan Variasi 5 %

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	G	Ketahanan Aus
		gr	gr	gr / menit	mm/menit
5%	KAB1	135,12	133,74	0,092	0,141
	KAB2	134,08	133,05	0,069	0,111
	KAB3	148,09	146,35	0,116	0,171
	KAB4	137,93	137,14	0,053	0,091
	KAB5	135,72	134,22	0,100	0,151
Rata-rata					0,133

Tabel 5.27 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Dengan Variasi 10 %

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	G	Ketahanan Aus
		gr	gr	gr / menit	mm/menit
10%	KAC1	125,72	124,10	0,108	0,161
	KAC2	127,17	125,70	0,098	0,148
	KAC3	132,41	130,84	0,105	0,156
	KAC4	128,38	126,64	0,116	0,171
	KAC5	127,71	125,98	0,115	0,170
Rata-rata					0,161

Tabel 5.28 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Dengan Variasi 15 %

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	G	Ketahanan Aus
		gr	gr	gr / menit	mm/menit
15%	KAD1	134,13	132,50	0,109	0,162
	KAD2	145,20	144,02	0,079	0,124
	KAD3	136,36	134,88	0,099	0,149
	KAD4	133,90	132,12	0,119	0,174
	KAD5	134,77	133,74	0,069	0,111
Rata-rata					0,144

Tabel 5.29 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Dengan Variasi 20 %

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	G	Ketahanan Aus
		gr	gr	gr / menit	mm/menit
20%	KAE1	122,63	121,06	0,105	0,156
	KAE2	127,77	126,18	0,106	0,158
	KAE3	133,80	132,19	0,107	0,160
	KAE4	133,20	131,10	0,140	0,201
	KAE5	136,68	135,06	0,108	0,161
Rata-rata					0,167

Sebagai contoh perhitungan ketahanan aus *paving block*, diambil data pengujian pada variasi 5% dengan kode sampel KAB4. Analisis perhitungan dapat lihat sebagai berikut.

$$\text{Berat awal (A)} = 137,93 \text{ gr}$$

$$\text{Berat akhir (B)} = 137,14 \text{ gr}$$

$$\text{Lama Pengujian (t)} = 15 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan berat (G)} &= \frac{A - B}{t} \\ &= \frac{137,93 - 137,14}{15} \end{aligned}$$

$$= 0,053 \text{ gr / menit}$$

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

$$= 1,26 (0,053) + 0,0246$$

$$= 0,091 \text{ mm / menit}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh pengujian ketahanan aus *paving block*. Dalam mendapatkan nilai ketahanan aus rata-rata maka dilakukan penjumlahan nilai ketahanan aus pada tiap sampel lalu dibagi dengan jumlah sampel. Perhitungan ketahanan aus rata-rata dapat dilihat sebagai berikut

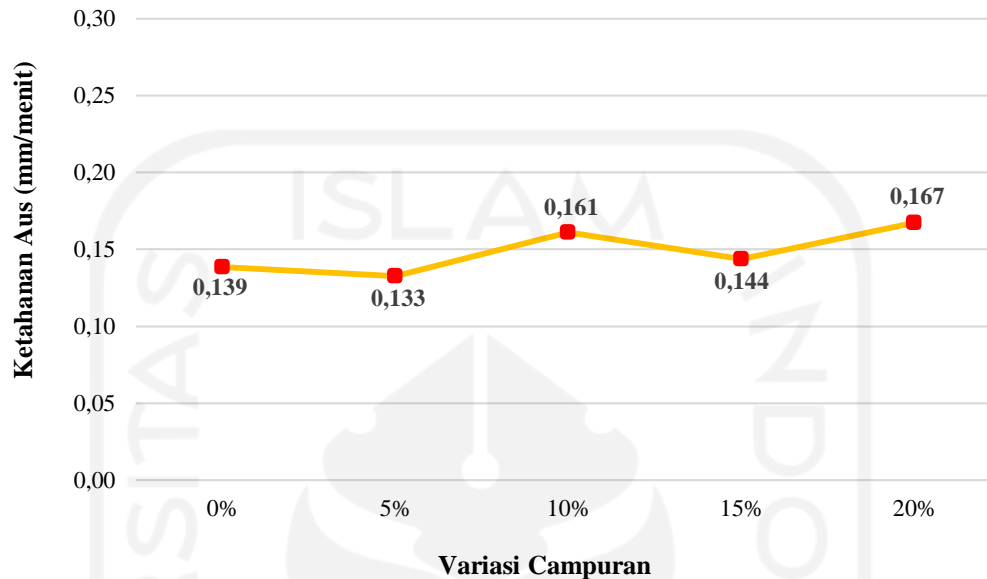
$$\begin{aligned} \text{Ketahanan aus rata rata (D)} &= \frac{\sum D \text{ variasi } 15 \%}{n} \\ &= \frac{0,141 + 0,111 + 0,171 + 0,091 + 0,151}{5} \\ &= 0,133 \text{ mm / menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil data perhitungan ketahanan aus *paving block* seluruh variasi yang telah dianalisis, selanjutnya dapat dilakukan klasifikasi mutu *paving block* sesuai yang tertera pada SNI 03-0691-1996. Hasil rekapitulasi pengujian ketahanan aus dan klasifikasi mutu *paving block* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Pengujian Ketahanan Aus Rata-Rata dan Klasifikasi Mutu *Paving Block*

No	Variasi	Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Mutu Paving Block	Fungsi
1	0%	0,139	B	Peralatan Parkir
2	5%	0,133	B	Peralatan Parkir
3	10%	0,161	C	Pejalan Kaki
4	15%	0,144	B	Peralatan Parkir
5	20%	0,167	C	Pejalan Kaki

Berdasarkan hasil rekapitulasi nilai ketahanan aus diatas, maka dilakukan perbandingan antar variasi dengan penyajian grafik agar mudah untuk pembacaannya. Grafik pengujian ketahanan aus rata-rata *paving block* disajikan pada gambar sebagai berikut.



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

Pengujian ketahanan aus dilaksanakan setelah melewati proses *curing* selama 28 hari, dalam kondisi kering dan sudah dipotong sesuai bentuk balok yang disyaratkan pada SNI 03-069-1996 yaitu berukuran 50 mm x 50 mm x 20 mm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hilangnya beberapa jumlah lapisan pada permukaan material dikarenakan adanya gesekan antara permukaan dengan benda lain. Lama pengujian ketahanan aus ini yaitu 15 menit dan dilakukan untuk 5 sampel pada setiap variasinya.

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan pada pengujian ketahanan aus *paving block* variasi 0% atau *paving block* normal didapatkan rata-rata nilai sebesar 0,139 mm/menit. Pada *paving block* variasi 5% dan 15% dengan mensubstitusi sebagian pasir mengalami penurunan nilai sebesar 0,133 mm/menit dan 0,144 mm/menit. *Paving block* pada variasi 10% dan 20% dengan mensubstitusi sebagian pasir mengalami kenaikan kembali sebesar 0,161 mm/menit dan 0,167 mm/menit.

Berdasarkan grafik diatas didapatkan hasil dengan tren kurang baik pada pengujian ketahanan aus, hal tersebut diperjelas dengan hasil pengujian data statistik

normalitas dan homogenitas. Hasil uji normalitas seluruh variasi didapati terdistribusi normal kecuali pada variasi 20% karena nilai L hitung lebih besar dibandingkan dengan L tabel yang dapat dilihat pada lampiran 5. Hasil uji homogenitas seluruh variasi didapati homogen karena nilai L hitung lebih kecil dibandingkan L tabel yang dapat dilihat pada lampiran 6.

Pada variasi 5% dan 15% mengalami penurunan pada nilai ketahanan aus, hal itu dipengaruhi oleh kasarnya permukaan pada *paving bock* dibandingkan dengan *paving block* pada variasi lainnya. Menurut Sulisty (2019) semakin kasar permukaan pada *paving block* maka semakin sedikit nilai ketahanan aus yang berarti semakin baik. Penambahan pada kedua variasi ini membuktikan bahwa limbah batu alam berdampak pada benda uji yang lebih tahan aus dan memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan dengan *paving block* pada variasi 10% dan 20%.

Pada variasi 10% dan 20% mengalami peningkatan pada nilai ketahanan aus, hal itu dipengaruhi oleh air yang berlebihan pada saat pecampuran bahan susun yang menyebabkan permukaan memiliki banyak rongga. Banyaknya rongga pada permukaan yang menjadikannya tidak padat mengakibatkan mudah terkikisnya permukaan *paving block* pada saat penggesekan oleh mesin ketahanan aus. Faktor lain yang menyebabkan nilai ketahanan aus naik turun ialah tidak adanya cadangan benda uji yang dapat menambah cadangan data pengujian ini.

Berdasarkan data-data yang telah dianalisis dapat diketahui bahwa limbah batu alam sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan *paving block* memiliki nilai ketahanan aus yang lebih rendah pada variasi 5% dibandingkan dengan *paving block* pada variasi 0%. Berlandaskan SNI 03-0691-1996 dapat disimpulkan pada variasi 0%, 5% dan 15% masuk dalam klasifikasi mutu B yang berfungsi untuk peralatan parkir. Sedangkan pada variasi 10% dan 20% dikategorikan sebagai klasifikasi mutu C yang berfungsi untuk perjalan kaki.

BAB VI

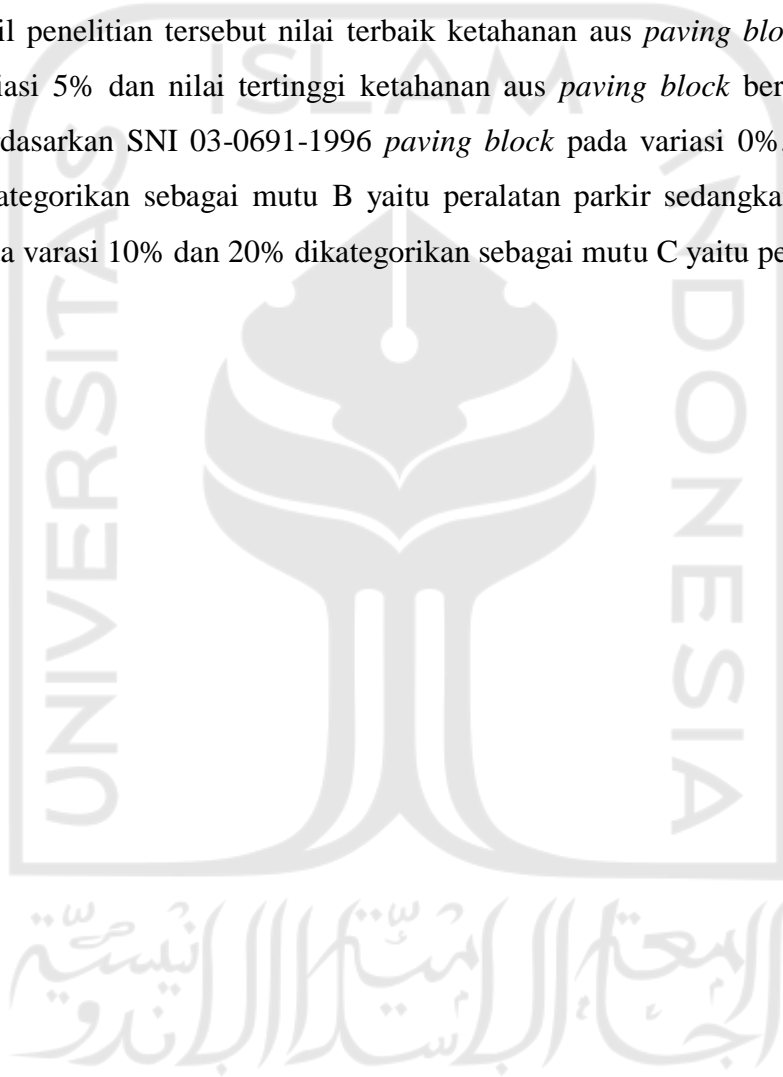
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan dianalisis tentang pemanfaatan limbah batu alam sebagai bahan substitusi sebagian pasir pada *paving block* maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Hasil penelitian pada nilai kuat tekan rata-rata pada *paving block* variasi 0% didapati nilai sebesar 18,920 MPa, selanjutnya nilai kuat tekan rata-rata pada *paving block* variasi 5%, 10%, 15% dan 20% secara berurutan yaitu sebesar 27,141 MPa, 26,051 MPa, 24,314 MPa dan 21,188 MPa. Dari hasil penelitian tersebut nilai tertinggi kuat tekan *paving block* berada pada variasi 5% dan nilai terendah kuat tekan *paving block* berada pada 0%. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* pada variasi 0% dikategorikan sebagai mutu C yaitu pejalan kaki sedangkan *paving block* pada variasi 5%, 10%, 15% dan 20% dikategorikan sebagai mutu B yaitu peralatan parkir.
2. Hasil penelitian pada nilai daya serap air rata-rata pada *paving block* variasi 0% didapati nilai sebesar 9,182%, selanjutnya nilai daya serap air rata-rata pada *paving block* variasi 5%, 10%, 15% dan 20% secara berurutan yaitu sebesar 7,948%, 8,100%, 7,861% dan 8,244%. Dari hasil penelitian tersebut nilai terendah daya serap air *paving block* berada pada variasi 15% dan nilai tertinggi daya serap air *paving block* berada pada 0%. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* pada variasi 5% dan 15% dikategorikan sebagai mutu C yaitu pejalan kaki sedangkan *paving block* pada variasi 0%, 10% dan 20% dikategorikan sebagai mutu D yaitu taman dan penggunaan lainnya.

3. Hasil penelitian pada nilai ketahanan aus rata-rata pada *paving block* variasi 0% didapati nilai sebesar 0,139 mm/menit selanjutnya nilai ketahanan aus rata-rata pada *paving block* variasi 5%, 10%, 15% dan 20% secara berurutan yaitu sebesar 0,133 mm/menit, 0,161 mm/menit, 0,144 mm/menit dan 0,167 mm/menit. Dari hasil penelitian tersebut nilai terbaik ketahanan aus *paving block* berada pada variasi 5% dan nilai tertinggi ketahanan aus *paving block* berada pada 20%. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* pada variasi 0%, 5%, dan 15% dikategorikan sebagai mutu B yaitu peralatan parkir sedangkan *paving block* pada variasi 10% dan 20% dikategorikan sebagai mutu C yaitu pejalan kaki



6.2 Saran

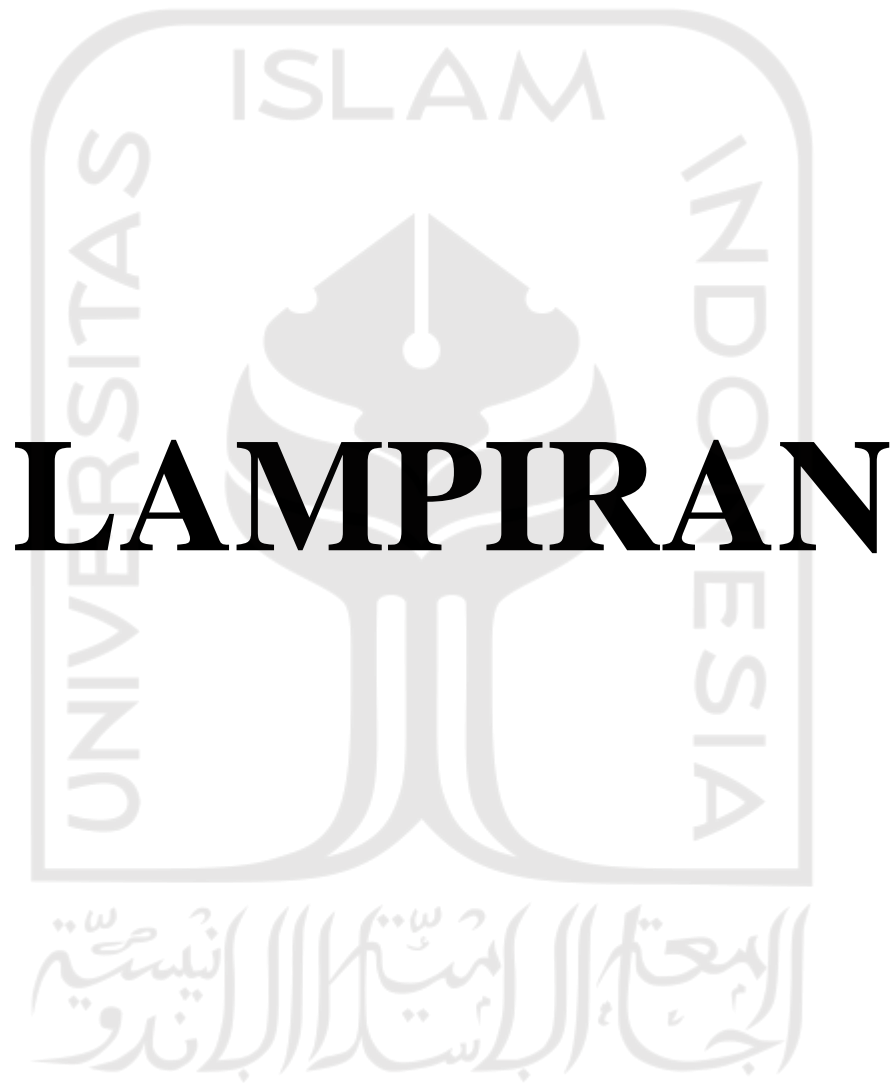
Berdasarkan dari kesimpulan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan maka diperoleh beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk penelitian lebih lanjut. Saran yang diberikan dapat dilihat sebagai berikut

1. Dalam penelitian pemanfaatan batu alam sebagai bahan substitusi sebagian pasir selanjutnya diharapkan menggunakan campuran yang lebih bervariasi seperti 2,5%, 7,5%, 12,5% dan lainnya untuk mengetahui nilai optimum dari seluruh pengujian.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan ukuran limbah batu alam yang lebih variatif sehingga peneliti selanjutnya dapat mengetahui pengaruh limbah batu alam lebih dalam terhadap *paving block*.
3. Dalam pembuatan sampel *paving block* perlu diperhatikan kembali dalam proses pencampuran bahan susun khususnya pada saat penuangan air kedalam *mixer*. Air yang berlebihan menyebabkan bahan susun tercampur menjadi lebih basah dan encer seperti yang terjadi pada penelitian ini sehingga dalam hal tersebut sangat perlu diperhatikan agar mendapatkan nilai daya serap yang lebih valid.
4. Pembuatan benda uji paving block yang secukupnya pada penelitian ini menyebabkan terdapat kesalahan pada perhitungan statistik, oleh karena itu peneliti selanjutnya diharapkan menambah jumlah benda uji dari yang direncanakan yang mana dapat menambah cadangan data penelitian.
5. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian ketahanan terdapat natrium sulfat untuk mengetahui sifat kimianya.
6. Dari hasil penelitian ini diharapkan adanya tindak lanjut penggunaan limbah batu alam yang awalnya terabaikan begitu saja dan mencemari lingkungan, namun sekarang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah atau bahan substitusi dalam pembuatan *paving block* yang mana dapat menaikkan nilai kuat tekannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cozy, Z. (2019). *Tinjauan Ulang Mengenai Kadar Maksimum Lumpur Pasir dalam Campuran Beton Cara SNI*. Bandung : Institut Teknologi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, D. J. (1982). *Persyaratan Umum Bahan di Indonesia (PUBI 1982)*. Jakarta: Perpustakaan Kementerian Pekerjaan Umum.
- Dessy Wulan Sari, F. A. (2005). *Kinerja Beton Beserat Karet Pasca Kebakaran*. Pekanbaru: Perpustakaan Universtias Riau.
- Hairunnisa, B. P. (2007). *Komparasi Mutu Paving Block Antara Metode Mekanis dan Konvensional Dengan Campuran Endapan Sampah*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Himawan, R. P. (2013). *Analisis Kuat Tekan Paving Block Dengan Campuran Minarex H*. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Indonesia, S. I. (1990). *Tata Cara Pemasangan Blok Beton Terkunci Untuk Permukaan Jalan (SK SNI T-04-1990-F)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
- Indonesia, S. N. (1987). *Cara Uji Ubin Semen (SNI 03-0028-1987)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (1990). *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1970-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (1990). *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (1996). *Bata Beton (Paving Block) (SNI 03-0691-1996)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*. Badan Standarisasi Nasional.

- Indonesia, S. N. (2004). *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Indonesia, S. N. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Institution, B. S. (1986). *Precast Concrete Paving Blocks (BS 6717 : Part 1 : 1986)*. British Standards Institution.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Konstruksi, L. T. (2017). *Teknologi Bahan Konstruksi (Buku Panduan Praktikum)*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Kusumawardhana, I. (2018). *Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton Normal*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Nazir, M. (1988). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Perdagangan, K. M. (1997). *Prosedur Impor Limbah*. Jakarta: Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia.
- Standards, A. (n.d.). *Standard Specification for Portland Cement (ASTM C150)*. ASTM International.
- Sudjana. (1996). *Metode Statistika*. Bandung: Sinar Baru Algasindo.
- Sulistyo, S. A. (2019). *Pemanfaatan Limbah Kerajinan Batu Alam Untuk Pembuatan Paving Block*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Tjokrodimujo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.
- Tjokrodimujo, K. (1992). *Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.
- Tjokrodimujo, K. (1995). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Wibowo, W. (2018). *Pengaruh Butiran Keramik Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan dan Harga Produksi Paving Block*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Yahya, A. N. (2018). *Pengaruh Variasi Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Karakteristik Paving Block*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Bahan Susun *Paving Block*

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT
HALUS
(SNI 03-1970-1990)**

Asal Agregat Halus	Merapi		
Keperluan	Tugas Akhir		

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, Bk (gr)	481	485	483
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, SSD (gr)	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, Bt (gr)	1171	1175	1173
Berat piknometer berisi air, B (gr)	859	859	859
Berat jenis curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,56	2,64	2,60
Berat jenis jenuh kering muka, $500 / (B + 500 - Bt)$	2,66	2,72	2,69
Berat jenis semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,85	2,87	2,86
Penyerapan Air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	3,95%	3,09%	3,52%

Keterangan:

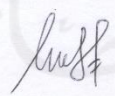
- 500 = Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka (gr)

Kesimpulan	
-------------------	--

Diperiksa oleh:

.....

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:



Muhammad Helmi Hasballah

Gambar L-1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

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

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Luhang 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	6	0,30	0,30	99,70
2,40	95	4,75	5,05	94,95
1,20	316	15,80	20,85	79,15
0,60	523	26,15	47,00	53,00
0,30	341	17,05	64,05	35,95
0,15	340	17,00	81,05	18,95
Pan	379	18,95	100	0
Jumlah	2000	100	318,30	

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{318,30}{100} = 3,1830$$

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	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

Gambar L-1.2 Hasil Analisis Saringan Sampel 1 Agregat Halus

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

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

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	5	0,25	0,25	99,75
2,40	114	5,69	5,94	94,06
1,20	371	18,51	24,45	75,55
0,60	474	23,65	48,10	51,90
0,30	376	18,76	66,87	33,13
0,15	313	15,62	82,49	17,51
Pan	351	17,51	100	0
Jumlah	2004	100	328,09	

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{328,09}{100} = 3,2809$$

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	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

Gambar L-1.3 Hasil Analisis Saringan Sampel 2 Agregat Halus

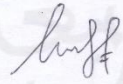
PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5896	5896	5896
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	13998	13927	13962,5
Berat Agregat, W3 = W2 - W1 (gr)	8102	8031	8066,5
Volume Tabung, V (cm ³)	D1 =	D1 =	14,84
	D2 =	D2 =	
	t1 =	t1 =	30,875
	t2 =	t2 =	
	V =	V =	5338,166
Berat Volume Padat Pasir, W3 / V (gr/cm ³)	1,55	1,53	1,54

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:


Muhammad Heimi Hasballah

Gambar L-1.4 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus

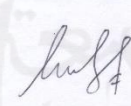
PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Asal Agregat Halus	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian		Hasil Pengamatan		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1	(gr)	5896	5896	5896
Berat Tabung + Agregat SSD, W2	(gr)	12651	12698	12674,5
Berat Agregat, W3 = W2 - W1	(gr)	6755	6802	6778,5
Volume Tabung, V	(cm ³)	D1 =	D1 =	} 14,84
		D2 =	D2 =	
		t1 =	t1 =	} 30,275
		t2 =	t2 =	
		V =	V =	5238,166
Berat Volume Gembur Pasir, W3 / V	(gr/cm ³)	1,29	1,30	1,295

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:


Muhammad Helmi Hasballah

Gambar L-1.5 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus

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

Asal Agregat Halus	Mertopi
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gr	Pasir
9,60 mm	1000 gr	Kerikil
19,20 mm	1500 gr	Kerikil
38,00 mm	2500 gr	Kerikil


Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven, W1 (gr)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci, W2 (gr)	484	487	483
Berat yang Lolos Ayakan No. 200, $((W1 - W2) / W1) \times 100\%$ (%)	3,20 %	3,60 %	3,40 %

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

- a. Untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
- b. Untuk kerikil maksimum 1% (satu persen)

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:


Muhammad Helmi Hasballah

Gambar L-1.6 Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT
KASAR
(SNI 03-1969-1990)**

Asal Agregat Kasar	Desa Bobos, Kabupaten Cirebon
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, Bk (gr)	4926	4923	4924,5
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, Bj (gr)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, Ba (gr)	3751	3745	3748
Berat jenis curah, Bk / (Bj - Ba)	3,94	3,92	3,93
Berat jenis jenuh kering muka, Bj / (Bj - Ba)	4,00	3,98	3,99
Berat jenis semu, Bk / (Bk - Ba)	4,19	4,18	4,185
Penyerapan air, (Bj - Bk) / Bk x 100%	1,50%	1,56%	1,53%

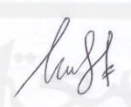
Keterangan:

- 5000 = Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka (gr)

Kesimpulan	
------------	--

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:


Muhammad Helmi Hasballah

Gambar L-1.7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

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

Asal Agregat Kasar	Desa Bobos, Kabupaten Cirebon
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

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	5	0,10	0,10	99,90
4,80	4762	95,14	95,24	4,76
2,40	180	3,60	98,84	1,16
1,20	10	0,20	99,04	0,96
0,60	0	0	99,04	0,96
0,30	0	0	99,04	0,96
0,15	0	0	99,04	0,96
Pan	48	0,96	100	0
Jumlah	5005	100	690,35	

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{690,35}{100} = 6,9035$$

Ukuran Saringan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40,00	95 - 100	100
20,00	30 - 70	95 - 100
10,00	10 - 35	25 - 55
4,80	0 - 5	0 - 10

Gambar L-1.9 Hasil Analisis Saringan Sampel 1 Agregat Kasar

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

Asal Agregat Kasar	Desa Bobos, Kabupaten Cirebon
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

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	4	0,08	0,08	99,92
4,80	4705	94,04	94,12	5,88
2,40	207	4,14	98,26	1,74
1,20	18	0,36	98,62	1,38
0,60	0	0	98,62	1,38
0,30	0	0	98,62	1,38
0,15	0	0	98,62	1,38
Pan	69	1,38	100	0
Jumlah	5003	100	686,95	

$$\text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{686,95}{100} = 6,8695$$

Ukuran Saringan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40,00	95 - 100	100
20,00	30 - 70	95 - 100
10,00	10 - 35	25 - 55
4,80	0 - 5	0 - 10


Gambar L-1.10 Hasil Analisis Saringan Sampel 2 Agregat Kasar

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

Asal Agregat Halus	Desa Bobos, Kabupaten Cirebon
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5897	5897	5897
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	13773	13732	13752,50
Berat Agregat, W3 = W2 - W1 (gr)	7876	7835	7855,50
Volume Tabung, V (cm ³)	D1 = } D2 = }	D1 = } D2 = }	14,48
	t1 = } t2 = }	t1 = } t2 = }	
	V =	V =	5238,62
	Berat Volume Padat, W3 / V (gr/cm ³)	1,50	1,50

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Muhammad Helmi Hasballah

Gambar L-1.11 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Kasar

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

Asal Agregat Halus	Desa Bobos, Kabupaten Cirebon
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5897	5897	5897
Berat Tabung + Agregat SSD, W2 (gr)	12966	12985	12975,50
Berat Agregat, W3 = W2 - W1 (gr)	7069	7088	7078,50
Volume Tabung, V (cm ³)	D1 = } D2 = }	D1 = } D2 = }	14,48
	t1 = } t2 = }	t1 = } t2 = }	
	V =	V =	5238,62
	Berat Volume Gembur, W3 / V (gr/cm ³)	1,349	1,35

Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Muhammad Helmi Hasballah

Gambar L-1.12 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Lampiran 2 Data Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



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

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

Nama : Muhammad Hemi Husbillah

NIM : 16511252

Keperluan : Tugas Akhir

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
KTA1	64,25	64,35	61,60	9450	22,415
KTA2	63,30	62,20	61,10	8550	21,296
KTA3	63,05	62,25	60,25	8000	19,989
KTA4	61,60	61,20	63,20	5800	15,087
KTA5	63,85	63,15	65,50	6450	15,687
KTA6	63,40	63,25	59,30	4750	11,616
KTA7	62,45	61,90	57,00	7050	17,885
KTA8	62,20	63,75	61,00	7600	18,796
KTA9	62,25	63,20	58,00	9450	23,556
KTA10	64,10	61,85	61,30	6700	16,573
Rerata					18,290
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
KTB1	62,25	62,80	57,10	9100	22,828
KTB2	63,50	62,55	61,10	13500	33,331
KTB3	61,60	62,50	59,30	8250	21,014
KTB4	63,40	61,05	59,40	11100	28,183
KTB5	63,65	62,50	55,10	10600	26,131
KTB6	62,50	61,85	59,00	13050	33,106
KTB7	63,10	62,10	62,05	10600	26,528
KTB8	63,05	62,00	58,10	10300	25,839
KTB9	61,95	61,70	61,10	10850	27,837
KTB10	63,00	62,75	60,60	10750	26,667
Rerata					27,141

Gambar L-2.1 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
KTC1	60,00	62,55	62,65	11300	29,527
KTC2	63,50	63,40	59,10	13750	33,493
KTC3	61,95	61,75	61,45	15850	40,632
KTC4	61,90	62,40	61,35	7850	19,930
KTC5	63,70	64,40	59,55	10300	24,623
KTC6	64,35	64,15	63,95	8750	20,787
KTC7	64,15	64,55	62,45	10350	24,511
KTC8	63,70	64,40	58,25	10400	24,862
KTC4	64,40	63,60	58,60	11550	27,654
KTC10	62,60	64,85	64,55	6000	14,494
Rerata					26,051
Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
KTD1	63,50	64,30	61,50	11200	26,900
KTD2	61,60	62,30	62,30	7500	19,165
KTD3	61,95	62,20	60,75	9100	23,160
KTD4	62,70	63,35	60,00	9650	23,825
KTD5	63,65	61,75	60,70	9850	24,577
KTD6	63,10	63,95	63,20	7850	19,077
KTD7	63,05	63,45	57,90	10100	24,759
KTD8	61,80	62,30	59,30	11700	29,946
KTD9	62,70	63,80	60,30	12050	29,541
KTD10	64,15	62,00	57,00	9000	22,191
Rerata					24,314

Gambar L-2.2 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tekan Paving Block



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

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
KTE1	62,60	61,80	58,60	6600	16,730
KTE2	63,10	62,90	60,65	8550	21,125
KTE3	62,10	62,90	61,80	7600	19,081
KTE4	63,20	63,30	59,30	7100	17,404
KTE5	63,05	61,60	61,10	6900	17,422
KTE6	62,75	62,70	59,25	9550	23,804
KTE7	62,45	61,55	58,65	12450	31,764
KTE8	62,95	62,15	60,70	7500	18,799
KTE9	62,35	62,35	60,40	10250	25,857
KTE10	64,35	62,80	63,00	8200	19,899
Rerata					21,188

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui Oleh,
 Kepala Laboratorium

()

Gambar L-2.3 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Lampiran 3 Data Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*



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 DAYA SERAP AIR PADA *PAVING BLOCK* (SNI 03-0691-1996)

Nama : Muhammad Helmi Habiballah
NIM : 16511252
Keperluan : Tugas Akhir

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air %
PA1	2501	2307	8,409
PA2	2501	2304	8,550
PA3	2501	2285	9,453
PA4	2471	2242	10,214
PA5	2519	2305	9,284
Rata - Rata			9,182
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air %
PB1	2580	2410	7,054
PB2	2622	2412	8,706
PB3	2547	2365	7,696
PB4	2613	2325	12,387
PB5	2507	2413	3,896
Rata - Rata			7,948
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air %
PC1	2479	2264	9,496
PC2	2579	2376	8,544
PC3	2451	2280	7,500
PC4	2520	2347	7,371
PC5	2552	2372	7,589
Rata - Rata			8,100

Gambar L-3.1 Laporan Sementara Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*



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

Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
PD1	2588	2358	9,754
PD2	2583	2352	9,821
PD3	2588	2353	9,987
PD4	2521	2410	4,606
PD5	2497	2375	5,137
Rata – Rata			7,861
Kode sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air
PE1	2462	2242	9,813
PE2	2454	2295	7,146
PE3	2503	2306	8,543
PE4	2514	2316	8,765
PE5	2661	2488	6,953
Rata – Rata			8,244

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui oleh,
 Kepala Laboratorium

()

Gambar L-3.2 Laporan Sementara Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*

Lampiran 4 Data Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*



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

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

Nama : Muhammad Heimi Hastalkah
NIM : 16511052
Keperluan : Tugas Akhir

Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KAA1	125,55	123,87	0,112	0,166
KAA2	127,88	126,63	0,083	0,130
KAA3	131,01	129,50	0,101	0,151
KAA4	130,34	128,82	0,101	0,152
KAA5	127,09	126,27	0,055	0,093
Rata-rata				0,139
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KAB1	135,12	133,74	0,092	0,141
KAB2	134,08	133,05	0,069	0,111
KAB3	148,09	146,35	0,116	0,171
KAB4	137,93	137,14	0,053	0,091
KAB5	135,72	134,82	0,100	0,151
Rata-rata				0,133
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KAC1	125,72	124,10	0,108	0,161
KAC2	127,17	125,70	0,098	0,148
KAC3	132,41	130,84	0,105	0,156
KAC4	128,38	126,64	0,116	0,171
KAC5	127,71	125,98	0,115	0,170
Rata-rata				0,161

Gambar L-4.1 Laporan Sementara Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalurung 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)
KAD1	134,13	132,50	0,109	0,162
KAD2	145,20	144,02	0,079	0,124
KAD3	136,36	134,88	0,099	0,149
KAD4	133,90	133,12	0,119	0,174
KAD5	134,77	133,74	0,069	0,111
Rata-rata				0,144
Kode Sampel	Berat Awal (mm)	Berat Akhir (mm)	G (gram/menit)	Ketahanan Aus (mm/menit)
KAE1	122,63	121,06	0,105	0,156
KAE2	127,77	126,18	0,106	0,158
KAE3	133,80	132,19	0,107	0,160
KAE4	133,20	131,10	0,140	0,201
KAE5	136,68	135,06	0,108	0,161
Rata-rata				0,167

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui oleh,
 Kepala Laboratorium

()

Gambar L-4.2 Laporan Sementara Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Lampiran 5 Data Uji Normalitas

A. DATA KUAT TEKAN

Tests of Normality							
Variasi		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kuat Tekan	0%	0,093	10	0,200	0,980	10	0,967
	5%	0,200	10	0,200	0,923	10	0,379
	10%	0,164	10	0,200	0,969	10	0,880
	15%	0,153	10	0,200	0,940	10	0,556
	20%	0,208	10	0,200	0,854	10	0,065

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

L hitung		L tabel
0,093	<	0,258
0,200	<	0,258
0,164	<	0,258
0,153	<	0,258
0,208	<	0,258

SEMUA DATA BERDISTRIBUSI NORMAL (KARENA NILAI SIG. > 0.05)

B. DATA DAYA SERAP AIR

Tests of Normality							
Variasi		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Penyerapan Air	0%	0,206	5	0,200	0,937	5	0,642
	5%	0,202	5	0,200	0,972	5	0,888
	10%	0,313	5	0,122	0,840	5	0,164
	15%	0,355	5	0,038	0,739	5	0,024
	20%	0,221	5	0,200	0,922	5	0,544

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

L hitung		L tabel
0,206	<	0,337
0,202	<	0,337
0,313	<	0,337
0,355	>	0,337
0,221	<	0,337

SEMUA DATA BERDISTRIBUSI DENGAN NORMAL KECUALI PADA PENYERAPAN AIR PADA VARIASI 15%, KARENA NILAI SIG < 0.05 DAPAT DIKATAKAN BERDISTRIBUSI NORMAL APABILA NILAI SIG YANG DIPEROLEH > 0.05

C. DATA KETAHANAN AUS

Variasi		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ketahanan Aus	0%	0,271	5	0,200	0,895	5	0,383
	10%	0,199	5	0,200	0,967	5	0,858
	15%	0,218	5	0,200	0,930	5	0,594
	20%	0,178	5	0,200	0,952	5	0,749
	25%	0,428	5	0,003	0,650	5	0,003

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

L hitung		L tabel
0,271	<	0,337
0,199	<	0,337
0,218	<	0,337
0,178	<	0,337
0,428	>	0,337

SEMUA DATA BERDISTRIBUSI DENGAN NORMAL KECUALI PADA KETAHANAN AUS PADA VARIASI 20%, KARENA NILAI SIG < 0.05 DAPAT DIKATAKAN BERDISTRIBUSI NORMAL APABILA NILAI SIG YANG DIPEROLEH > 0.05

Tabel Nilai Kritis Untuk Uji Lilliefors

Ukuran Sampel	Tarf Nyata (α)				
	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20
n = 4	0.417	0.381	0.352	0.319	0.300
5	0.405	0.337	0.315	0.299	0.285
6	0.364	0.319	0.294	0.277	0.265
7	0.348	0.300	0.276	0.258	0.247
8	0.331	0.285	0.261	0.244	0.233
9	0.311	0.271	0.249	0.233	0.223
10	0.294	0.258	0.239	0.224	0.215
11	0.284	0.249	0.230	0.217	0.206
12	0.275	0.242	0.223	0.212	0.199
13	0.268	0.234	0.214	0.202	0.190
14	0.261	0.227	0.207	0.194	0.183
15	0.257	0.220	0.201	0.187	0.177
16	0.250	0.213	0.195	0.182	0.173
17	0.245	0.206	0.189	0.177	0.169
18	0.239	0.200	0.184	0.173	0.166
19	0.235	0.195	0.179	0.169	0.163
20	0.231	0.190	0.174	0.166	0.160
25	0.200	0.173	0.158	0.147	0.142
30	0.187	0.161	0.144	0.136	0.131
n > 30	<u>1.031</u>	<u>0.886</u>	<u>0.85</u>	<u>0.768</u>	<u>0.736</u>
	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}

Sumber :

Sudjana, (1992), *Metoda Statistika*, Bandung: Tarsito

Gambar L-5.1 Tabel Nilai Kritis Untuk Uji Lilliefors

Lampiran 6 Data Uji Homogenitas

A. DATA KUAT TEKAN

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	200,000	196	0,407
Likelihood Ratio	160,944	196	0,968
Linear-by-Linear Association	0,270	1	0,603
N of Valid Cases	50		

a. 200 cells (100,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,20.

Chi Square Hitung		Chi Square Tabel
200	<	229,6632

Disimpulkan berarti **HOMOGEN**

B. DATA DAYA SERAP AIR

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	100,000	96	0,370
Likelihood Ratio	80,472	96	0,873
Linear-by-Linear Association	0,548	1	0,459
N of Valid Cases	25		

a. 125 cells (100,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,20.

Chi Square Hitung		Chi Square Tabel
100	<	119,8709

Disimpulkan berarti **HOMOGEN**

C. DATA KETAHANAN AUS

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	75,000	76	0,511
Likelihood Ratio	66,609	76	0,771
Linear-by-Linear Association	3,478	1	0,062
N of Valid Cases	25		

a. 125 cells (100,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is,20.

Chi Square Hitung		Chi Square Tabel
75	<	97,3509

Disimpulkan berarti HOMOGEN



TABEL NILAI KRITIS DISTRIBUSI CHI-SQUARE

df	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
41	52,948512	56,942387	60,560572	64,950071	68,052726
42	54,090202	58,124038	61,776756	66,206236	69,335997
43	55,230192	59,303512	62,990356	67,459348	70,615900
44	56,368541	60,480887	64,201461	68,709513	71,892550
45	57,505305	61,656233	65,410159	69,956832	73,166061
46	58,640537	62,829620	66,616529	71,201400	74,436535
47	59,774289	64,001112	67,820647	72,443307	75,704073
48	60,906607	65,170769	69,022586	73,682639	76,968768
49	62,037537	66,338649	70,222414	74,919474	78,230708
50	63,167121	67,504807	71,420195	76,153891	79,489978
51	64,295400	68,669294	72,615992	77,385962	80,746659
52	65,422413	69,832160	73,809863	78,615756	82,000826
53	66,548197	70,993453	75,001864	79,843338	83,252551
54	67,672786	72,153216	76,192048	81,068772	84,501905
55	68,796214	73,311493	77,380466	82,292117	85,748952
56	69,918513	74,468324	78,567165	83,513430	86,993755
57	71,039713	75,623748	79,752192	84,732766	88,236375
58	72,159844	76,777803	80,935592	85,950176	89,476870
59	73,278932	77,930524	82,117406	87,165711	90,715293
60	74,397006	79,081944	83,297675	88,379419	91,951698
61	75,514089	80,232098	84,476437	89,591344	93,186135
62	76,630208	81,381015	85,653731	90,801532	94,418653
63	77,745385	82,528727	86,829591	92,010024	95,649297
64	78,859642	83,675261	88,004051	93,216860	96,878113
65	79,973003	84,820645	89,177145	94,422079	98,105144
66	81,085486	85,964907	90,348904	95,625719	99,330430
67	82,197113	87,108072	91,519359	96,827816	100,554011
68	83,307902	88,250164	92,688539	98,028403	101,775925
69	84,417873	89,391208	93,856471	99,227515	102,996209
70	85,527043	90,531225	95,023184	100,425184	104,214899
71	86,635429	91,670239	96,188704	101,621441	105,432028
72	87,743048	92,808270	97,353055	102,816314	106,647630
73	88,849916	93,945340	98,516262	104,009834	107,861736
74	89,956048	95,081467	99,678349	105,202028	109,074377
75	91,061460	96,216671	100,839338	106,392923	110,285583
76	92,166166	97,350970	101,999252	107,582545	111,495383
77	93,270180	98,484383	103,158112	108,770919	112,703803
78	94,373516	99,616927	104,315938	109,958069	113,910872
79	95,476186	100,748619	105,472750	111,144019	115,116615
80	96,578204	101,879474	106,628568	112,328793	116,321057

Gambar L-6.1 Tabel Nilai Kritis Distribusi Chi-Square 41-80

TABEL NILAI KRITIS DISTRIBUSI CHI-SQUARE

df	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
81	97,679581	103,009509	107,783410	113,512410	117,524222
82	98,780329	104,138738	108,937294	114,694895	118,726134
83	99,880461	105,267177	110,090238	115,876266	119,926817
84	100,979987	106,394840	111,242259	117,056544	121,126292
85	102,078918	107,521741	112,393374	118,235749	122,324581
86	103,177265	108,647893	113,543598	119,413900	123,521704
87	104,275037	109,773309	114,692947	120,591015	124,717683
88	105,372246	110,898003	115,841436	121,767111	125,912536
89	106,468900	112,021986	116,989080	122,942207	127,106284
90	107,565009	113,145270	118,135893	124,116319	128,298944
91	108,660581	114,267868	119,281889	125,289463	129,490534
92	109,755627	115,389790	120,427081	126,461656	130,681073
93	110,850154	116,511047	121,571483	127,632913	131,870578
94	111,944171	117,631651	122,715107	128,803249	133,059065
95	113,037686	118,751612	123,857967	129,972679	134,246550
96	114,130707	119,870939	125,000073	131,141217	135,433049
97	115,223242	120,989644	126,141437	132,308877	136,618578
98	116,315298	122,107735	127,282072	133,475672	137,803151
99	117,406883	123,225221	128,421989	134,641617	138,986783
100	118,498004	124,342113	129,561197	135,806723	140,169489
101	119,588667	125,458419	130,699709	136,971004	141,351283
102	120,678880	126,574148	131,837533	138,134471	142,532177
103	121,768650	127,689308	132,974681	139,297137	143,712185
104	122,857982	128,803908	134,111163	140,459013	144,891320
105	123,946883	129,917955	135,246987	141,620111	146,069595
106	125,035359	131,031458	136,382163	142,780442	147,247022
107	126,123417	132,144425	137,516701	143,940016	148,423613
108	127,211062	133,256862	138,650610	145,098844	149,599379
109	128,298300	134,368777	139,783897	146,256938	150,774332
110	129,385136	135,480178	140,916573	147,414305	151,948483
111	130,471576	136,591071	142,048644	148,570958	153,121843
112	131,557626	137,701464	143,180120	149,726905	154,294423
113	132,643290	138,811363	144,311008	150,882155	155,466234
114	133,728575	139,920774	145,441316	152,036719	156,637285
115	134,813484	141,029704	146,571052	153,190604	157,807586
116	135,898022	142,138160	147,700223	154,343821	158,977148
117	136,982196	143,246147	148,828836	155,496377	160,145979
118	138,066008	144,353672	149,956899	156,648281	161,314089
119	139,149464	145,460740	151,084419	157,799541	162,481488
120	140,232569	146,567358	152,211403	158,950166	163,648184

Gambar L-6.2 Tabel Nilai Kritis Distribusi Chi-Square 81-120

TABEL NILAI KRITIS DISTRIBUSI CHI-SQUARE

df	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
161	184,382246	191,608404	198,024666	205,660030	210,967682
162	185,453686	192,700066	199,133850	206,789561	212,111051
163	186,524904	193,791445	200,242696	207,918693	213,253978
164	187,595904	194,882542	201,351208	209,047428	214,396467
165	188,666687	195,973362	202,459389	210,175771	215,538522
166	189,737255	197,063906	203,567242	211,303725	216,680147
167	190,807609	198,154177	204,674770	212,431294	217,821345
168	191,877753	199,244177	205,781976	213,558481	218,962121
169	192,947688	200,333909	206,888862	214,685289	220,102479
170	194,017415	201,423375	207,995432	215,811722	221,242421
171	195,086937	202,512577	209,101688	216,937783	222,381952
172	196,156255	203,601519	210,207633	218,063476	223,521075
173	197,225371	204,690201	211,313269	219,188803	224,659795
174	198,294287	205,778627	212,418601	220,313769	225,798113
175	199,363004	206,866798	213,523629	221,438375	226,936035
176	200,431525	207,954717	214,628357	222,562625	228,073562
177	201,499851	209,042386	215,732787	223,686522	229,210699
178	202,567983	210,129807	216,836922	224,810069	230,347449
179	203,635924	211,216982	217,940765	225,933269	231,483815
180	204,703675	212,303913	219,044317	227,056125	232,619801
181	205,771236	213,390602	220,147581	228,178639	233,755409
182	206,838611	214,477052	221,250560	229,300816	234,890642
183	207,905801	215,563263	222,353255	230,422656	236,025505
184	208,972806	216,649239	223,455670	231,544164	237,159999
185	210,039630	217,734981	224,557806	232,665341	238,294128
186	211,106272	218,820491	225,659666	233,786191	239,427894
187	212,172734	219,905770	226,761252	234,906717	240,561302
188	213,239019	220,990822	227,862566	236,026920	241,694352
189	214,305127	222,075646	228,963611	237,146803	242,827050
190	215,371060	223,160247	230,064387	238,266369	243,959396
191	216,436819	224,244624	231,164899	239,385621	245,091394
192	217,502405	225,328780	232,265147	240,504560	246,223047
193	218,567821	226,412716	233,365134	241,623190	247,354357
194	219,633067	227,496435	234,464862	242,741512	248,485328
195	220,698144	228,579938	235,564333	243,859529	249,615961
196	221,763054	229,663226	236,663548	244,977244	250,746259
197	222,827798	230,746302	237,762510	246,094658	251,876225
198	223,892378	231,829167	238,861221	247,211775	253,005862
199	224,956794	232,911822	239,959682	248,328596	254,135171
200	226,021048	233,994269	241,057896	249,445123	255,264155

Gambar L-6.3 Tabel Nilai Kritis Distribusi Chi-Square 161-200

Lampiran 7 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium TBK

Yogyakarta, 24 Juni 2022

Nomor : 178 /Ka.Prodi.TS/TA/20/VI/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 : Muhammad Helmi Hasballah
NIM : 16 511 252
Program studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Jafar, S.T., M.T., MURP.
Judul tugas akhir : Pengaruh Limbah Batu Alam Sebagai Bahan Tambah Pada Pembuatan Paving Block

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

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

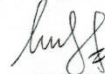
Wassalamu'alaikum wr. wb.

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil



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

Yogyakarta, Juni 2022
Pemohon



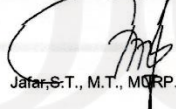
Muhammad Helmi Hasballah
NIM: 16 511 252

Menyetujui
Koordinator Laboratorium




Ir. Bambang Sulistiono,
MSCE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Jafar, S.T., M.T., MURP.

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 Pembuatan sample pada tanggal 22 Juni * sampai tanggal 22 Juli)* dan pengujian sample pada tanggal 22 Agustus sampai dengan 22 September 2022

)* Kepala laboratorium mengisi tanggal pengujian yang disetujui untuk melakukan pengujian.

Lampiran 8 Surat Izin Berkegiatan Dalam Masa Tanggap Darurat Covid-19

Nomor : 179 /Ka.Prodi.TS/TA/20/VI/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:

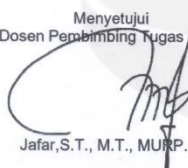
Nama : Muhammad Helmi Hasballah
NIM : 16 511 252
Program studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Jafar, S.T., M.T., MURP.
Judul tugas akhir : Pengaruh Limbah Batu Alam Sebagai Bahan Tambah Pada Pembuatan Paving Block

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

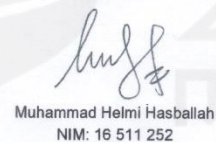
Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Jafar, S.T., M.T., MURP.

Yogyakarta, Juni 2022
Pemohon


Muhammad Helmi Hasballah
NIM: 16 511 252

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil


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



Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Lampiran 9 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium



SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 285/Ka.Lab/60/LBKT/XII/2022

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : MUHAMMAD HELMI HASBALLAH
 N I M : 16511252
 Program Studi : Teknik Sipil
 Dosen Pembimbing TA : Jafar, S.T, M.T. MURP.
 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 LIMBAH BATU ALAM SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK" (THE EFFECTS OF NATURAL STONE WASTE AS A SUBSTANCE MATERIAL ON PAVING BLOCK MANUFACTURING) serta sudah menyelesaikan semua administrasinya).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 6 Desember 2022

Administrasi Laboratorium

Kepala Laboratorium BKT,

Daru Salam, AMd

Daru Salam, AMd



Lampiran 10 Gambar Pengujian Yang Dilakukan**Gambar L-9.1 Proses Pengujian Kuat Tekan****Gambar L-9.2 Paving Block Yang Sudah Dipotong Berukuran 60 x 60x 60 (mm)**



Gambar L-9.3 Paving Block Variasi 0% Setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-9.4 Paving Block Variasi 5% Setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-9.5 Paving Block Variasi 10% Setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-9.6 Paving Block Variasi 15% Setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-9.7 Paving Block Variasi 20% Setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-9.8 Proses Pengujian Daya Serap Air Pada Saat Perendaman



Gambar L-9.9 Pengangkatan *Paving Block* Dari Bak Perendam



Gambar L-9.10 Proses Perhitungan Berat *Paving Block* Pada Kondisi Basah



Gambar L-9.11 Proses Pengeringan *Paving Block* Menggunakan *Oven*



Gambar L-9.12 Proses Perhitungan Berat *Paving Block* Pada Kondisi Kering Setelah di *Oven*



Gambar L-9.13 Proses Pengujian Ketahanan Aus



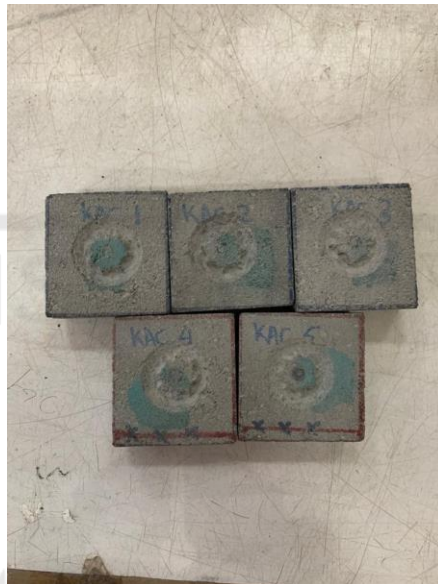
Gambar L-9.14 Paving Block Yang Sudah Dipotong Berukuran 50 x 50x 20 (mm)



Gambar L-9.15 Paving Block Variasi 0% Setelah Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-9.16 Paving Block Variasi 5% Setelah Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-9.17 Paving Block Variasi 10% Setelah Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-9.18 Paving Block Variasi 15% Setelah Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-9.19 Paving Block Variasi 20% Setelah Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L-9.20 Proses Perhitungan Berat Akhir Paving Block Setelah Pengujian Ketahanan Aus