

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN
PADA *PAVING BLOCK***
***(EFFECT OF LIMESTONE ADDITION
AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR CEMENT
ON PAVING BLOCKS)***

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



**Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo
16511199**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA PAVING BLOCK (EFFECT OF LIMESTONE ADDITION AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR CEMENT ON PAVING BLOCKS)

Disusun oleh

Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo

16511199

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

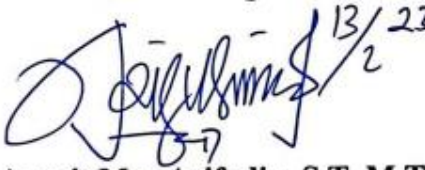
Diuji pada tanggal 10 Februari 2023

Oleh Dewan Penguji




پنجابی I

Pembimbing

 13/2/23


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

Penguji I

 13/2/23

Malik Mushtofa, S.T, M.Eng.
NIK : 185111302

Penguji II


 13/2/23

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



 04/2/23

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

PERYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan bersungguh-sungguh bahwa Proposal Tugas Akhir yang telah saya susun sebagai syarat dalam menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Merupakan hasil kerja saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir saya yang saya kutip berdasarkan hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian pada laporan Tugas Akhir ini yang bukan hasil karya ilmiah saya sendiri atau terdapat plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sangsim, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sedang lakukan sesuai dengan perundang-undang yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Januari 2023

Penulis,



Andi Moh Yusril Mahendra Perttalolo

16511199

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, sehingga Proposal Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Penambahan Batu Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada *Paving Block* ini dapat terselesaikan. Proposal Tugas Akhir ini dilaksanakan untuk melengkapi syarat dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Alhamdulillah dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir, penulis banyak mengalami hambatan dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir, namun berkat saran dan kritik, dan dorongan motivasi dari berbagai pihak. Dengan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Yunalia Munatafi, ST., MT., Ph.D. selaku kepala program studi teknik sipil.
2. Bapak Anggit Mas Arifudin, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing,
3. Orang tua serta saudara penulis yang telah banyak berkorban baik dari segi materi maupun segi spiritual sehingga Proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan,
4. Teman-teman serta sahabat penulis yang selalu memberikan motivasi dan dorongan untuk menyelesaikan Proposal Tugas Akhir,
5. Diri sendiri yang pantang menyerah dan sudah mau berjuang selama hampir 7 tahun melewati masa senang dan pahitnya dunia perkuliaan.

Semoga Allah SWT memberikan kesehatan bagi kita semua serta melimpahkan berkah, rahmat dan karunianya bagi bapak, ibu, kerabat, saudara dan teman-teman yang telah membantu saya tanpa pamrih. Penulis sangat berterimakasih atas kebaikan-kebaikan yang telah diberikan semoga kebaikan yang diberikan dibalas oleh Allah SWT dan berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan membantu bagi diri penulis dan buat kepentingan lainnya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir yang dibuat penulis jauh dari kata-kata sempurna dan disebabkan karena keterbatasan pengetahuan. Maka dari itu penulis mengharapjan saran dan kritik yang dapat membangun Tugas Akhir ini agar menjadi sempurna dan memberikan output bagi ilmu keteknik sipilan khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 23 Januari 2023

Penulis,

Andi Moh Yusril Mahendra Perttalolo

16511199

الجمعة الإسلامية الأندلسية

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERYATAAN 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
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Pengaruh Penggantian Sebagian Bahan Pengikat (<i>Fly Ash</i> dan kapur) Terhadap Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	5
2.1.2 Perbandingan Kuat Tekan dan Serapan Air <i>Paving Block Hydraulic</i> Dengan Variasi Bahan Tambah Batu Kapur	6

2.1.3	Pemanfaatan Abu Dasar dan Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada <i>Paving Block</i> Sesuai Dengan SNI 03-0691-1991	6
2.1.4	Analisis Biaya Produksi Pembuatan <i>Paving Block</i> Dengan Campuran 1% Kapur Sebagai Substitusi Semen dan Limbah Batu Granit Sebagai Substitusi Agregat Halus.	7
2.2	Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI		12
3.1	<i>Paving Block</i>	12
3.1.1	Pengertian <i>Paving Block</i>	12
3.1.2	Syarat <i>Paving Block</i>	13
3.1.3	Klasifikasi <i>Paving Block</i>	14
3.1.4	Bahan Susun <i>Paving Block</i>	14
3.2	Batu Kapur Padam	15
3.3	Agregat Halus	16
3.4	Semen Portland	17
3.5	Air	18
3.6	Pengujian <i>Paving Block</i>	19
3.6.1	Kuat Tekan	19
3.6.2	Ketahanan Aus	20
3.6.3	Daya Serap Air	22
BAB IV METODE PENELITIAN		24
4.1	Umum	24
4.2	Bahan Penelitian	24
4.3	Peralatan Pengujian	26
4.4	Benda Uji	32
4.5	Pelaksanaan Penelitian	33
4.5.1	Persiapan Bahan	33

4.5.3	Pembuatan Benda Uji	38
4.5.4	Perawatan dan Pemotongan Benda Uji	40
4.5.5	Pengujian Benda uji	41
4.6	Tahap Analisis dan Pembahasan	43
4.7	Penarikan Kesimpulan	43
4.8	Bagan Alir Penelitian	43
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		45
5.1	Tinjauan Umum	45
5.2	Hasil Pengujian Bahan	45
5.2.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	45
5.3	Perhitungan Kebutuhan Campuran	49
5.3.1	Kebutuhan Agregat Halus	49
5.3.2	Kebutuhan Semen	49
5.3.3	Kebutuhan Batu Kapur	50
5.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	51
5.5	Hasil Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	55
5.6	Hasil Pengujian Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	59
5.7	Mutu Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		65
6.1	Kesimpulan	65
6.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN		69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian	9
Tabel 3. 1 Persyaratan Mutu <i>Paving Block</i>	13
Tabel 3. 2 Gradasi Agregat Halus	16
Tabel 3. 3 Penamaan Zat Penyusun Bahan Utama Semen Portland	17
Tabel 4. 1 Jumlah Sampel Pengujian	33
Tabel 4. 2 Ukuran Sampel Pengujian	33
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	46
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat	47
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur	48
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200	48
Tabel 5. 5 Komposisi Campuran <i>Paving Block</i>	51
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> varisai 0%	51
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> varisai 5%	51
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> varisai 10%	52
Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> varisai 15%	52
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> varisai 20%	52
Tabel 5. 11 Hasil Penggolongan Mutu Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	53
Tabel 5. 12 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 0%	55
Tabel 5. 13 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 5%	55
Tabel 5. 14 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 10%	56
Tabel 5. 15 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 15%	56
Tabel 5. 16 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 20%	56
Tabel 5. 17 Hasil Penggolongan Mutu Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	57
Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 0%	59
Tabel 5. 19 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 5%	59
Tabel 5. 20 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 10%	60

Tabel 5. 21 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 15%	60
Tabel 5. 22 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 20%	60
Tabel 5. 23 Hasil Penggolongan Mutu Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Dimensi <i>Paving Block</i>	12
Gambar 3. 2 Betuk Macam-Macam <i>Paving Block</i>	14
Gambar 3. 3 Batu Kapur Padam	15
Gambar 3. 4 Batu Kapur Padam Lolos Saringan No.200	15
Gambar 3. 5 Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	19
Gambar 3. 6 Alat Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	20
Gambar 3. 7 Pengujian Ketahan Aus <i>Paving Block</i>	21
Gambar 3. 8 Alat Pengujian Ketahan Aus <i>Paving Block</i>	22
Gambar 4. 1 Pasir Merapi	24
Gambar 4. 2 Semen 3 Roda	25
Gambar 4. 3 Air Bersih	25
Gambar 4. 4 Batu Kapur Padam	26
Gambar 4. 5 Mesin Press	26
Gambar 4. 6 Molen/Mixer	27
Gambar 4. 7 Timbangan	27
Gambar 4. 8 Cetok	28
Gambar 4. 9 Ember	28
Gambar 4. 10 Saringan	29
Gambar 4. 11 Oven	29
Gambar 4. 12 Cetakkan <i>Paving Block</i>	30
Gambar 4. 13 Alat Uji Kuat Tekan	30
Gambar 4. 14 Alat Uji Ketahanan Aus	31
Gambar 4. 15 Papan atau Alas <i>Paving Block</i>	31
Gambar 4. 16 Peralatan Pendukung	32
Gambar 4. 17 Pencampuran Benda Uji	39

Gambar 4. 18 Pencetakkan Benda Uji	40
Gambar 4. 19 Perendaman Benda Uji	40
Gambar 4. 20 Benda Uji Setelah Dipotong	41
Gambar 4. 21 Bagan Alir Penelitian	44
Gambar 5. 1 Grafik analisa saringan agregat halus daerah II	47
Gambar 5. 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving block	54
Gambar 5. 3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus	58
Gambar 5. 4 Hasil Pengujian Daya Serap Air	62
Gambar 5. 5 Hasil Pengujian Pengujian Keseluruhan	64



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule Tugas Akhir	70
Lampiran 2 Gambar Alat Yang Digunakan	71
Lampiran 3 Gambar Bahan Yang Digunakan	76
Lampiran 4 Gambar Pengujian Yang Dilakukan	78
Lampiran 5 Laporan Sementara Pengujian Yang Dilakukan	87
Lampiran 6 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium	97
Lampiran 7 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorim Dalam Masa Tanggap Darurat COVID-19	98
Lampiran 8 Surat Keterangan Bebas tanggungan Laboratorium	99

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

f_c	= Kuat Tekak (<i>paving block</i>)
f_{cr}	= Kuat Desak Rata-rata
A	= Luas Penampang paving block (cm^2)
D	= Ketahanan Aus
G	= Kehilangan Berat/Lama Penghausan (gr/menit)
P	= Beban Tekan (N)
BV	= Berat Volume
A	= Berat paving block Basah (kg)
B	= Berat paving block Kering (kg)
a	= Berat Semen (gr)
L	= Luas Bidang Kuat Tekan (mm^2)
p	= Panjang Benda Uji (<i>paving block</i>)
V	= Volume Air yang Lolos (cm^3)
T	= Waktu yang dibutuhkan untuk meloloskan air (detik)
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i> (Berat Jenis Kering Permukaan)

ABSTRAK

Teknologi konstruksi bata beton salah satunya *paving block* sangat berkembang pesat, bata beton atau *paving block* biasa dijadikan alternatif sebagai bahan perkerasan maupun fasilitas umum. Paving block banyak dibandingkan dengan perkerasan lainnya dalam fungsi perkerasan jalan, peralatan parkir, area pejalan kaki, dan taman. Secara struktural *paving block* memiliki kekuatan yang cukup besar untuk mengubah karakteristik serta meningkatkan kualitas *paving block* salah satunya dengan cara menggunakan bahan pengganti semen. Bahan Pengganti yang digunakan ialah batu kapur yang digunakan berasal dari Daerah Wonosari, Gunung Kidul merupakan bahan campuran sebagai bahan pengganti sebagian semen. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai kuat tekan, daya serap air, dan daya ketahanan aus yang dihasilkan dengan menggunakan batu kapur sebagai bahan pengganti semen sesuai mutu SNI 03-0691-1996.

Pembuatan benda uji pada penelitian ini, dimulai dengan pengukuran dan penimbangan bahan penyusun berupa pasir, semen, batu kapur, dan air. Presentase variasi batu kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen digunakan dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Bahan dicampurkan menggunakan pengaduk/mixer untuk kemudian dicetak menggunakan ukuran cetakan 20 cm x 10 cm x 6 cm. setelah satu hari pencetakan, paving block kemudian direndam dalam air selama 28 hari untuk dilakukan perawatan.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai optimum yang didapatkan dari penggunaan batu kapur sebagai bahan pengganti semen berada pada variasi 5% dengan hasil nilai kuat tekan sebesar 33,97 Mpa, nilai ketahanan aus sebesar 0,22 mm/menit, dan daya serap air terendah sebesar 8,10%.

Kata Kunci: Batu Kapur, Daya Serap Air, Ketahanan Aus, Kuat Tekan, *paving block*.

ABSTRACT

Concrete brick construction technology, which is paving blocks, is very rapidly developing. Concrete bricks or paving blocks are widely used as a pavement material and public facilities alternative. Paving blocks are widely compared to other pavements in the function of pavement, parking equipment, pedestrian areas, and parks. Structurally, paving blocks have sufficient strength to change the characteristics and improve the quality of paving blocks, one of them is by using cement substitutes. the substitute material used is limestone comes from the Wonosari area, Gunung Kidul, a mixture as a partial substitute for cement. This research is intended to determine the value of compressive strength, water absorption, and abrasion resistance produced by using limestone as a substitute for cement according to the quality of SNI 03-0691-1996.

The manufacture of test specimens in this study starts with measuring and weighing constituent materials in the form of sand, cement, limestone, and water. The percentage variation of limestone as a partial substitute for cement was used with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The materials were mixed using a stirrer/mixer and then printed using a mould size of 20 cm x 10 cm x 6 cm. After one day of manufacturing, the paving blocks were soaked in water for 28 days for treatment.

As a result, the optimum value obtained from the use of limestone as a substitute for cement is in the 5% variation with a compressive strength value of 33.97 Mpa, abrasion resistance value of 0.22 mm/min, and the lowest water absorption of 8.10%

Keywords: Limestone, Water Absorption, Abrasion Resistance, Compressive Strength, Paving Block

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pada konstruksi bata beton atau biasa disebut dengan *paving block* sekarang berkembang dengan pesat, dikarenakan batu beton atau *paving block* bisa dijadikan alternatif sebagai pengganti perkerasan aspal dan beton bertulang. Pada teknologi sekarang *paving block* juga dapat difungsikan untuk perkerasan jalan, tempat parkir, area pejalan kaki, taman, dan penggunaan lainnya. Semakin berkembangnya peminat terhadap *paving block* dikarenakan lebih ramah lingkungan dan sangat membantu dalam perkolasi air tanah, pelaksanaan pemasangan yang sangat mudah, dapat diproduksi secara masal, mudah dalam pemeliharaan, tahan terhadap beban, tahan terhadap air hujan, memiliki harga yang sangat terjangkau, dan memiliki bentuk yang beragam.

Batu beton atau biasa *paving block* memiliki komposisi campuran yang terdiri dari semen portland, agregat halus, air dan bahan tambah lainnya. Salah satu bahan yang berperan penting dalam pembuatan *paving block* dan memiliki daya pengikat terhadap bahan campuran lainnya adalah semen portland. Penggunaan semen portland yang cukup banyak dalam penggunaan pembuatan menyebabkan pengeluaran biaya yang cukup banyak sehingga tanpa mengurangi kualitas yang baik, maka bisa menggunakan bahan pengikat terhadap campuran. Batu kapur padam yang berasal dari daerah Wonosari merupakan salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai bahan pengganti sebagai semen. Kesamaan unsur kimia yang terdapat pada kedua bahan memiliki fungsi yang sama yaitu pengikat hidrolis.

Penelitian kali ini yaitu pembuatan batu baton atau biasa disebut *Paving Block* dengan menggunakan batu kapur padam, dimana batu kapur padam digunakan sebagai

bahan campuran pengganti sebagian semen. Pada pengujian pembuatan *paving block* dengan bahan tambah lainnya pernah dilakukan sebelumnya oleh Novangga (2017) dengan memanfaatkan batu kapur sebagai bahan tambah campuran terhadap pembuatan *paving block* dengan menggunakan metode variasi perbandingan 1pc : 4ps, 1pc : 6ps, dan 1pc : 8ps dimana mendapatkan hasil kuat tekan secara berturut-turut 12,222 MPa, 10,694 MPa, dan 9,167 MPa serta daya serap air secara berturut-turut 9,420%, 11,429% dan 12,049%. Dapat disimpulkan bahwa variasi campuran 1pc : 4ps memiliki hasil kuat tekan yang tertinggi dan daya serap air yang terkecil, hal tersebut disebabkan oleh semakin banyak volume agregat halus yang digunakan maka semakin mudah meloloskan air.

Dalam penelitian ini peneliti akan membuat *paving block* menggunakan bahan tambah batu kapur sebagai pengganti sebagian semen, dengan menggunakan variasi penambahan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dan komposisi perbandingan 1pc : 6ps dimana variasi tersebut diharapkan bisa mendapatkan mutu pada nilai kuat tekan, daya serap air, dan ketahanan aus dengan nilai terbaik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *paving block* terhadap pengaruh penggunaan batu kapur sebagai pengganti sebagian semen, dan peneliti berharap dengan penggunaan batu kapur dapat menghasilkan mutu yang lebih baik berdasarkan SNI 03-0691-1996.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh batu kapur padam dengan lolos saringan No.200 pada *paving block*, sebagai pengganti sebagian semen yang di tinjau dari nilai kuat tekannya, ketahanan terhadap aus, dan daya serap air?
2. Bagaimana perbandingan setiap penambahan batu kapur dengan penambahan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%

1.3 Tujuan Penelitian

Dari Penjelasan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penggunaan batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen pada nilai kuat tekannya, ketahanan aus, dan daya serap air *paving block*.
2. Mengetahui nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air pada setiap penambahan batu kapur padam dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan ilmu pengetahuan diantaranya sebagai berikut.

1. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi alternatif serta menjadi wawasan dalam dunia ketekniksipilan.
2. Berkembangnya pengetahuan dalam penggunaan bahan campuran dalam teknologi pembangunan di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Dari penelitian ini ada beberapa batasan agar penelitian ini berjalan dengan baik dan mudah adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini menggunakan pasir merapi yang berasal dari kawasan Gunung Merapi, Sleman, Yogyakarta.
2. Batu kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu kapur padam yang berasal dari daerah Wonosari, Bantul, Yogyakarta.
3. Presentase Penambahan batu kapur sebagai pengganti sebagian semen yaitu 0%, 5%, 10%, dan 20% terhadap nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air pada *paving block*.
4. Perbandingan antara semen dan pasir digunakan komposisi 1pc : 6ps.
5. *Paving Block* yang digunakan berbentuk persegi panjang dengan ukuran 20cm x 10cm dengan tebal 6cm.
6. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa metode meliputi:
 - a. Uji Kuat Tekan

- b. Uji Ketahanan Aus
 - c. Uji Daya Serap Air
7. Pengujian akan dilakukan pada usia *Paving Block* 28 hari.
 8. Pembuatan bahan uji ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanik yang berada di Jl. Kaliurang KM 14,5, Lodaya, Sleman, Yogyakarta.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan penambahan bahan campur terhadap *paving block* atau bisa dijadikan sebagai referensi penunjang dalam melakukan penelitian.

2.1.1 Pengaruh Penggantian Sebagian Bahan Pengikat (*Fly Ash* dan kapur) Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*

Resti (2016) telah melakukan penelitian terhadap *Fly ash* dan kapur sebagai bahan pengikat terhadap kuat tekan *paving block*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengganti sebagian bahan pengikat *Fly Ash* yang dikombinasikan dengan kapur terhadap kuat tekan dan resapan air *paving block*. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan 1pc : 4ps dengan penambahan variasi sebanyak 0%, 6%,12%, 18% dan 24% dari berat semen.

Pembuatan pada pelaksanaan penelitian ini menggunakan bahan tambah *Fly Ash* dan kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan penambahan variasi 0%, 6%,12%, 18% dan 24% dari berat semen yang digunakan. Mendapatkan hasil secara berturut-turut sebesar 198 Kg/m², 223 Kg/m², 207 Kg/m², 241 Kg/m², dan 185 Kg/m², dengan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan *baving block* pada penelitian ini termasuk pada mutu B yang dimana kuat tekan minimum pada mutu B sebesar 170 Kg/m² pada SNI 03-0691-1991. Pada penyerapan air dengan penambahan variasi 0%, 6%,12%, 18% dan 24% mendapatkan hasil sebesar 12,8%, 13,46%, 16,42%, dan 18,42% pada *paving block*.

2.1.2 Perbandingan Kuat Tekan dan Serapan Air *Paving Block Hydraulic* Dengan Variasi Bahan Tambah Batu Kapur

Novangga (2017) telah melakukan penelitian terhadap batu kapur sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan dan serapan air *paving block hydraulic* pada *paving block*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan maksimal dan nilai daya serap air dengan menggunakan metode penelitian bahan tambah batu kapur dengan cetakan 20 cm x 10 cm x 6 cm.

Pembuatan pada pelaksanaan penelitian ini menggunakan campuran perbandingan 1pc : 4ps, 1pc : 6ps, 1pc : 8ps dengan penambahan presentase 10% batu kapur pada setiap variasi benda uji dengan melakukan pemeliharaan pada pagi dan sore hari dengan melakukan penyiraman terhadap benda uji untuk pemeliharaan selama 21 hari. Hasil dari penelitian ini mendapatkan nilai maksimum terjadi pada variasi campuran 1pc : 4ps sebesar 12,222 MPa dengan daya serap air sebesar 9,420% dengan mutu D yang dapat digunakan taman dan penggunaan lainnya.

2.1.3 Pemanfaatan Abu Dasar dan Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada *Paving Block* Sesuai Dengan SNI 03-0691-1991

Anisah (2020) telah melakukan penelitian terhadap abu dasar dan kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen pada *Paving Block*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas produk berdasarkan SNI 03-0691-1991 dengan menggunakan variasi penambahan bahan tambah sebesar 5%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari jumlah semen yang di gunakan pada pembuatan *paving block*.

Pembuatan pada pelaksanaan penelitian ini menggunakan bahan tambah abu dasar dan kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan penambahan variasi 5%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen yang digunakan. Pengujian ini melakukan enam pengujian yaitu kuat tekan, ketahanan aus, ketahanan terhadap natrium sulfat, uji absorpsi air, pengujian daya serap, hasil dari pengujian ini menghasilkan produk yang mempunyai presentase yang berbeda-beda. Presentase 25% dan 30% menunjukkan kualitas B, berbeda dengan presentase 35% menunjukkan

kualitas mutu C dan presentase 40% menunjukkan kualitas mutu D. Sedangkan presentase 45% menunjukkan hasil dibawah mutu berdasarkan SNI 03-0691-1991, nilai optimum pada penelitian ini berada pada presentase 30% dengan hasil rata-rata yang didapatkan 20,66 Mpa pada pengujian kuat tekan dan maksimum sebesar 21,86 Mpa ketahanan aus maksimum 0,086 mm/menit yang didapatkan dari presentase 35% dan 2,25% merupakan jumlah maksimum untuk pengujian daya serap air.

2.1.4 Analisis Biaya Produksi Pembuatan *Paving Block* Dengan Campuran 1% Kapur Sebagai Substitusi Semen dan Limbah Batu Granit Sebagai Substitusi Agregat Halus.

Santi (2020) telah melakukan penelitian terhadap batu granit dan kapur sebagai bahan substitusi semen dan agregat halus pada *paving block*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan, penyerapan air dan komposisi optimum untuk mencari biaya produksi yang ekonomis dengan variasi yang digunakan limbah batu granit dan kapur sebagai campuran *paving block* adalah 0% Normal, 2,5% limbah batu granit + 1% kapur, 5% limbah batu granit + 1% kapur, 7,5% limbah batu granit + 1% kapur dari jumlah semen dan agregat halus yang digunakan dalam pembuatan *paving block*.

Pembuatan pada pelaksanaan penelitian ini menggunakan bahan batu granit dan kapur sebagai bahan substitusi semen dan agregat halus dengan penambahan variasi 0%, 2,5% limbah batu granit + 1% kapur, 5% limbah batu granit + 1% kapur, 7,5% limbah batu granit + 1% kapur dari jumlah semen dan agregat halus yang digunakan. Pengujian ini kuat tekan dilakukan tiga pengujian pada *paving block* berusia 7, 14, dan 28 hari dari pembuatan benda uji, pengujian penyerapan air dilakukan pada usia *Paving Block* 28 hari. Hasil yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan yang berumur 28 hari untuk masing-masing variasi adalah sebagai berikut 21,08 Mpa, 26,92 Mpa, 21,25 Mpa dan 14,75 Mpa dan hasil pengujian serap air masing-masing variasi adalah sebagai berikut 4,56%, 3,84%, 5,18% dan 6,42%. Nilai optimum pengujian pada *Paving Block* menggunakan limbah batu granit dan kapur pada variasi 2,5% limbah batu granit + 1%

kapur dengan nilai kuat tekan 26,92 Mpa dan presentase penyerapan air sebesar 3,84% berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* yang dihasilkan termasuk dalam mutu B yang digunakan sebagai peralatan parkir. Dan biaya produksi yang didapatkan dalam komposisi optimum adalah Rp. 1350/sample *Paving Block*, lebih ekonomis Rp. 150 dari *Paving Block* pada umumnya.

2.2 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan diatas, dapat disimpulkan bahwa perbedaan pada penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan batu kapur padam sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan menggunakan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, sedangkan penelitian Novangga (2017) bahan yang digunakan adalah batu kapur sebagai bahan tambah sebesar 10% sebagai bahan tambah semen.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan batu kapur dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, dari berat semen, sedangkan Santi (2020) menggunakan campuran 1% kapur sebagai substitusi semen dan limbah batu granit sebagai substitusi agregat halus.

Dapat kita ketahui bahwa perbedaan penelitian terdahulu diatas mengenai pengaruh penggunaan batu kapur sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kekuatan *paving block* memiliki perbedaan terhadap penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut

Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian

Peneliti Terdahulu					Peneliti Sekarang
Peneliti	Resti (2016)	Novangga (2017)	Anisah (2020)	Santi (2020)	Andi moh yusril (2021)
Judul	Pengaruh penggantian sebagian bahan pengikat (Fly Ash dan kapur) terhadap kuat tekan Paving Block.	Perbandingan Kuat Tekan dan Serapan Air <i>Paving Block Hydraulic</i> Dengan Variasi Bahan Tambah Batu Kapur.	Pemanfaatan abu dasar dan kapur sebagai pengganti sebagian semen pada Paving Block sesuai dengan SNI 03-0691-1991.	Analisis biaya produksi pembuatan Paving Block dengan campuran 1% kapur sebagai substitusi semen dan limbah batu granit sebagai substitusi agregat halus.	Pengaruh penambahan batu kapur sebagai pengganti sebagian semen pada Paving Block.
Tujuan	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bahan pengikat fly ash yang dikombinasikan dengan kapur terhadap kuat tekan dan daya resap air pada Paving Block.	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan maksimal dan daya serap air dengan menggunakan metode penambahan batu kapur pada Paving Block.	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas berdasarkan SNI 03-0691-1996 menggunakan variasi penambahan batu kapur sebesar 5%, 25%, 30%, 35%, 40% dan 45% dari semen yang digunakan.	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan, daya serap air, dan komposisi optimum untuk mencari nilai produksi yang ekonomis pada pembuatan Paving Block	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai optimum dari kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air dari penggunaan batu kapur dan mengetahui nilai produksi

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian

Penelitian terdahulu					Penelitian sekarang
Peneliti	Resti (2016)	Novangga (2017)	Anisah (2020)	Santi (2020)	Andi moh yusril (2021)
Metode	Menggunakan bahan perbandingan 1pc:4ps dengan variasi fly ash dan kapur yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian sebanyak 0%, 6%, 12%, 18%, dan 24% dari berat semen.	Menggunakan pencetak dengan mesin hydraulic press dengan variasi perbandingan 1pc : 4ps, 1pc : 6ps, 1pc : 8ps dengan penambahan 10% kapur pada setiap benda uji. Pemeliharaan dilakukan penyiraman setiap pagi dan sore selama 21 hari	Menggunakan bottom ash dan kapur dengan dimensi cetakan 21cm x 10,5cm x 8cm dengan menggunakan mesin press hidrolik. Menggunakan perbandingan 1pc : 4ps dengan presentase penambahan bottom ash dan kapur sebesar 5%, 25%, 30%, 35%, 40% dan 45% dari jumlah semen. Dengan jumlah 120 buah Paving Block.	Menggunakan bahan perbandingan 1pc:4ps dengan variasi limbah batu granit dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% sebagai substitusi agregat halus dan variasi 1% kapur sebagai substitusi semen. Pengambilan data dilakukan pada umur Paving Block 7, 14, dan 28 hari dengan benda uji sebanyak 12 buah setiap variasi.	Menggunakan batu kapur padam dengan dimensi cetakan Paving Block 20 cm x 10 cm x 6 cm. menggunakan campuran 1pc : 6ps, presentase penambahan batu kapur 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dengan pemeliharaan umur penelitian 28 hari.

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian

Penelitian terdahulu					Penelitian sekarang
Peneliti	Resti (2016)	Novangga (2017)	Anisah (2020)	Santi (2020)	Andi moh yusril (2021)
Hasil Penelitian	<p>Hasil pengujian kuat tekan variasi 24% sebesar 185 Kg/cm² ini masuk ke dalam mutu B dengan minimal pada mutu B sebesar 170 Kg/m², untuk daya serap air sebesar 12,8% tidak memenuhi standar persyaratan penyerapan air dalam SNI 03-0691-1996 yaitu sebesar 3-10%</p>	<p>Hasil pengujian mendapatkan kuat tekan maksimum pada variasi campuran 1pc:4ps sebesar 12,222 Mpa pada variasi campuran 1pc : 4ps mengalami penurunan sebesar 10,694 Mpa dan campuran 1pc : 8ps sebesar 9,167 Mpa. Hasil daya serap optimum pada variasi 1pc : 4ps sebesar 9,420%, 1ps : 6ps sebesar 11,429% dan 1pc : 8ps sebesar 12,049%. Penelitian ini termasuk dalam mutu D.</p>	<p>Hasil pengujian kuat tekan dengan komposisi 1pc : 4ps dapat mencapai mutu B-D dengan presentase 25% dan 35% mutu B, 35% mutu C, 40% mutu D dan 45% tidak dapat digolongkan dalam mutu. Paving Block optimum di hasilkan pada presentase 30% dengan hasil rata-rata 20,66 Mpa pada uji kuat tekan dan maksimum 21,86 Mpa, ketahanan aus maksimum 0,086 mm/ menit, penyerapan air dari presentase 30% rata-rata 0,744%</p>	<p>Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari mendapatkan nilai optimum Paving Block menggunakan limbah batu granit dan kapur pada variasi 2,5% limbah batu granit + 1% kapur dengan nilai kuat tekan 26,92 Mpa dan penyerapan air sebesar 3,84%. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 termasuk damal mutu B dan biaya produksi optimum sebesar Rp 1350/semple, lebih murah Rp 150.</p>	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

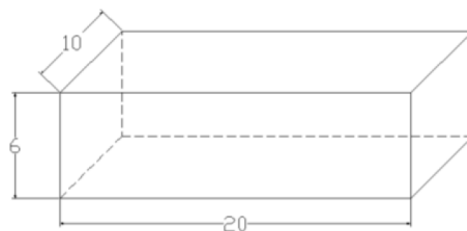
3.1.1 Pengertian *Paving Block*

Bata beton (*paving block*) berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah suatu komposisi bahan yang dibuat dari suatu campuran semen atau bahan perekat lainnya, air dan agregat halus tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari bata beton.

Paving Block sekarang dapat digunakan didalam bangunan dan diluar bangunan dengan memiliki berbagai keunggulan diantara lain yaitu sebagai berikut.

1. Pembuatannya yang begitu mudah dan memberikan peluang pekerjaan bagi masyarakat lain.
2. Cara pemasangan yang mudah dan tidak memerlukan perawatan khusus.
3. Dapat digunakan kembali apabila mengalami pembongkaran dan dapat digunakan kembali dengan menggunakan bahan tambah yang tidak banyak.

Dalam penelitian ini menggunakan *paving block* dengan jenis Holland atau yang yang sering digunakan yaitu berbentuk pergi panjang, berikut dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Dimensi Paving Block
(sumber: Data Pribadi)

3.1.2 Syarat *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 ada hal yang harus diperhatikan dalam memenuhi syarat pembuatan *paving block* yaitu sebagai berikut.

1. Sifat Tampak

Bata beton harus memiliki permukaan yang rata, tidak boleh terdapat retak-tetak dan cacat pada bagian sudut.

2. Ukuran

Bata beton harus memiliki ukuran tebal 60, 80, dan 100 mm dan memiliki panjang sekitar 200-250 mm, dan memiliki lebar sekitar 100-120 mm.

3. Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Bata beton apabila dilakukan pengujian tidak boleh mengalami cacat dan kehilangan berat yang diijinkan sebanyak 1%.

4. Sifat Fisika

Bata beton juga memiliki sifat-sifat fisika seperti pada penjelasan Table 3.1 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Persyaratan Mutu Paving Block

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

(Sumber: SNI-03-0691-1996)

5. Bentuk

Berdasarkan SK SNI T-04-1990-F mengenai bentuk *paving block* yang memiliki berbagai macam bentuk yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3. 2 Betuk Macam-Macam Paving Block
(Sumber: SK SNI T-04-1990-F)

3.1.3 Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* memiliki beberapa klasifikasi mutu beton yaitu sebagai berikut.

1. Bata beton dengan mutu A diperuntukan bagi jalan.
2. Bata beton dengan mutu B diperuntukan bagi peralatan parkir.
3. Bata beton dengan mutu C diperuntukan bagi pejalan kaki.
4. Bata beton dengan mutu D diperuntukan bagi taman dan penggunaan lain.

3.1.4 Bahan Susun *Paving Block*

Bata beton (*paving block*) merupakan bahan bangunan yang memiliki kualitas dan mutu berdasarkan bahan dasar dan bahan tambahannya. Pembuatan *paving block* memiliki bahan utama dalam pembuatannya yang terdiri dari semen, pasir, air, dan rasio tertentu. Adapun pembuatan *paving block* menggunakan bahan tambah atau campuran yang terjadi pada penelitian kali ini adalah menggunakan semen, pasir, air dan bahan tambah berupa batu kapur padam.

3.2 Batu Kapur Padam

Batu kapur terbentuk dari hasil alam yang biasa disebut sebagai batu gamping yang dimana material penyusun batu kapur adalah karbonat (CaCO_3) dalam pembentukan mineral kalsit. Mineral kalsit sulit diklasifikasikan dikarenakan memiliki banyak ciri-ciri fisik yang menyerupai seperti warna, berat jenis, dan sifat fisik lainnya.

Batu kapur padam terbentuk dari batuan sedimen karena memiliki mineral kalsit yang terbentuk dari proses sedimentasi. Adapun batu kapur organik yang terbuat dari karang, cangkang dan pecahan-pecahan sisa organisme.

Untuk mengetahui bentuk dari batu kapur padam yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 dan 3.4 berikut.



Gambar 3. 3 Batu Kapur Padam
(Sumber: Data Pribadi)



Gambar 3. 4 Batu Kapur Padam Lolos Saringan No.200
(Sumber: Data Pribadi)

3.3 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). Berdasarkan standar SK-SNI-S-04-1989-F (spesifikasi bahan bangunan bagian A), syarat agregat halus pada pembuatan bangunan yaitu sebagai berikut.

1. Tidak mengandung bahan organik yang berlebihan.
2. Kandungan lumpur pada agregat tidak boleh melebihi 5% pada berat agregat kering.
3. Ukuran butiran keras harus memiliki kekerasan $\leq 2,2$.
4. Variasi butiran harus sesuai dengan gradasi agregat
5. Agregat halus yang berasal dari gunung merapi harus melewati pemeriksaan sesuai syarat yang telah ada.

Untuk mengetahui gradasi ukuran agregat halus ukuran maksimal dapat diketahui memenuhi syarat yang sudah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3. 2 Gradasi Agregat Halus

No Saringan	Lubang saringan (mm)	Persen agregat yang melewati saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	76-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	85-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-10

(sumber: SNI-03-2834-2000)

3.4 Semen Portland

Semen portland adalah bahan anorganik yang banyak digunakan karena mempunyai sifat kestabilan yang sangat tinggi terhadap pengaruh fisik. Semen merupakan hasil dari perpaduan beberapa bahan material seperti batu kapur yang merupakan bahan yang tercipta dari alam sehingga mengandung senyawa kalsium oksida (CaO), tanah liat/lempung juga tercipta dari alam yang mengandung senyawa silika oksida (SiO_2), mengandung aluminium oksida (Al_2O_3), juga mengandung besi oksida (Fe_2O_3), dan mengandung magnesium (MgO). Pembuatan semen menggabungkan semua campuran yang ada dengan cara di bakar dengan menggunakan suhu sekitar 1400°C sampai semua meleleh, sebagian dari hasil pembakaran akan membentuk clinker yang kemudian akan dihancurkan terlebih dahulu dan ditambahkan dengan gips (*gypsum*). Sehingga komponen tersebut menyatu dan menghasilkan campuran padat yang menghasilkan senyawa trikalsium silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), serta dikalsium silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), juga mengandung trikalsium aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), dan mengandung tetrakalsium aluminoforit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$). Sehingga untuk menunjukkan penamaan dan komposisi pada semen dari bentuk di oksida dapat dilihat pada table berikut ini yaitu Tabel 3.3

Tabel 3. 3 Penamaan Zat Penyusun Bahan Utama Semen Portland

Mineral	Rumus Kimia	Komposisi bentuk oksida	Singkatan
Trikalsium silikat	Ca_3SiO_5	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C_3S
Dikalsium silikat	Ca_2SiO_4	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C_2S
Trikalsium aluminat	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_5$	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Tetrakalsium aluminoforit	$\text{Ca}_4\text{Al}_n\text{Fe}_{2-n}\text{O}_7$	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Semen yang beredar mempunyai beberapa jenis dan kegunaan dalam menangani masalah dalam proses pelaksanaan konstruksi. Berikut ini jenis semen dan kegunaannya berdasarkan SNI-15-2049-2004 yaitu sebagai berikut.

1. Jenis I – Semen yang memiliki kegunaan umum yang tidak mempunyai persyaratan khusus
2. Jenis II – Semen yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
3. Jenis III – Semen yang memerlukan kekuatan yang sangat tinggi pada awal setelah terjadinya proses pengikatan terjadi.
4. Jenis IV – Semen yang memerlukan ketahanan terhadap kadar hidrasi rendah.
5. Jenis V – Semen yang memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap senyawa sulfat.

3.5 Air

Air adalah bahan yang sangat penting dalam pembuatan *paving block*. Air diperlukan untuk melakukan reaksi terhadap semen dan untuk membasahi agregat serta memberikan kelancaran dalam pekerjaan pembuatan *paving block*. Apabila air bercampur dengan semen akan membuat sebuah reaksi kimia yang menghasilkan sebuah pasta semen sehingga dapat menghitung kebutuhan air yang harus di gunakan dalam proses pembuatan *paving block*. Agar air dapat beraksi sebaiknya menggunakan campuran air dari berat semen, tetapi penggunaan air juga tidak baik terlalu sedikit karna dapat menyebabkan campuran beton akan sulit digunakan. Namun penambahan air yang terlalu banyak juga tidak baik karena dapat menyebabkan kekuatan *paving block* akan menjadi lebih rendah.

Berdasarkan SK-SNI-S04-1989-F air yang digunakan dalam pengujian beton mempunyai beberapa syarat yaitu sebagai berikut.

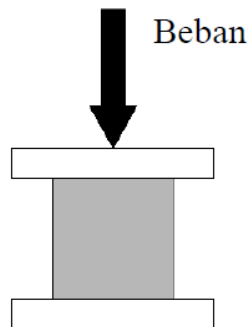
1. Air yang digunakan harus bersih.
2. Tidak mengandung kadar lumpur melebihi 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat melebihi 1 gram/liter.
4. Tidak mengandung benda yang bisa dilihat secara visual.
5. Tidak mengandung asam organik melebihi 15 gram/liter.

3.6 Pengujian *Paving Block*

Proses pembuatan *paving block* memerlukan pengujian dengan mengetahui mutu dari *paving block* dengan berdasarkan SNI-03-0691-1996 dengan melakukan pengujian pada *paving block* pada beberapa pengujian untuk mengetahui kuat tekan, ketahanan aus, dan pengujian daya serap air. Berikut penjelasan dari pengujian ini.

3.6.1 Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan pada *paving block* berdasarkan besar beban yang dapat menerima pada persatuan luas sebuah *paving block* dari gaya tekan yang dihasilkan *paving block* akan hancur oleh mesin kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3. 5 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*
(Sumber: Data Pribadi)

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 untuk memperoleh nilai kuat tekan pada *paving block* dapat kita liat pada persamaan berikut.

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

Dengan:

f_c' = Kuat Tekan Benda Uji (Mpa)

P = Beban Maksimum (N atau KN)

A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

Pengujian kuat tekan pada pengujian ini, dipengaruhi beberapa faktor yaitu sebagai berikut:

1. Perbandingan pasir dengan jumlah semen.
2. Perbandingan semen dengan berat air.
3. Kualitas semen, pasir, dan bahan tambah lainnya.
4. Cara pembuatan *paving block* berdasarkan seberapa besar pematatannya.

Pengujian untuk kuat tekan pada *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



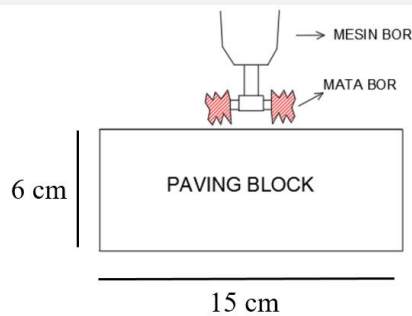
Gambar 3. 6 Alat Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*
(Sumber: Data Pribadi)

3.6.2 Ketahanan Aus

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 kendaraan.

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan gesekan pada permukaan *paving block* secara terus menerus dengan kecepatan tertentu selama kurun waktu 5 menit.

Semakin kecil nilai keausan maka semakin baik juga kualitas dari *paving block* tersebut, begitu pula sebaliknya semakin besar nilai keausannya maka kualitas dari *paving block* semakin buruk. Pengujian ketahan aus pada *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.7 sabagai berikut.



Gambar 3. 7 Pengujian Ketahan Aus *Paving Block*
(Sumber: Data Pribadi)

Untuk memperoleh nilai ketahanan aus pada *paving block* dapat kita liat pada persamaan berikut.

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

Dengan:

D = Keausan (mm/menit)

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

Pengujian untuk ketahan aus terhadap paving block dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut ini



Gambar 3. 8 Alat Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*
(Sumber: Data Pribadi)

3.6.3 Daya Serap Air

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. Untuk mendapatkan hasil berat kering pada *paving block* didapat dari pengovenan 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 kita lihat pada persamaan berikut.

$$DSA = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan:

DSA = Daya serap air (%)

W_b = Berat *paving block* saturasi jenuh/basah (gr)

W_k = Berat *paving block* (gr)

Untuk daya serap air Pada *paving block* rata-rata menggunakan persamaan seperti berikut.

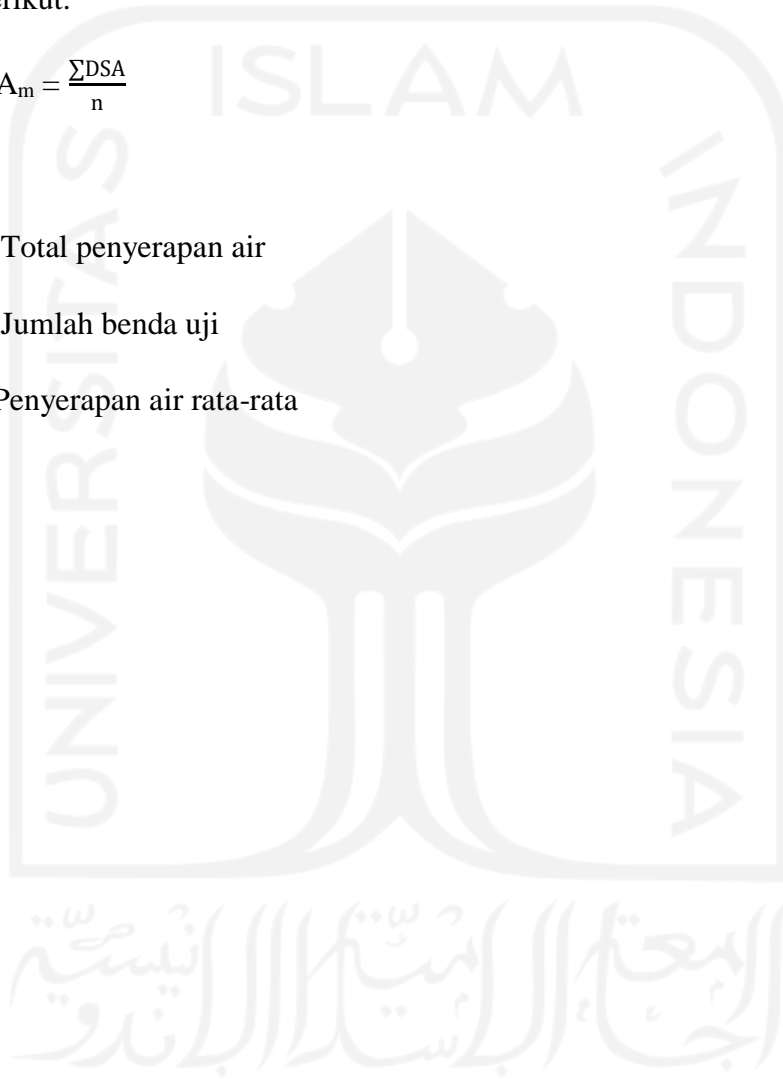
$$DSA_m = \frac{\sum DSA}{n} \quad (3.4)$$

Dengan:

$\sum DSA$ = Total penyerapan air

N = Jumlah benda uji

DSA_m = Penyerapan air rata-rata



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Pada penelitian ini memiliki tahapan untuk mengumpulkan data, mengetahui hasil dari penelitian. Dengan cara mengambil, menganalisis, dan mengidentifikasi yang akan diteliti. Metode ini berfungsi agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan lancar dengan memcapai tujuan yang diinginkan dalam tercapainya sebuah penelitian yang sesuai dengan harapan peneliti dapat tercapai sesuai prosedur peralatan dan benda uji.

4.2 Bahan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan bahan-bahan dasar yaitu sebagai berikut.

1. Agregat halus yang di gunakan dalam penelitian ini adalah pasir merapi yang berasal dari Daerah Gunung Merapi, Kabupaten Sleman, Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 4,1 berikut.



Gambar 4. 1 Pasir Merapi
(Sumber: Data Pribadi)

2. Semen porland yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan semen tiga roda kemasan 40 kg dapat dilihat Gambar 4,2 berikut.



Gambar 4. 2 Semen 3 Roda
(Sumber: Data Pribadi)

3. Air yang di gunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Pusat Inovasi Vulkanik Merapi dapat dilihat Gambar 4,3 berikut.



Gambar 4. 3 Air Bersih
(Sumber: Data Pribadi)

4. Batu kapur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu kapur padam yang berasal dari Daerah Wonosari dapat dilihat Gambar 4,4 berikut.



Gambar 4. 4 Batu Kapur Padam
(Sumber: Data Pribadi)

4.3 Peralatan Pengujian

Pada penelitian ini menggunakan peralatan dalam pembuatan *paving block* yaitu sebagai berikut.

1. Mesin Press

Mesin press berguna untuk membantu mengisi agregat kedalam cetakan agar lebih padat dan vibrator berfungsi untuk menggerakkan butiran campuran pada cetakan sehingga celah yang kosong terisi penuh dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4. 5 Mesin Press
(Sumber: Data Pribadi)

2. Molen/Mixer (Mesin Pengaduk Campuran)

Molen atau mixer ini berfungsi untuk mencampur semua bahan material penyusun pada *paving block*. Molen atau mixer ini mampu menampung campuran pembuatan sekitar 100-120 buah *paving block* dalam sekali proses pembuatan dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6 Molen/Mixer
(Sumber: Data Pribadi)

3. Timbangan

Timbangan yang digunakan memiliki kapasitas 20 kg dengan memiliki ketelitian 1 gram, timbangan berfungsi untuk menimbang bahan utama penyusun *paving block* dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4. 7 Timbangan
(Sumber: Data Pribadi)

4. Cetok

Cetok berfungsi untuk mengambil, mencampur dan memindahkan campuran pembuatan *paving block* dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 Cetok
(Sumber: Data Pribadi)

5. Ember

Ember berfungsi untuk menampung bahan-bahan yang sudah diaduk dengan mixer kemudian masukkan kedalam cetakkan *paving block* dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4. 9 Ember
(Sumber: Data Pribadi)

6. Saringan

Saringan berfungsi untuk memisahkan material agregat halus berdasarkan gradasinya dan menggunakan berbagai macam saringan dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4. 10 Saringan
(Sumber: Data Pribadi)

7. Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan air yang berada pada benda uji, pengujian daya serap air dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4. 11 Oven
(Sumber: Data Pribadi)

8. Cetakkan *Paving Block*

Cetakkan *paving block* yang digunakan berbentuk persegi panjang dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4. 12 Cetakkan *Paving Block*
(Sumber: Data Pribadi)

9. Alat Uji Kuat Tekan

Alat yang digunakan dalam pengujian ini memiliki kapasitas tekan 3000 kN dengan menggunakan sistem hidrolis dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4. 13 Alat Uji Kuat Tekan
(Sumber: Data Pribadi)

10. Alat Uji Ketahanan Aus

Alat pengujian Ketahanan aus ini dilakukan untuk mendapatkan nilai keausan pada *paving block*. Dengan menggunakan mesin *Concrete Abrasion Resistance Test* model BDM16 seperti dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4. 14 Alat Uji Ketahanan Aus
(Sumber: Data Pribadi)

11. Papan atau Alas *Paving Block*

Papan berfungsi sebagai alas dari *paving block* saat dilakukan pembuatan, papan tersebut dilapisi oleh plastik untuk memudahkan saat pelepasan *paving block* dari cetakan seperti dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4. 15 Papan atau Alas *Paving Block*
(Sumber: Data Pribadi)

12. Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung yang digunakan berupa pen, kuas, bak perendam dan lain-lain seperti dilihat pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4. 16 Peralatan Pendukung
(Sumber: Data Pribadi)

4.4 Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji berupa *paving block* yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm untuk pengujian kuat tekan. Benda uji untuk pengujian ketahanan aus dilakukan pemotongan dengan ukuran 15 cm x 10 cm x 6 cm sedangkan untuk pengujian daya serap air berbentuk persegi panjang dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Campuran yang dilakukan pada pengujian ini menggunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1pc : 6ps dengan menggunakan bahan tambah batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen. Digunakan 5 variasi presentase pengganti semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari keseluruhan berat semen. Pelaksanaan pemeliharaan pada *paving block* dilakukan selama 28 hari dengan melakukan perendaman pada setiap benda uji sampai umur *paving block* memenuhi syarat.

Pada penelitian ini masing-masing pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air dilakukan dengan 5 buah sampel dimana benda uji yang dibutuhkan dalam

penelitian ini berjumlah 75 buah sampel. Jumlah pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.1 sampel pengujian dan 4.2 ukuran sampel dibawah ini.

Tabel 4. 1 Jumlah Sampel Pengujian

variasi	Komposisi		Presentase Batu kapur (%)	Jumlah sampel		
	Semen	pasir		Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Daya Serap Air
I	1	6	0	5	5	5
II	1	6	5	5	5	5
III	1	6	10	5	5	5
IV	1	6	15	5	5	5
V	1	6	20	5	5	5

Tabel 4. 2 Ukuran Sampel Pengujian

Sampel	Jenis Pengujian		
	Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Daya Serap air
Bentuk	Betuk Asli	Balok	Betuk Asli
Dimensi (cm)	20 x 10 x 6	15 x 10 x 6	20 x 10 x 6

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Persiapan pengujian sampai dengan pengujian *paving block* dilakukan di Labotratoium Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. Adapun beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.5.1 Persiapan Bahan

Tahapan ini dilakukan dengan menyiapkan bahan-bahan penyusun, pertama menyiapkan agregat halus atau pasir yang lolos saringan no 4 atau saringan yang berdiameter 4,75 mm. Persiapan benda ini diperlukan untuk mengetahui apakah benda yang digunakan sudah memenuhi standar dalam pengujian. Jika pada persiapan bahan ini tidak mendapatkan bahan yang sesuai dengan persyaratan, maka dilakukan dengan melakukan penggantian material.

4.5.2 Pengujian Bahan

Tahap pada pengujian bahan dalam penelitian ini memiliki peran penting untuk mengetahui karakter dari bahan yang digunakan pada pembuatan *paving block* dengan menggunakan batu kapur padam yang telah lolos saringan No.200. Dalam pengujian ini yang diteliti yaitu agregat halus, air, semen dan batu kapur padam berikut ini adalah peralatan yang digunakan dalam penelitian dan langkah-langkah pada pengujian ini sebagai berikut.

1. Pasir

A. Modulus Halus Butir Agregat (MHB)

Pemeriksaan pada pasir ada berbagai tipe pemeriksaan agar pasir yang digunakan dapat memenuhi syarat pada pengujian untuk mengetahui pembagian gradasi dengan menggunakan saringan dan modulus halus butir (MHB). Berikut langkah-langkah dan peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

a. Peralatan yang Digunakan

- 1) Timbangan berkapasitas 2500 gram atau melebihi dengan ketelitian timbangan 0.1% dari berat pasir.
- 2) Satu set saringan dengan ukuran 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, penutup saringan dan pen.
- 3) Mesin penggetar saringan.
- 4) Oven yang mempunyai pengatur waktu dan suhu untuk memanasi benda yang diuji dengan suhu mencapai $100\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 5) Pen, kuas, sikat kawat, kain lap dan lain sebagainya.

b. Cara Pengujian

- 1) Pasir dimasukan ke dalam oven untuk dikeringkan di dalam oven yang mencapai suhu $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai pasir memiliki berat tetap.
- 2) Benda uji dikeluarkan setelah 24 jam, kemudian didinginkan terlebih dahulu dengan suhu ruangan selama 1-3 jam dan dilakukan

penimbangan dengan menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

- 3) Susun saringan berdasarkan urutannya dari yang paling atas diletakan saringan ukuran 4,8 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm dan pen, lalu agregat halus dimasukkan kedalam saringan untuk diayak dengan menggunakan mesin penggetar saringan selama kurang lebih 10 menit.
- 4) Benda uji yang telah diayak dikeluarkan dari masing-masing ukuran saringan dan dimasukkan kedalam pen untuk ditimbang kemudian dicatat berat yang tertinggal pada masing-masing saringan. Dalam melakukan pembersian agar tidak ada agregat yang tertinggal menggunakan sikat kawat untuk ukuran saringan yang besar dan kuas untuk ukuran saringan yang lebih halus.
- 5) Gradasi agregat halus yang didapatkan dari pengujian ini kemudian menghitung kumulatif presentase yang lolos pada setiap saringan. Nilai modulus yang didapatkan dihitung dengan menjumlahkan presentase kumulatif tertinggal dan dibagi dengan seratus.

c. Pengujian

Berikut ini terlampir rumus yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat sebagai berikut.

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

B. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Pengujian berat volume padat dan gembur ini bertujuan untuk mengetahui berat volume padat dan volume gembur dari pasir yang digunakan dalam pengujian untuk mencari kebutuhan pasir yang sesuai dengan perbandingan yang ditentukan. Berikut langkah-langkah dan peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

a. Peralatan yang Digunakan

- 1) Timbangan berkapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian timbangan 0.1% dari berat benda yang diuji.
- 2) Tabung silinder berkapasitas kurang lebih 5 liter.
- 3) Tongkat penumbuk dengan diameter 16 mm dan memiliki panjang 600 mm
- 4) Oven yang mempunyai pengatur waktu dan suhu untuk memanasi benda yang diuji dengan suhu mencapai $100\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 5) Pen, cetok, ember dan lain-lain.

b. Cara Pengujian

- 1) Pasir yang dikeringkan didalam oven dengan suhu sampai $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai pasir memiliki berat tetap.
- 2) Benda uji dikeluarkan setelah 24 jam, kemudian didinginkan terlebih dahulu dengan suhu ruangan selama 1-3 jam dan dilakukan penimbangan dengan menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- 3) Berat dan dimensi volume tabung ditimbang dan diukur terlebih dahulu untuk mendapatkan volume tabung silinder tersebut.
- 4) Tabung silinder harus berada ditempat yang datar untuk melakukan pengujian berat volume padat, memasukkan benda uji 1/3 bagian dan dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali sampai merata lalu ulangi sampai tabung silinder penuh kemudian ratakan permukaannya. Pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan sampai tabung silinder penuh tanpa dilakukan penumbukan kemudian ratakan bagian atas silinder.
- 5) Menimbang berat hasil tabung silinder benda uji volume padat dan gembur lalu mencatat hasil dari pengujian.

C. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur ini bertujuan untuk mengetahui presentase dari kandungan lumpur pada agregat halus. Agregat halus yang digunakan tidak boleh memiliki kandungan lumpur sebesar 5%. Lumpur merupakan agregat yang lolos saringan no.200, ketika kadar lumpur mempunyai kandungan lumpur sebesar 5% maka agregat halus dilakukan pencucian ulang. Berikut langkah-langkah dan peralatan yang digunakan pada pengujian ini sebagai berikut.

a. Peralatan yang Digunakan

- 1) Timbangan berkapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian timbangan 0.1% dari berat benda yang diuji.
- 2) Saringan no.200.
- 3) Ember buat menampung air atau saluran air.
- 4) Sedok.pen.kuas.dan kain lap
- 5) Oven yang mempunyai pengatur waktu dan suhu untuk memanasi benda yang diuji dengan suhu mencapai $100\pm 5^{\circ}\text{C}$.

b. Cara Pengujian

- 1) Pasir dikeringkan didalam oven dengan suhu mencapai $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam dan menimbang beratnya.
- 2) Benda uji dimasukkan kedalam pen no.200, kemudian dilakukan pencucian terhadap benda uji yang dialiri air sampai semua lumpur pada benda uji hilang atau sampai air hasil pengujian menjadi jernih.
- 3) Benda uji yang telah dicuci dan tertinggal pada saringan no.200, kemudian dipindahkan kedalam pan untuk dimasukkan kedalam oven untuk pengeringan dengan suhu $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- 4) Benda uji yang sudah dikeringkan selama 24 jam kemudian ditimbang dengan timbangan yang mempunyai ketelitian 0.1 gram dan dicatat.

c. Perhitungan

Berikut ini terlampir rumus yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Berat lolos saringan no. 200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.2)$$

Keterangan:

W1 = Berat pasir kering oven (gram)

W2 = Berat pasir kering setelah dicuci (gram)

2. Semen

Pemeriksaan semen dilakukan dengan cara semen berada dalam keadaan terbungkus dengan rapat dan tidak terdapat gumpalan pada semen saat digunakan. Semen yang digunakan adalah semen tipe 1 dengan berat bersih sebesar 40 kg.

3. Air

Pemeriksaan air dilakukan secara visual dengan cara menggunakan air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan kandungan garam.

4. Batu Kapur Padam

Pemeriksaan batu kapur dilakukan dengan memeriksa batu kapur dengan menggunakan saringan no 200.

4.5.3 Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji semua bahan-bahan yang digunakan dihitung terlebih dahulu dan ditimbang sesuai dengan kebutuhan yang digunakan dari masing-masing komposisi yang digunakan yaitu, agregat halus atau pasir, semen Portland, air dan batu kapur padam. Pengujian ini menggunakan perbandingan semen dan pasir 1 pc : 6 ps dengan variasi pengganti batu kapur sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat sebagian semen yang digunakan. Setelah semua sudah melalui proses penimbangan kemudian semen, pasir dan batu kapur dicampur dalam keadaan kering kemudian diaduk sedangkan air dicampurkan secara bertahap agar tidak terjadi

penggumpal dan dilakukan pengadukan selama 15 menit seperti dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4. 17 Pencampuran Benda Uji
(Sumber: Data Pribadi)

Proses selanjutnya bahan campuran dimasukkan kedalam cetakan *paving block* dalam proses mencetak benda uji menggunakan mesin press yang digunakan dalam pembuatan *paving block*. Mesin press hidrolis dilengkapi dengan vibrator sehingga membantu pengisian agregat lebih merata dan bercampur satu sama lain.

Pada saat melakukan pencetakan juga mempunyai langkah-langkah untuk membuat *paving block* adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan kayu multiplek diatas meja cetakan.
2. Campuran yang sudah diaduk, dimasukkan kedalam cetakan *paving block*.
3. Mesin vibrator dinyalakan sekitar ± 10 detik
4. Tuas mesin press ditekan untuk menurunkan sampel, dan dilakukan pemadatan secara bersamaan.
5. Ketika melepaskan bagian cetakan dari mesin press dilakukan dengan menekan tuas dapat lihat pada Gambar 4.18 berikut ini.



Gambar 4. 18 Pencetakan Benda Uji
(Sumber: Data Pribadi)

4.5.4 Perawatan dan Pemotongan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan setelah pembuatan benda uji berumur 1 hari, dikarenakan benda uji yang berusia 1 hari sudah cukup keras. Perawatan dilakukan dengan melakukan perendaman benda uji selama 28 hari. Pada kebutuhan pengujian kuat tekan awalnya berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm sedangkan pengujian ketahanan aus berukuran 15 cm x 10 cm x 6 cm kemudian dilakukan dan pengujian daya serap air berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm sama seperti pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Perendaman Benda Uji
(Sumber: Data Pribadi)



Gambar 4. 20 Benda Uji Setelah Dipotong
(Sumber: Data Pribadi)

4.5.5 Pengujian Benda uji

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari *paving block* yang sudah berumur 28 hari dari awal pembuatan benda uji. Pengujian pada *paving block* yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan kuat tekan pada *paving block*. Pengujian ini memiliki langkah-langkah pengujian yang berdasarkan SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

- a. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel.
- b. Mengukur dimensi dari benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
- c. Menimbang benda uji menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- d. Benda uji dimasukkan kedalam alat uji dan berada tepat ditengah dan harus simetris.
- e. Mesin dinyalakan untuk memberikan beban yang semakin lama semakin meningkat.
- f. Pembebanan pada benda uji dilakukan sampai benda uji mengalami kehancuran dan melakukan pencatatan pada beban maksimum pada saat pengujian.

2. Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus dilakukan untuk mengetahui besarnya kemampuan pada *paving block* terhadap gesekan dengan benda lainnya. Pengujian ini memiliki langkah-langkah pengujian yang berdasarkan SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

- a. Benda uji dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel.
- b. Memotong benda uji terlebih dahulu.
- c. Menimbang benda uji menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- d. Mengukur dimensi dari benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.
- e. Benda uji dimasukkan kedalam alat uji dan berada tepat ditengah dan harus simetris.
- f. Mesin dinyalakan untuk memberikan gesekan terhadap benda uji selama 5 menit.
- g. Benda uji dikeluarkan dari alat uji dan dibersihkan kemudian dilakukan penimbangan kembali menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

3. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui ketahanan pada permukaan *paving block* daya serap air terhadap pori pada agregat. Pengujian ini memiliki langkah-langkah pengujian yang berdasarkan SNI 03-0691-1996 sebagai berikut.

- a. Melakukan perendaman benda uji dalam bak air hingga jenuh selama 24 jam.
- b. Menimbang benda uji menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dalam keadaan basah
- c. Benda uji dimasukkan kedalam oven untuk dikeringkan selama 24 jam.
- d. Menimbang kembali benda uji dalam keadaan kering oven.

4.6 Tahap Analisis dan Pembahasan

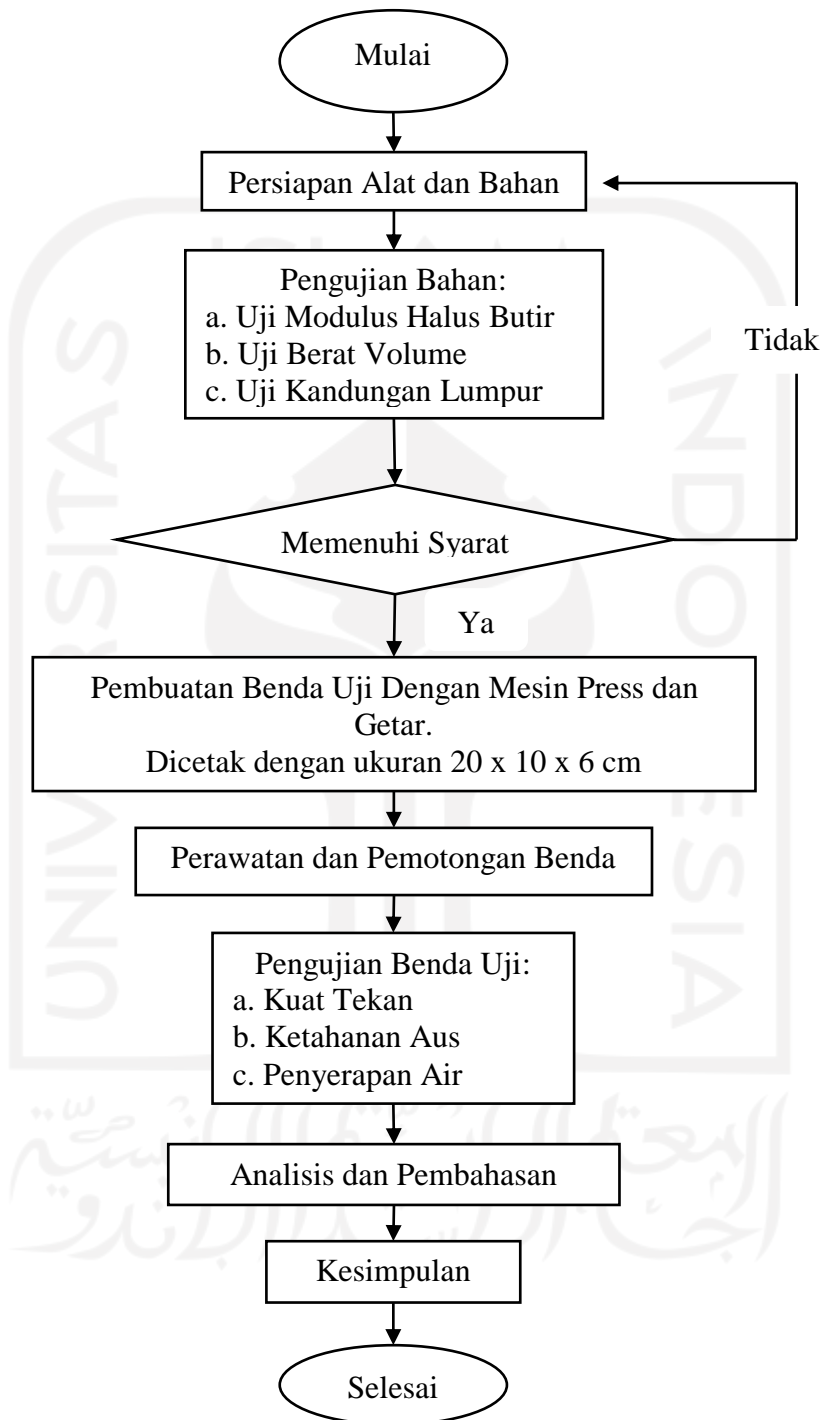
Tahap yang dilakukan setelah proses pengujian selesai dan mendapatkan hasil pada pengujian. Peneliti melakukan pengolahan data-data yang telah diperoleh guna mengetahui hasil kinerja serta pengaruh batu kapur padam sebagai bahan pengganti sebaiaian semen pada *paving block* dari segi pengujian kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air pada *paving block*.

4.7 Penarikan Kesimpulan

Tahap yang dilakukan setelah melakukan semua pengujian peneliti dapat menyimpulkan berdasarkan data analisis dan pembahasan yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dapat diambil dalam kinerja kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air setelah dilakukan penggantian sebagian semen menggunakan batu kapur pada campuran *paving block*.

4.8 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan apa yang sudah dilakukan pada pekerjaan diatas dapat dijadikan bagan alir (*flow chart*). *Flow chart* merupakan bagian dalam pelaksanaan peneliti dalam pembuatan *paving block* dengan bahan batu kapur sebagai pengganti sebagian semen pada campuran *paving block*. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.21 dibawah ini.



Gambar 4. 21 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Hasil dan pembahasan menjelaskan tentang pengujian yang sudah dilakukan dan menggunakan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya oleh penguji dan data yang didapatkan perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil yang sudah diinginkan sebelum melakukan pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk perencanaan *paving block* yang berupa pengujian kuat tekan, pengujian daya serap air dan pengujian ketahanan aus.

5.2 Hasil Pengujian Bahan

Pada pemeriksaan bahan uji untuk mengetahui penyusutan pada bahan *paving block* yang akan dilakukan pada laboratorium bahan konstruksi teknik, data yang didapatkan meliputi hasil pengujian analisa saringan pada agregat, pengujian berat volume padat dan gembur pada pasir, pengujian lolos saringan No.200 yang dimana pengujian ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyusutan bahan penyusun untuk melakukan pembuatan *paving block* yang digunakan perlu dilakukan pemeriksaan agar mendapatkan hasil yang sudah direncanakan sebelumnya.

5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Penelitian kali ini menggunakan pasir alam yang dapat kita temui di merapi atau biasa disebut dengan pasir merapi. Pengujian ini dilakukan pada agregat halus yang meliputi pengujian saringan, pengujian lolos saringan No.200, dan pengujian berat volume padat atau gembur.

1. Pengujian analisa saringan agregat halus

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui dan mendapatkan nilai modulus halus butir (MHB) dengan menggunakan metode dan sesuai standar SNI-03-1968-1990. Hasil analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

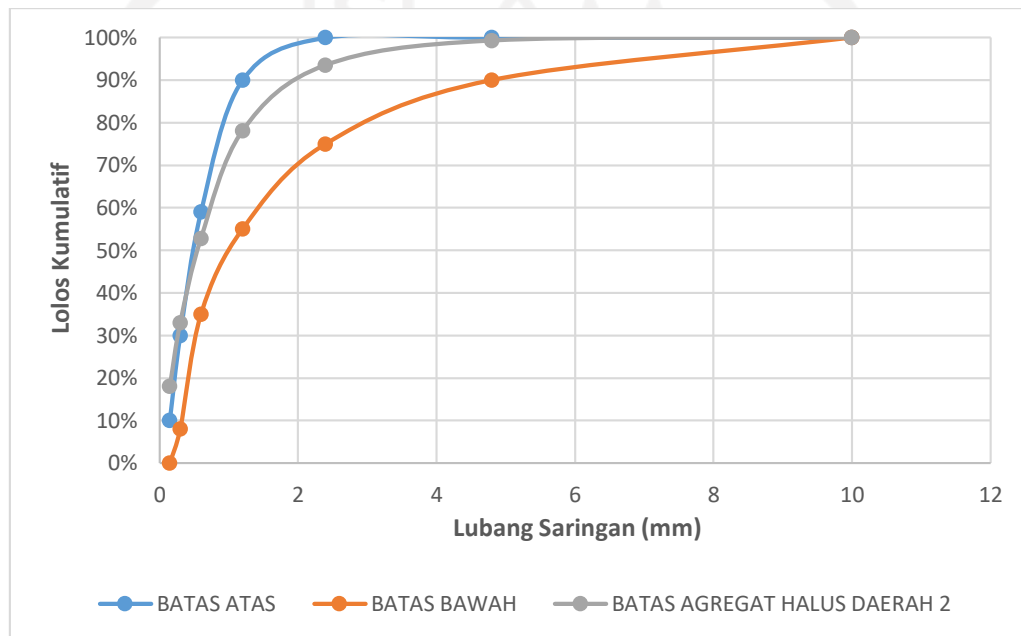
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00	0,00	100,00
20,00	0	0,00	0,00	100,00
10,00	0	0,00	0,00	100,00
4,80	14	0,70	0,70	99,30
2,40	115,5	5,77	6,47	93,53
1,20	308,5	15,42	21,89	78,11
0,60	505,5	25,26	47,15	52,85
0,30	397,5	19,87	67,02	32,98
0,15	298,5	14,92	81,93	18,07
Sisa	361,5	18,07	100,00	0,00
Total	2001	100,00	325,16	

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui nilai MHB dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} & (5.1) \\
 &= \frac{325,16}{100} \\
 &= 3,25
 \end{aligned}$$

Menurut pembahasan Tjokrodinuljo (2007) modulus halus butir (MHB) agregat halus pada umumnya memiliki nilai 1,5-3,8. Penelitian yang dilakukan pada pengujian ini mendapatkan hasil sebesar 3,25 yang mana hasil tersebut memenuhi syarat. Hasil dari pengujian modulus halus butir (MHB) juga dapat

mengetahui gradasi agregat halus. Pada Tabel 5.1 gradasi agregat halus sudah memenuhi syarat dan masuk dalam golongan gradasi daerah II. Berikut ini dapat dilihat hasil grafik antara persen lolos kumulatif dengan agregat lolos saringan gradasi daerah II pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 1 Grafik analisa saringan agregat halus daerah II
(Sumber: Data Pribadi)

2. Pengeujian berat volume padat dan gembur agregat halus

Hasil pengujian berat volume padat dan gembur dapat dilihat pada tabel sebagai berikut Table 5.2 Dan Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	5913	5913	5913
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	14984	14632	14808
Berat Agregat (W3), gram	9071	8719	8895
Volume Tabung (V)	5206.894	5206.894	5206.894
Berat Volume Padat = $W3/V$, gram/cm ³	1,74	1,67	1,71

Berdasarkan Tabel 5.2 diatas berat volume padat agregat halus mendapatkan nilai rata-rata sebesar 1,71 gram/cm³.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1), gram	5913	5913	5913
Berat Tabung + Agregat SSD (W2), gram	13627	13593	13610
Berat Agregat (W3), gram	7714	7680	7697
Volume Tabung (V)	5206.894	5206.894	5206.894
Berat Volume Padat = W3/V, gram/cm ³	1,48	1,47	1,48

Berdasarkan Tabel 5.3 diatas berat volume gembur agregat halus mendapatkan nilai rata-rata sebesar 1,48 gram/cm³.

3. Pengujian lolos saringan No.200 (pengujian kadar lumpur)

Pengujian ini merupakan acuan untuk mendapatkan hasil presentase kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir dalam pengujian ini sebagai syarat mutu berdasarkan SNI 03-4142-1996. Hasil pengujian lolos saringan No.200 dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah di Cuci (W2), gram	489	487	488
Berat Yang Lolos Ayakan No.200	2,20%	2,60%	2,40%

Berdasarkan Tabel 5.4 pasir Alam merapi yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan lumpur rata-rata sebesar 2,4%. Berdasarkan persyaratan beton Indonesia (PBI 1982) kandungan lumpur pada pasir harus dibawa 5%. Pasir alam merapi pada pengujian ini memiliki kadar lumpur dibawah syarat yang sudah ditentukan.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran

Benda uji *paving block* batu kapur dibuat menggunakan variasi substitusi semen 0%,5%,10%,15% dan 20% dari bahan material yang akan digunakan pada bahan campuran harus diperhitungkan dan ditimbang sesuai pada kebutuhan setiap pembuatan benda uji berikut perhitungan benda uji sebagai berikut.

$$\text{Berat volume padat pasir} = 1,710 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{MHB pasir} = 3,25$$

$$\text{Kadar lumpur pasir} = 2,40\%$$

Benda uji *paving block* pada penelitian ini menggunakan perbandingan campuran 1pc:6ps, sedangkan penggunaan kebutuhan batu kapur menggunakan perbandingan terhadap semen, perhitungan dapat dilihat pada perhitungan bahan sebagai berikut.

$$\text{Volume 1 benda uji (paving block)} = 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} = 1200 \text{ cm}^3$$

$$\text{Faktor pencampuran} = 1,3 \times 1200 = 1560 \text{ cm}^3$$

5.3.1 Kebutuhan Agregat Halus

Kebutuhan agregat halus pada pembuatan 1 buah *paving block* batu kapur dapat dilihat pada perhitungan dibawah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= \frac{6}{7} \times \text{Volume faktor pencampuran} \times \text{Berat Volume padat pasir} \\ &= \frac{6}{7} \times 1560 \text{ cm}^3 \times 1,710 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 2284,26 \text{ gr} \end{aligned}$$

Kebutuhan agregat halus pada pembuatan 15 buah *paving block* batu kapur dapat dilihat pada perhitungan dibawah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &= 15 \times 2284,26 \text{ gr} \\ &= 34263,90 \text{ gr} \end{aligned}$$

5.3.2 Kebutuhan Semen

Kebutuhan semen pada pembuatan 1 buah *paving block* batu kapur dapat dilihat pada perhitungan dibawah sebagai berikut.

$$= \frac{1}{6} \times \text{kebutuhan agregat halus pada 1 buah paving block}$$

$$= \frac{1}{6} \times 2284.26 \text{ gr}$$

$$= 380,71 \text{ gr}$$

Kebutuhan semen pada pembuatan 15 buah *paving block* batu kapur dapat dilihat pada perhitungan dibawah sebagai berikut.

$$= 15 \times 380,71 \text{ gr}$$

$$= 5710,65 \text{ gr}$$

5.3.3 Kebutuhan Batu Kapur

Kebutuhan batu kapur pada pembuatan 1 buah *paving block* batu kapur dapat dilihat pada perhitungan dibawah sebagai berikut.

Untuk:	5%	$= \frac{5}{100} \times 5710,65$	$= 285,5325$	gr
	10%	$= \frac{10}{100} \times 5710,65$	$= 571,065$	gr
	15%	$= \frac{15}{100} \times 5710,65$	$= 856,5975$	gr
	20%	$= \frac{20}{100} \times 5710,65$	$= 1142,13$	gr

Kebutuhan pada semen dan batu kapur yang digunakan pada substitusi semen yaitu dengan cara mengurangi sebagian dari jumlah semen setiap variasi dibawah dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut ini.

Contoh pengurangan kebutuhan semen mengambil pada contoh variasi 5%.

$$= \text{Kebutuhan semen} - \text{Kebutuhan batu kapur}$$

$$= 5710,65 \text{ gr} - 285,533 \text{ gr}$$

$$= 5425,12 \text{ gr}$$

Komposisi campuran *paving block* pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5. 5 Komposisi Campuran Paving Block

Variasi (%)	Pasir (gr)	Semen (gr)	Batu Kapur (gr)	Jumlah Benda Uji
0	34263,90	5710,65	0	15
5	34263,90	5425,12	285,533	15
10	34263,90	5139,59	571,065	15
15	34263,90	4854,06	856,560	15
20	34263,90	4568,52	6442,910	15

5.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan yang dilakukan pada penelitian ini ketika *paving block* sudah berumur 28 hari dan sudah memenuhi syarat kuat tekan maksimalnya dengan setiap variasi masing-masing menggunakan 5 buah *paving block* setiap variasi. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel.5.8, Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* varisai 0%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
M01	190,1	89,6	61,6	486,4	28,55
M02	190,8	89,9	60,7	521,3	30,40
M03	190,5	89,5	60,2	503,3	29,52
M04	190,7	89,5	61,6	464,6	27,22
M05	190,5	90	60,4	438,6	25,59
Rata-Rata					28,25

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* varisai 5%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
M11	190,6	89,8	59,7	637,1	37,22
M12	190,7	89,3	60,5	543,9	31,94
M13	191	90	61,6	594,8	34,60
M14	190,5	89,7	59,8	647,9	37,91
M15	191,3	89,7	61,5	483,9	28,20
Rata-Rata					33,97

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* varisai 10%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
M21	191,9	89,5	61,8	408	23,75
M22	190,6	89,7	60,7	433,6	25,36
M23	190,1	89,7	58,9	496,4	29,11
M24	190,3	89,35	62,7	458,4	26,96
M25	190,2	90,1	58,9	488,9	28,52
Rata-Rata					26,74

Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* varisai 15%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
M31	190,2	89,5	58,5	419,7	24,65
M32	190,3	89,3	60,5	419,2	24,66
M33	190,2	89,6	59,7	638,3	37,45
M34	190,8	89,7	62,45	467,3	27,30
M35	190,5	89,5	61	419,5	24,60
Rata-Rata					27,73

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* varisai 20%

Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
M41	190,6	89,9	61,3	575	33,55
M42	190,8	89,4	61,3	504,7	29,58
M43	191,3	89,8	61,2	541	31,50
M44	190,9	89,4	63,95	510,8	29,93
M45	190,8	90,2	63	424,8	24,68
Rata-Rata					29,85

Analisis Perhitungan kuat tekan dapat dilihat pada contoh perhitungan kuat tekan dibawah ini.

Contoh perhitungan kuat tekan menggunakan contoh sampel M11

Panjang *paving block* = 190,6 mm

Lebar *paving block* = 89,8 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Luas paving block (A)} &= p \times l \\
 &= 190,6 \times 89,8 \\
 &= 17115,88 \text{ mm}^2 \\
 \text{Beban Maksimal (P)} &= 637,1 \text{ N} \\
 \text{Kuat Tekan (fc)} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{637.100}{17.115,88} \\
 &= 37,220 \text{ N/mm}^2 = 37,22 \text{ MPa}
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari kode sempel M11, M12, M13, M14, dan M15 perhitungan kuat tekan diatas pada *paving block*, kemudian mencari hasil nilai rata-rata dalam pengujian kuat tekan dengan menggunakan perhitungan yang dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

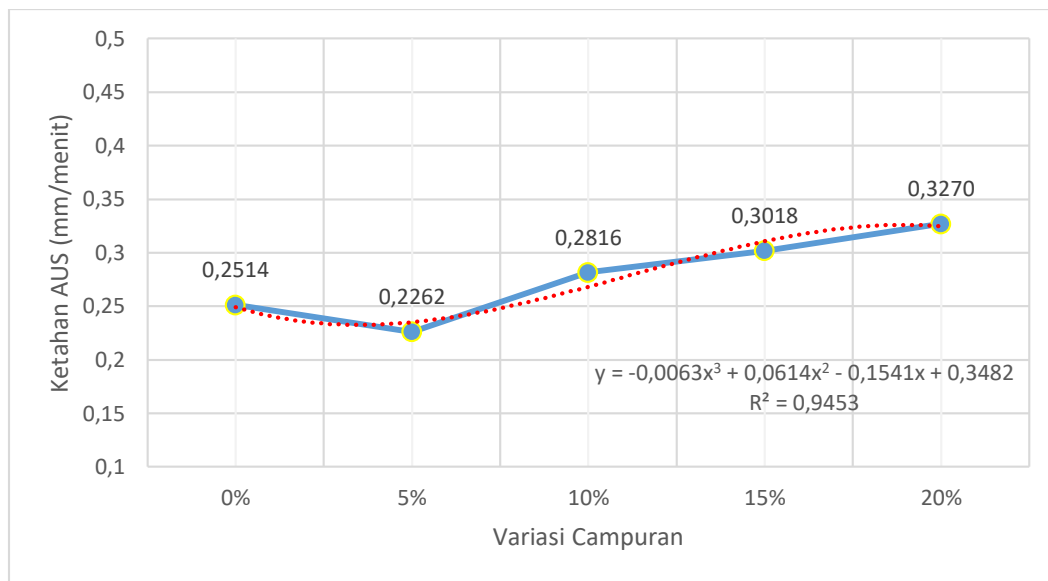
$$\begin{aligned}
 F'c \text{ rata-rata} &= \frac{\sum 6}{n} \\
 &= \frac{37,22 + 31,94 + 34,60 + 37,91 + 28,20}{5} \\
 &= 33,97 \text{ MPa}
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian kuat tekan pada *paving block*. Dilakukan penggolongan mutu kuat tekan pada masing-masing variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan dapat kita lihat pada Tabel 5.11 dibawah ini.

Tabel 5. 11 Hasil Penggolongan Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

No	Variasi	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Mutu <i>paving block</i>	Fungsi
1	0%	28,25	B	Peralatan Parkir
2	5%	33,97	B	Peralatan Parkir
3	10%	26,74	B	Peralatan Parkir
4	15%	27,73	B	Peralatan Parkir
5	20%	29,85	B	Peralatan Parkir

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan yang berada diatas maka dapat melakukan perbandingan terhadap berbagai variasi *paving block* yang dapat kita lihat pada gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5. 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block*
(Sumber: Data Pribadi)

Pengujian kuat tekan dilakukan pada waktu usia *paving block* berusia 28 hari dengan kondisi *paving block* dalam keadaan kering dengan masing-masing 5 sampel benda uji pada variasinya. Pegujian ini dilakukan dengan menekan *paving block* hingga mengalami keretakan bahkan sampai hancur menggunakan alat *compressive strength test*. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil beban maksimum yang diterima pada *paving block*.

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada pengujian dapat dilihat pada gambar 5.3 bahwa batu kapur padam yang berasal dari daerah Wonosari dapat meningkatkan kuat tekan dari *paving block*. Peningkatan nilai kuat tekan yang menghasilkan nilai paling tinggi didapatkan pada variasi 5% sebesar 33,976 MPa masuk kedalam mutu B dan diperuntukkan bagi peralatan parkir, disini dapat dilihat bahwa presentase batu kapur padam yang optimum telah didapatkan. Kenaikan ini diperoleh dikarenakan bahan campur antara agregat halus, semen, dan batu kapur dapat mengikat dengan baik satu

sama lain pada variasi tertentu dan batu kapur dapat mengisi rongga pada *paving block* sehingga menghasilkan kuat tekan yang baik. Penggunaan batu kapur bertujuan agar batu kapur bereaksi dengan semen sebagai bahan ikat yang mampu menggantikan sebagian semen, namun pada kenyataannya *paving block* yang menggunakan batu kapur sebagai pengganti semen sebanyak 10%, 15% dan 20% dengan nilai kuat tekan rata-rata berturut-turut sebesar 26,743 MPa, 27,737 MPa, dan 29,85 MPa. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B diperuntukkan bagi peralatan parkir, batu kapur padam dari berat semen mengurangi kekuatan *paving block* karna nilai kuat tekan yang ditunjukkan tidak mengalami kenaikan yang signifikan dinilai dari variasi 0% tanpa ada penambahan batu kapur. Hal ini disebabkan karna karakteristik batu kapur padam yang berasal dari daerah Wonosari tidak terhidrasi dengan cukup baik antara semen dan air, menyebabkan batu kapur mengalami penggumpalan saat proses pencampuran.

5.5 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Pengujian ketahanan aus yang dilakukan pada penelitian ini ketika *paving block* sudah berumur 28 hari dan setiap variasi masing-masing mengambil 5 buah sampel *paving block* setiap variasi. Pengujian ketahanan aus dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

Berikut adalah hasil pengujian ketahanan aus pada *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5. 12 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 0%

Kode Sampel	Berat Awal gr	Berat Akhir gr	Kehilangan (G) gr/menit	Ketahanan Aus Mm/menit
M01	1798,5	1797,9	0,12	0,175
M02	1845,2	1844,2	0,20	0,276
M03	1695,9	1695,2	0,14	0,201
M04	1695,8	1694,9	0,18	0,251
M05	1743,5	1742,2	0,26	0,352
Rata-Rata				0,251

Tabel 5. 13 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 5%

Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	Kehilangan (G)	Ketahanan Aus
	gr	gr	gr/menit	Mm/menit
M11	1647,3	1646,8	0,10	0,150
M12	1647,3	1776,5	0,14	0,201
M13	1628,1	1627,5	0,12	0,175
M14	1668,4	1667,8	0,12	0,175
M15	1668,4	1728,3	0,32	0,427
Rata-Rata				0,226

Tabel 5. 14 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 10%

Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	Kehilangan (G)	Ketahanan Aus
	gr	gr	gr/menit	Mm/menit
M21	1581,4	1580,9	0,1	0,150
M22	1621,3	1620,8	0,1	0,150
M23	1635,7	1634,9	0,16	0,226
M24	1575,2	1574,1	0,22	0,301
M25	1690,4	1688,2	0,44	0,579
Rata-Rata				0,281

Tabel 5. 15 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 15%

Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	Kehilangan (G)	Ketahanan Aus
	Gr	gr	gr/menit	Mm/menit
M31	1683,2	1681,6	0,32	0,427
M32	1577,5	1576,3	0,24	0,327
M33	1760,7	1759,4	0,26	0,352
M34	1654,3	1653,9	0,08	0,125
M35	1651,1	1650,1	0,2	0,276
Rata-Rata				0,301

Tabel 5. 16 Hasil Perhitungan Ketahanan Aus Variasi 20%

Kode Sampel	Berat Awal	Berat Akhir	Kehilangan (G)	Ketahanan Aus
	gr	gr	gr/menit	Mm/menit
M41	1741,4	1739,8	0,32	0,427
M42	1809,1	1808,5	0,12	0,175
M43	1810,2	1808,7	0,3	0,402
M44	1711,4	1710,8	0,12	0,175
M45	1736,3	1734,6	0,34	0,453
Rata-Rata				0,327

Analisis Perhitungan ketahanan aus dapat dilihat pada contoh perhitungan ketahanan aus dibawah ini.

Contoh perhitungan ketahanan aus menggunakan contoh sampel M11

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Benda Uji Sebelum} &= 1647,3 \text{ gr} \\
 \text{Berat Benda Uji Sesudah} &= 1646,8 \text{ gr} \\
 \text{Lama Pengujian} &= 5 \text{ menit} \\
 \text{Kehilangan Berat (G)} &= \frac{\text{Berat sebelum}-\text{Berat sesudah}}{\text{Lama pengujian}} \quad (5.4) \\
 &= \frac{1647.3-1646.8}{5} \\
 &= 0,1 \text{ gr/menit}
 \end{aligned}$$

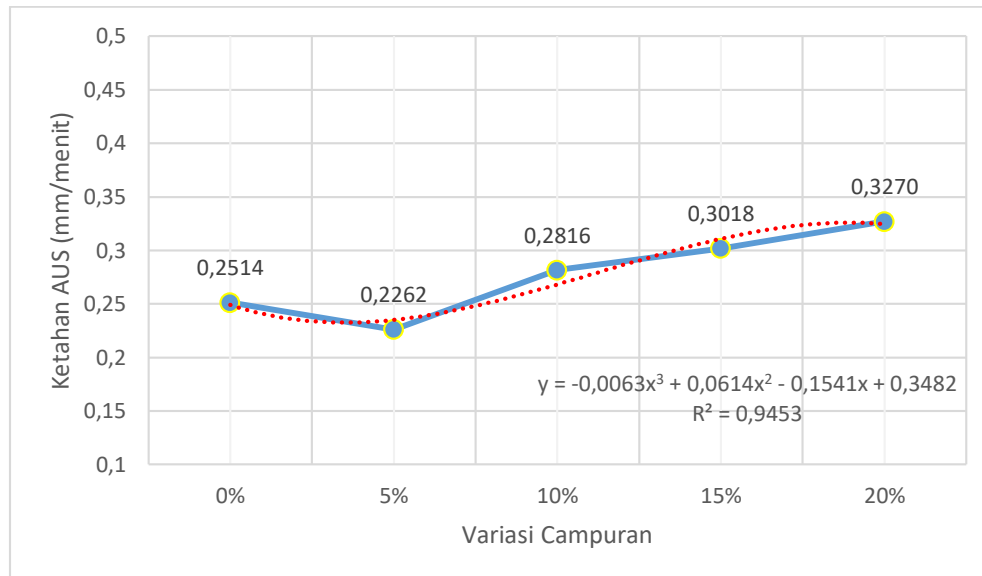
$$\begin{aligned}
 \text{Ketahanan aus (D)} &= 1,26 \text{ G} + 0,0246 \quad (5.5) \\
 &= 1,26 \times 0,1 + 0,0246 \\
 &= 0,150 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan ketahanan aus rata-rata keseluruhan variasi dari pengujian *paving block*. Dilakukan penggolongan mutu ketahanan aus pada masing-masing variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 dapat kita lihat pada Tabel 5.17 dibawah ini.

Tabel 5. 17 Hasil Penggolongan Mutu Ketahanan Aus *Paving Block*

No	Variasi	Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Mutu <i>paving block</i>	Fungsi
1	0%	0,25	D	Taman
2	5%	0,22	D	Taman
3	10%	0,28	-	Tidak memenuhi syarat
4	15%	0,30	-	Tidak memenuhi syarat
5	20%	0,32	-	Tidak memenuhi syarat

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus diatas dapat dilihat perbandingan antara setiap variasi terhadap mutu *paving block* yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5. 3 Hasil Pengujian Ketahanan Aus
(Sumber: Data Pribadi)

Ketahan aus dilakukan setelah benda uji dilakukan pada umur *paving block* mencapai umur 28 hari dan dalam keadaan *paving block* sudah kering dengan jumlah *paving block* untuk benda uji sebanyak 5 buah setiap variasi. Pengujian ketahan aus dilakukan untuk mengetahui nilai gaya gesekan yang mampu diterima oleh *paving block* yang sudah direncanakan. Berdasarkan hasil pengujian ketahan aus menggunakan batu kapur mendapatkan hasil ketahanan aus yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai ketahanan aus *paving block* normal, pada variasi 0% dan 5% memiliki nilai sebesar 0,25 mm/menit dan 0,22 mm/menit yang masuk dalam mutu D dengan kegunaannya sebagai taman yang sesuai standar yang sudah ditetapkan menurut SNI 03-0691-1996. Sedangkan pada variasi 10%, 15%, dan 20% memiliki nilai tertinggi sebesar 0,28 mm/menit, 0,30 mm/menit, dan 0,32 mm/menit yang dimana tidak masuk kedalam mutu yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996. *Paving block* menggunakan batu kapur pada variasi 10%, 15% dan 20% kenaikan diakibat permukaan *paving block* yang

halus karna pada dasarnya, menurut Sulisty (2019) semakin kasar permukaan dan padat pada *paving block* maka semakin rendah nilai ketahanan aus. Pada nilai variasi 10%, 15%, dan 20% mendapatkan nilai tertinggi, hal ini disebabkan karena karakteristik batu kapur padam yang berasal dari daerah Wonosari tidak terhidrasi dengan cukup baik antara semen dan air, menyebabkan batu kapur mengalami penggumpalan saat proses pencampuran yang menyebabkan permukaan pada *paving block* menjadi halus sehingga nilai ketahanan aus mengalami kenaikan.

5.6 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*

Pengujian daya serap air yang dilakukan pada penelitian ini ketika *paving block* sudah berumur 28 hari dan setiap variasi masing-masing menggunakan 5 buah *paving block* setiap variasi. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

Berikut adalah hasil pengujian daya serap air pada *paving block* dapat dilihat pada Tabel 5.18, Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 0%

No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
		(gr)	(gr)	%
1	M01	2677	2456	8,99
2	M02	2721	2511	8,36
3	M03	2578	2373	8,63
4	M04	2631	2418	8,80
5	M05	2571	2385	7,79
Rata-rata				8,522

Tabel 5. 19 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 5%

No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
		(gr)	(gr)	%
1	M11	2531	2397	5,59
2	M12	2525	2319	8,88
3	M13	2526	2339	7,99
4	M14	2551	2335	9,25
5	M15	2520	2316	8,80
Rata-rata				8,10

Tabel 5. 20 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 10%

No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
		(gr)	(gr)	%
1	M21	2576	2302	11,90
2	M22	2514	2290	9,78
3	M23	2533	2375	6,65
4	M24	2478	2332	6,26
5	M25	2466	2300	7,21
Rata-rata				8,36

Tabel 5. 21 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 15%

No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
		(gr)	(gr)	%
1	M31	2432	2229	9,10
2	M32	2462	2291	7,46
3	M33	2494	2281	9,33
4	M34	2445	2233	9,49
5	M35	2491	2319	7,41
Rata-rata				8,56

Tabel 5. 22 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 20%

No	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan Air
		(gr)	(gr)	%
1	M41	2544	2397	6,13
2	M42	2605	2380	9,45
3	M43	2598	2350	10,55
4	M44	2675	2458	8,82
5	M45	2696	2447	10,17
Rata-rata				9,029

Analisis perhitungan daya serap air dari pengujian ini dapat dilihat pada contoh perhitungan daya serap air dibawah ini.

Contoh perhitungan daya serap air menggunakan sampel M11

Berat basah = 2531 gr

Berat kering = 2397 gr

Daya serap air = $\frac{\text{Berat basah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat Kering}} \times 100\%$ (5.6)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2531-2397}{2397} \\
 &= 5,59\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan daya serap air diatas pada *paving block*, kemudian mencari hasil nilai rata-rata dalam pengujian daya serap air dengan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

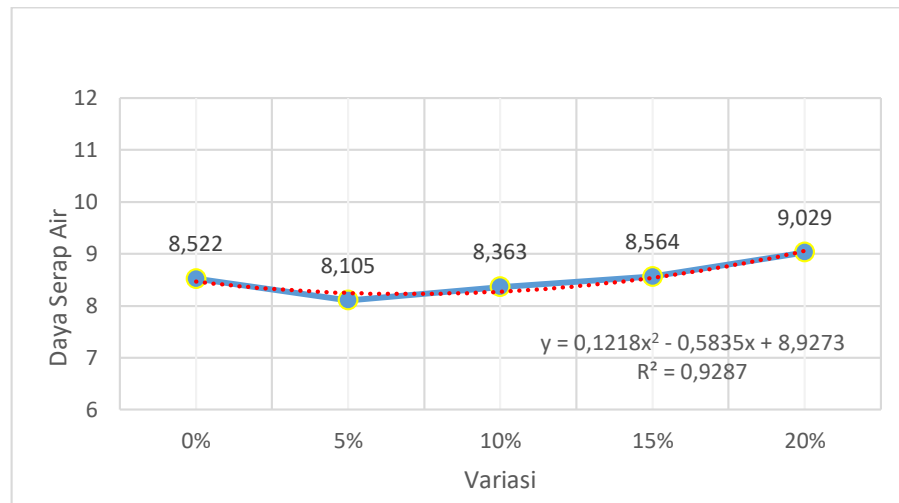
$$\begin{aligned}
 \text{Daya serap air}_m &= \frac{\sum \text{penyerapan air}}{n} \times 100\% & (5.7) \\
 &= \frac{5.590+8.883+7.994+9.250+8.808}{5} \times 100\% \\
 &= 8,10\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan daya serap air rata-rata keseluruhan variasi dari pengujian *paving block*. Dilakukan penggolongan mutu daya serap air pada masing-masing variasi berdasarkan SNI 03-0691-1996 dapat kita lihat pada Tabel 5.23 dibawah ini.

Tabel 5. 23 Hasil Penggolongan Mutu Daya Serap Air *Paving Block*

No	Variasi	Penyerapain Air Rata-rata (%)	Mutu <i>Paving Block</i>	Fungsi
1	0%	8,52	C	Pejalan Kaki
2	5%	8,10	C	Pejalan Kaki
3	10%	8,36	C	Pejalan Kaki
4	15%	8,56	C	Pejalan Kaki
5	20%	9,02	D	Taman

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan pada daya serap air diatas telah dapatkan hasil untuk melakukan perbandingan antara masing-masing variasi terhadap mutu pada *paving block* yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5. 4 Hasil Pengujian Daya Serap Air
(Sumber: Data Pribadi)

Daya serap air dilakukan setelah benda uji direndam pada bak perendam selama 24 jam. Setelah melalui proses perendaman dan *paving block* mengalami suhu ruangan kemudian benda uji dimasukkan kedalam oven untuk dilakukan pemanasan selama 24 jam. *Paving block* yang sudah selesai dipanaskan dan sudah mencapai suhu ruangan dapat ditimbang untuk mengetahui daya serap air pada *paving block*.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai terendah dari pengujian daya serap air pada variasi 5% dengan nilai daya serap air sebesar 8,105% yang masuk kedalam mutu C dengan kegunaan pejalan kaki berdasarkan SNI 03-0691-1996. Pada penelitian ini didapatkan nilai terendah dipengaruhi oleh campuran *paving block* yang homogen dan sedikitnya rongga pada *paving block* yang menjadikan tolak ukur rendahnya nilai daya serap air, dikarenakan semakin padat *paving block* dan sedikitnya pori-pori pada *paving block* menjadikan nilai daya serap air semakin rendah.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai tertinggi dari pengujian daya serap air sebesar 10%, 15%, dan 20% dengan nilai berturut-turut 8,363%, 8,564%, dan 9,023% berdasarkan SNI 03-06910-1996 variasi 10% dan 15% masuk kedalam mutu C dengan kegunaan pejalan kaki sedangkan variasi 20% masuk kedalam mutu D dengan kegunaan sebagai taman. Kenaikan ini disebabkan oleh karna

karakteristik batu kapur padam yang berasal dari daerah Wonosari tidak terhidrasi dengan cukup baik antara semen dan air, menyebabkan batu kapur mengalami penggumpalan saat proses pencampuran yang menyebabkan *paving block* dapat menyerap air lebih banyak dari *paving block* normal.

5.7 Mutu Paving Block Berdasarkan SNI 03-0691-1996

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data diatas maka dapat disimpulkan bahwa pada penggunaan batu kapur sebagai pengganti sebagai semen mengalami kenaikan pada pengujian kuat tekan dan juga mengalami penurunan pada pengujian daya serap air dan pengujian ketahanan aus pada variasi tertentu.

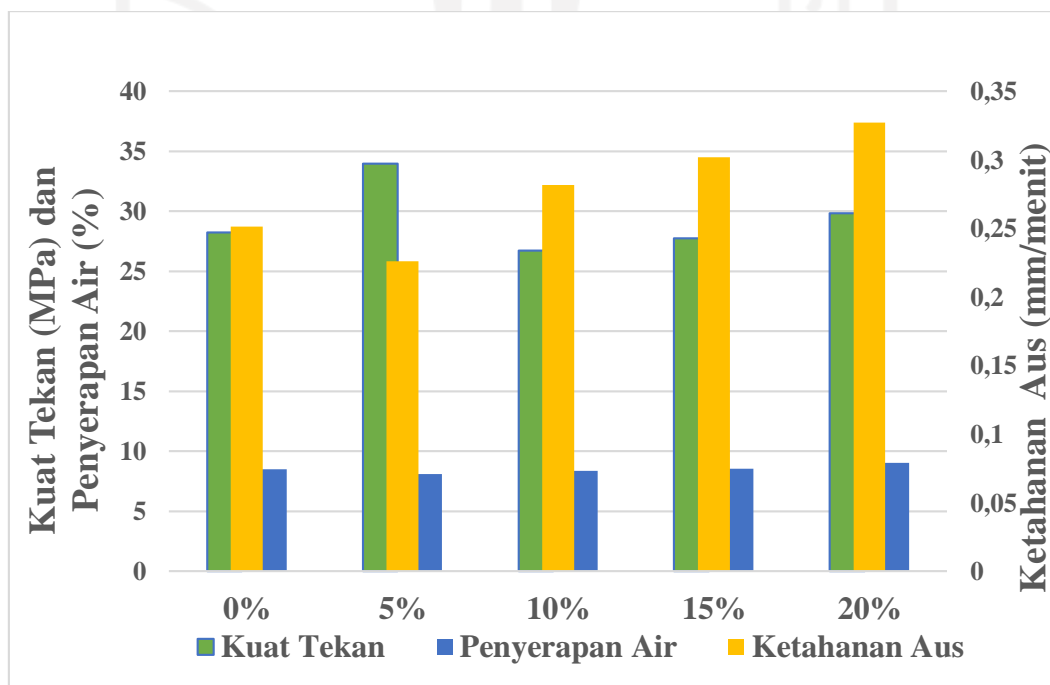
Berdasarkan tabel 5.6, tabel 5.7, tabel.5.8, tabel 5.9 dan tabel 5.10 diatas mendapat hasil kuat tekan tertinggi pada variasi 5% dengan nilai 33,976 MPa berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B yang digunakan untuk peralatan parkir. Sedangkan pada variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% mendapatkan hasil berturut-turut sebesar 28,254 MPa, 26,734 MPa, 27,737 MPa, dan 29,85 MPa yang dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B yang digunakan untuk peralatan parkir.

Pada tabel 5.12, tabel 5.13, tabel 5.14, tabel 5.15 dan tabel 5.16 pengujian ketahanan aus mendapat nilai terendah pada variasi 5% dengan dengan nilai 0,2262 mm/menit dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu D yang digunakan untuk taman, variasi 0% mendapatkan hasil yang lebih tinggi dengan variasi 5% dengan nilai 0,2514 mm/menit yang dimana juga masuk kedalam mutu D dengan kegunaan taman. Sedangkan pada variasi 10%,15%, dan 20% berdasarkan dengan SNI 03-0691-1996 tidak masuk kedalam mutu yang ditetapkan dengan hasil berturut-turut 0,2816 mm/menit, 0,3018 mm/menit, dan 0,3270 mm/menit dimana hasil tersebut tidak memenuhi standar SNI 03-0691-1996.

Pada tabel 5.18, tabel 5.19, tabel 5.20, tabel 5.21 dan tabel 5.22 pengujian daya serap air mendapatkan hasil terendah pada variasi 5% dengan nilai sebesar 8,105% dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu C yang diperuntukan

untuk pejalan kaki. Sedangkan variasi 0%,10%, dan 15% mendapatkan hasil berturut-turut sebesar 8,522%, 8,363%, dan 8,564% dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki, sedangkan 20% mendapatkan nilai sebesar 9,029% berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu D yang digunakan untuk taman.

Hasil optimum dari keseluruhan pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, pengujian daya serap air ini mendapat hasil yang berada variasi 5% dalam penambahan batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* adapun hasil pengujian kuat tekan sebesar 33,976 MPa berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B, ketahanan aus sebesar 0,2262 mm/menit dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu D yang digunakan untuk taman, dan daya serap air sebesar 8,105% dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu C, maka dapat disimpulkan penggunaan batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* untuk keseluruhan pengujian mendapatkan mutu D yang digunakan untuk taman.



Gambar 5. 5 Hasil Pengujian Pengujian Keseluruhan
(Sumber: Data Pribadi)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang sudah didapatkan pada penelitian ini, tentang pemanfaatan batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penggunaan batu kapur padam lolos saringan No.200 sebagai substitusi semen secara umum meningkatkan kinerja *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 meliputi pengujian kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air. Batu kapur padam menghasilkan nilai optimumnya pada variasi 5% dimana pada setiap pengujiannya mendapatkan hasil yang baik.
2. Parameter dari keseluruhan pengujian yang dilakukan dengan penambahan batu kapur padam pada setiap variasi dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kuat tekan

Penelitian yang dilakukan dengan penambahan batu kapur padam sebagai substitusi dapat meningkatkan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada variasi 5% sebesar 33,976 MPa berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B dengan kegunaan sebagai peralatan parkir sedangkan pada variasi 10%, 15%, dan 20% memiliki nilai dibawahnya namun memiliki nilai yang lebih baik dari *paving block* normal yaitu dengan nilai berturut-turut sebesar 26,743 MPa, 27,737 MPa, dan 29,85 MPa. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B diperuntukkan bagi peralatan parkir.

2. Ketahanan Aus

Penelitian yang dilakukan dengan penambahan batu kapur padam sebagai substitusi dapat meningkatkan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada variasi 0% dan 5% sebesar 0,25 mm/menit dan 0,22 mm/menit yang masuk

dalam mutu D dengan kegunaannya sebagai taman yang sesuai standar yang sudah ditetapkan menurut SNI 03-0691-1996. Sedangkan pada variasi 10%, 15%, dan 20% memiliki nilai tertinggi sebesar 0,28, 0,30, dan 0,32 yang dimana tidak masuk kedalam mutu yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996.

3. Daya Serap air

Penelitian yang dilakukan dengan penambahan batu kapur padam sebagai substitusi dapat meningkatkan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada variasi 5% sebesar 8,105% yang masuk kedalam mutu C dengan kegunaan pejalan kaki berdasarkan SNI 03-0691-1996. Sedangkan 10%, 15%, dan 20% dengan nilai berturut-turut 8,363%, 8,564%, dan 9,023% berdasarkan SNI 03-0691-1996 variasi 10% dan 15% masuk kedalam mutu C dengan kegunaan pejalan kaki sedangkan variasi 20% masuk kedalam mutu D dengan kegunaan sebagai taman.

4. Hasil optimum dari keseluruhan pengujian kuat tekan, pengujian ketahanan aus, pengujian daya serap air ini mendapat hasil yang berada variasi 5% dalam penambahan batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* adapun hasil pengujian kuat tekan sebesar 33,976 MPa berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu B, ketahanan aus sebesar 0,2262 mm/menit dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu D yang digunakan untuk taman, dan daya serap air sebesar 8,105% dimana berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk kedalam mutu C, maka dapat disimpulkan penggunaan batu kapur padam sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* untuk keseluruhan pengujian mendapatkan mutu D yang digunakan untuk taman.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari pengujian yang sudah dilakukan terdapat beberapa saran dari penelitain yang diharapkan dan dapat menjadi pertimbangan untuk melakukan penelitain berikutnya.

1. Penelitian berikutnya harus memerhatikan pemilihan batu kapur padam yang digunakan dengan memastikan batu kapur padam betul-betul halus tidak agar tidak mengalami penggumpalan saat proses pencampuran untuk pembuatan *paving block*.
2. Penelitian berikutnya harus lebih variatif dalam pemilihan variasi substitusi dalam pembuatan paving block agar mendapatkan hasil campuran yang baik dan memperoleh klasifikasi yang sangat baik dari penelitian ini.
3. Dalam penelitian berikutnya proses pengujian harus dipastikan dan berdasarkan SNI 03-0691-1996 agar mendapatkan mutu yang baik.
4. Pada pembuatan sempel benda uji perlu dilakukan perlu diperhatikan penggunaan air yang lebih baik agar mendapatkan kualitas campuran yang sesuai dengan direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, (2020). Pemanfaatan abu dasar dan kapur sebagai pengganti sebagian semen pada *Paving Block* sesuai dengan SNI 03-0691-1991
- Badan Standar Nasional. (1996). Bata Beton (paving block). SNI 03-0691-1996.
- Nasional, B. S. (n.d.). SNI 03-0028-1987 UBIN SEMEN.
- Nasional, B. S. (1990). SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Nasional, B. S. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No 200. Sni 03-4142-1996.
- Nasional, B. S. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Sni 03-2834-2000.
- Novangga, (2017). Perbandingan Kuat Tekan dan Serapan Air *Paving Block Hydraulic* Dengan Variasi Bahan Tambah Batu Kapur.
- PUPR. (1982). PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI 71 INDONESIA (PUBI - 1982). PUBI – 1982.
- Resti, (2016). Pengaruh penggantian sebagian bahan pengikat (*Fly Ash* dan kapur) terhadap kuat tekan *Paving Block*.
- Santi, (2020). Analisis biaya produksi pembuatan *Paving Block* dengan campuran 1% kapur sebagai substitusi semen dan limbah batu granit sebagai substitusi agregat halus.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. Teknologi Beton. Yogyakarta: Navitri.



LAMPIRAN

Lampiran 2 Gambar Alat Yang Digunakan



Gambar L 2.1 Saringan



Gambar L 2.2 Mesin Saringan



Gambar L 2.3 Timbangan Digital



Gambar L 2.4 Oven



Gambar L 2.5 Cetakan Benda Uji



Gambar L 2.6 Mesin Uji Kuat Tekan



Gambar L 2.7 Mesin Uji Ketahanan Aus



Gambar L 2.8 Molen/Mixer



Gambar L 2.9 Mesin Cetak Hidrolik



Gambar L 2.10 Alat Pendukung

Lampiran 3 Gambar Bahan Yang Digunakan



Gambar L 3.1 Semen 3 Roda



Gambar L 3.2 Agregat Halus Merapi



Gambar L 3.3 Batu Kapur Padam



Gambar L 3.4 Air Bersih

Lampiran 4 Gambar Pengujian Yang Dilakukan



Gambar L 4.1 Pengujian Kuat Tekan



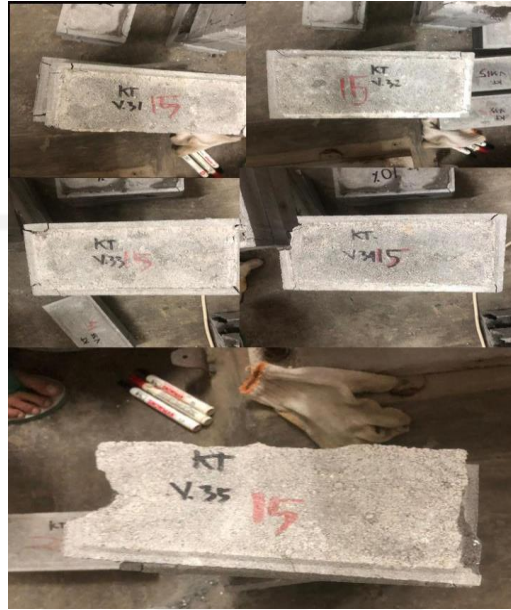
Gambar L 4.2 Setelah Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%



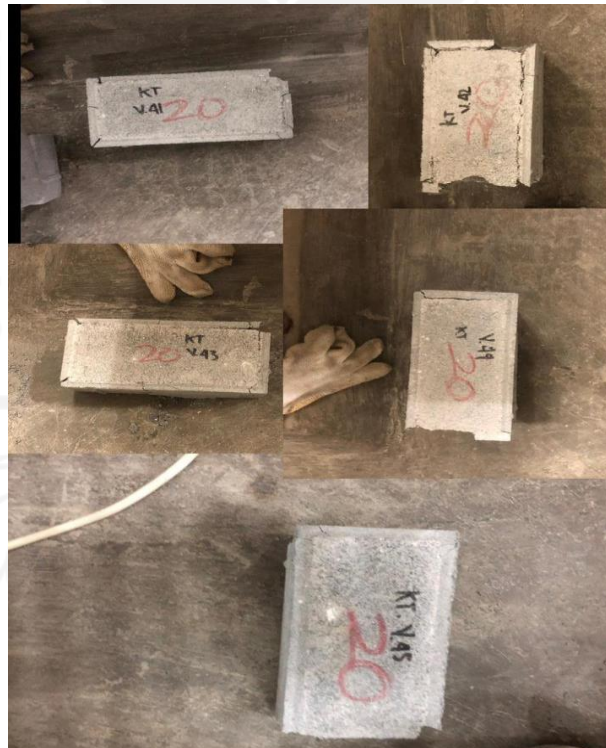
Gambar L 4.3 Setelah Pengujian Kuat Tekan Variasi 5%



Gambar L 4.4 Setelah Pengujian Kuat Tekan Variasi 10%



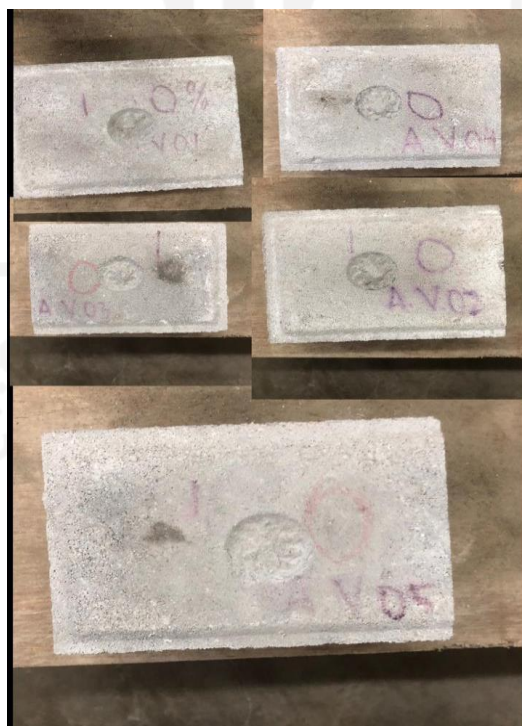
Gambar L 4.5 Setelah Pengujian Kuat Tekan Variasi 15%



Gambar L 4.5 Setelah Pengujian Kuat Tekan Variasi 20%



Gambar L 4.7 Pengujian Ketahanan Aus



Gambar L 4.8 Setelah Pengujian ketahanan Aus Variasi 0%



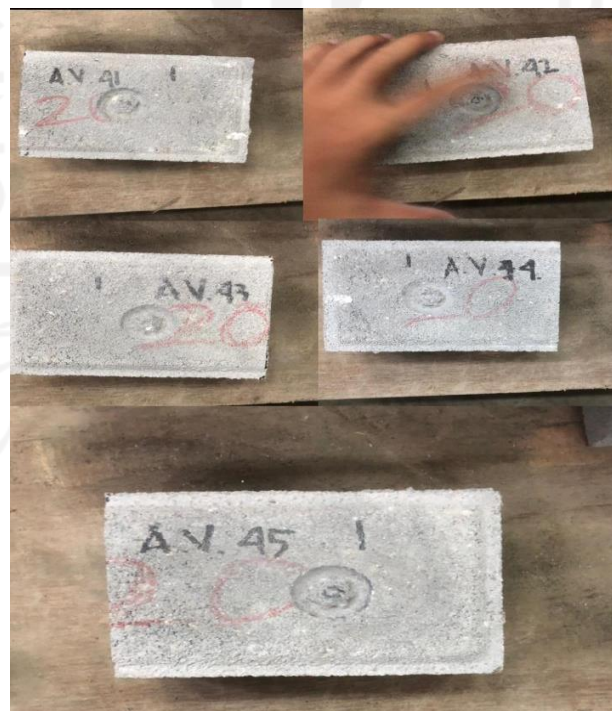
Gambar L 4.9 Setelah Pengujian ketahanan Aus Variasi 5%



Gambar L 4.10 Setelah Pengujian ketahanan Aus Variasi 10%



Gambar L 4.11 Setelah Pengujian ketahanan Aus Variasi 15%



Gambar L 4.12 Setelah Pengujian ketahanan Aus Variasi 20%



Gambar L 4.13 Pengujian Daya Serap Air



Gambar L 4.14 Setelah Pengujian Daya Serap Air Variasi 0%



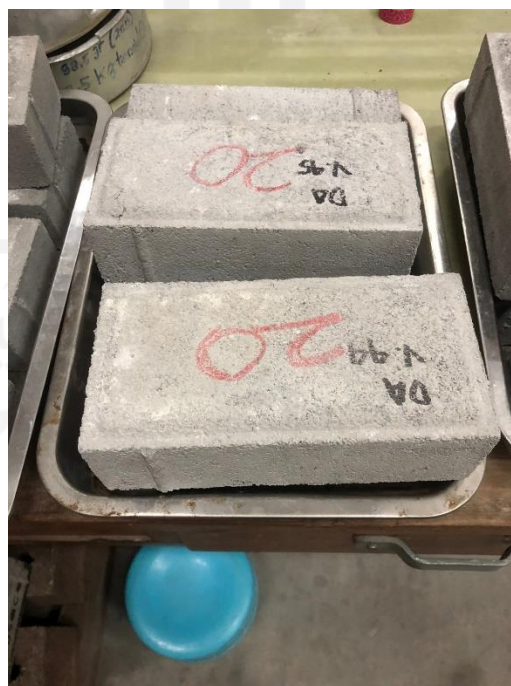
Gambar L 4.15 Setelah Pengujian Daya Serap Air Variasi 5%



Gambar L 4.16 Setelah Pengujian Daya Serap Air Variasi 10%



Gambar L 4.17 Setelah Pengujian Daya Serap Air Variasi 15%



Gambar L 4.18 Setelah Pengujian Daya Serap Air Variasi 20%

Lampiran 5 Laporan Sementara Pengujian Yang Dilakukan





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Data Hasil pengujian Kuat Tekan Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo

NIM : 16511199

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
0%	M01	190,1	89,6	61,6	486,4	28,55	28,25
	M02	190,8	89,9	60,7	521,3	30,40	
	M03	190,5	89,5	60,2	503,3	29,52	
	M04	190,7	89,5	61,6	464,6	27,22	
	M05	190,5	90	60,4	438,6	25,59	

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
5%	M11	190,6	89,8	59,7	637,1	37,22	33,97
	M12	190,7	89,3	60,5	543,9	31,94	
	M13	191	90	61,6	594,8	34,60	
	M14	190,5	89,7	59,8	647,9	37,91	
	M15	191,3	89,7	61,5	483,9	28,20	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Data Hasil pengujian Kuat Tekan Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo
NIM : 16511199
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
10%	M21	191,9	89,5	61,8	408	23,75	26,74
	M22	190,6	89,7	60,7	433,6	25,36	
	M23	190,1	89,7	58,9	496,4	29,11	
	M24	190,3	89,35	62,7	458,4	26,96	
	M25	190,2	90,1	58,9	488,9	28,52	

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
15%	M31	190,2	89,5	58,5	419,7	24,65	27,73
	M32	190,3	89,3	60,5	419,2	24,66	
	M33	190,2	89,6	59,7	638,3	37,45	
	M34	190,8	89,7	62,45	467,3	27,30	
	M35	190,5	89,5	61	419,5	24,60	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Data Hasil pengujian Kuat Tekan Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo

NIM : 16511199

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata
20%	M41	190,6	89,9	61,3	575	33,55	29,85
	M42	190,8	89,4	61,3	504,7	29,58	
	M43	191,3	89,8	61,2	541	31,50	
	M44	190,9	89,4	63,95	510,8	29,93	
	M45	190,8	90,2	63	424,8	24,68	

Diperiksa,
Laboran

Disetujui,
Kepala Laboratorium

(Darussalam, A.Md.)

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



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259Yogyakarta

Data Hasil pengujian Ketahanan Aus Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo
NIM : 16511199
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gr/menit)	Ketahan Aus (mm/menit)	Rerata
0%	M01	1798,5	1797,9	0,12	0,175	0,251
	M02	1845,2	1844,2	0,20	0,276	
	M03	1695,9	1695,2	0,14	0,201	
	M04	1695,8	1694,9	0,18	0,251	
	M05	1743,5	1742,2	0,26	0,352	

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gr/menit)	Ketahan Aus (mm/menit)	Rerata
5%	M11	1647,3	1646,8	0,10	0,150	0,226
	M12	1647,3	1776,5	0,14	0,201	
	M13	1628,1	1627,5	0,12	0,175	
	M14	1668,4	1667,8	0,12	0,175	
	M15	1668,4	1728,3	0,32	0,427	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Data Hasil pengujian Ketahanan Aus Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo
NIM : 16511199
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gr/menit)	Ketahan Aus (mm/menit)	Rerata
10%	M21	1581,4	1580,9	0,1	0,150	0,281
	M22	1621,3	1620,8	0,1	0,150	
	M23	1635,7	1634,9	0,16	0,226	
	M24	1575,2	1574,1	0,22	0,301	
	M25	1690,4	1688,2	0,44	0,579	

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gr/menit)	Ketahan Aus (mm/menit)	Rerata
15%	M31	1683,2	1681,6	0,32	0,427	0,301
	M32	1577,5	1576,3	0,24	0,327	
	M33	1760,7	1759,4	0,26	0,352	
	M34	1654,3	1653,9	0,08	0,125	
	M35	1651,1	1650,1	0,2	0,276	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Data Hasil pengujian Ketahanan Aus Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo
NIM : 16511199
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	G (gr/menit)	Ketahan Aus (mm/menit)	Rerata
20%	M41	1741,4	1739,8	0,32	0,427	0,327
	M42	1809,1	1808,5	0,12	0,175	
	M43	1810,2	1808,7	0,3	0,402	
	M44	1711,4	1710,8	0,12	0,175	
	M45	1736,3	1734,6	0,34	0,453	

Diperiksa,
Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
Kepala Laboratorium

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



**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

Data Hasil pengujian Daya Serap Air Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo

NIM : 16511199

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Rerata
0%	M01	2677	2456	8,99	8,522
	M02	2721	2511	8,36	
	M03	2578	2373	8,63	
	M04	2631	2418	8,80	
	M05	2571	2385	7,79	

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Rerata
5%	M11	2531	2397	5,59	8,10
	M12	2525	2319	8,88	
	M13	2526	2339	7,99	
	M14	2551	2335	9,25	
	M15	2520	2316	8,80	



**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

Data Hasil pengujian Daya Serap Air Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo

NIM : 16511199

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Rerata
10%	M21	2576	2302	11,90	8,36
	M22	2514	2290	9,78	
	M23	2533	2375	6,65	
	M24	2478	2332	6,26	
	M25	2466	2300	7,21	

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Rerata
15%	M31	2432	2229	9,10	8,56
	M32	2462	2291	7,46	
	M33	2494	2281	9,33	
	M34	2445	2233	9,49	
	M35	2491	2319	7,41	



**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

Data Hasil pengujian Daya Serap Air Paving Block

Nama : Andi Moh Yusril Mahendra Pettalolo

NIM : 16511199

Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Rerata
20%	M41	2544	2397	6,13	9,028
	M42	2605	2380	9,45	
	M43	2598	2350	10,55	
	M44	2675	2458	8,82	
	M45	2696	2447	10,17	

Diperiksa,
Laboran

Disetujui,
Kepala Laboratorium

(Darussalam, A.Md.)

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

Lampiran 6 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium

Kepada :

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

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Moh. Yusril Mahendra Pettalolo
NIM : 16 511 199
Program studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T
Judul tugas akhir : Pengaruh Penambahan Batu Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Paving Block

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


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

Wassalamu'alaikum wr. wb.


Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil

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


Yogyakarta, 16 Maret 2022
Pemohon


Andi Moh. Yusril Mahendra
Pettalolo
NIM: 16 511 199

Menyetujui
Koordinator Laboratorium


Ir. Bambang Sulistiono,
MS/CE

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir


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

Menyetujui
Kepala Laboratorium


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

Catatan:

Kepala laboratorium bahan konstruksi teknik menyetujui permohonan mahasiswa untuk melakukan pengujian dalam rangka penyelesaian tugas akhir pada:

1. **Properties Materian dan atau pembuatan sampel** pada tanggal 28 Maret - 28 April 2022
2. **Pengujian Sampel** pada tanggal 28 Mei - 28 Juni 2022

Gambar L 6.1 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium

Lampiran 7 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorim Dalam Masa Tanggap Darurat COVID-19

Nomor : 92/Ka. Prodi/20/PSTS/III/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 : Andi Moh. Yusril Mahendra Pettalolo
NIM : 16 511 199
Program studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T
Judul tugas akhir : Pengaruh Penambahan Batu Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Paving Block

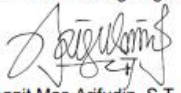
Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan ijin untuk memasuki lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

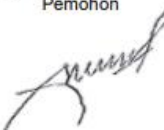
Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 16 Maret 2022
Pemohon

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir


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



Andi Moh. Yusril Mahendra
Pettalolo
NIM: 16 511 199



Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil


Sri Anjani Astuti, M.T.

Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Gambar L 7.1 Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorim Dalam Masa Tanggap Darurat COVID-19

Lampiran 8 Surat Keterangan Bebas tanggungan Laboratorium



SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 104 /Ka.Lab/60/LBKT/VIII/2022

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : ANDI MOH YUSRIL MAHENDRA PETTALOLO
N I M : 16511199
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, ST, MT
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA PAVING BLOK" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya¹⁾.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Agustus 2022

Administrasi Laboratorium

Daru Salam, AMd



Novi Rahmayanti, ST, M.Eng

¹⁾ Nota/Kwitansi terlampir

Gambar L 8.1 Surat Keterangan Bebas tanggungan Laboratorium