

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN TUMBUKAN LIMBAH BATU
BATA MERAH DAN CACAHAN LIMBAH PLASTIK PET
TERHADAP PROPERTIS MEKANIS *PAVING BLOCK*
(*EFFECT OF THE ADDITION OF CRUSHED RED BRICK
WASTE AND SCRAP PET PLASTIC ON THE MECHANICAL
PROPERTIES OF PAVING BLOCKS*)**

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



**FERRYO LIGA SAPUTRA
19511055**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN TUMBUKAN LIMBAH BATU BATA MERAH DAN CACAHAN LIMBAH PLASTIK PET TERHADAP PROPERTIS MEKANIS *PAVING BLOCK* (*EFFECT OF THE ADDITION OF CRUSHED RED BRICK WASTE AND SCRAP PET PLASTIC ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PAVING BLOCKS*)

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

Ferryo Liga Saputra
19511055

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

Diuji Pada Tanggal

18 Desember 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Ir. Atika Ulfah Jamal, S.T., M.Eng., M.T., IPM
NIK : 125110101

Penguji I

Malik Mushthofa, ST., M.Eng
NIK : 185111302

Penguji II

Astriaana Hardawati S.T., M.Eng
NIK : 165111301

30.01.24



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

2/2024

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah.

Yogyakarta, 22 Desember 2023

Yan,  an,

METERAI
TEMPEL
20
22380ALX042980711

Ferryo Liga Saputra

(19511055)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Bata Merah dan Cacahan Limbah Plastik Terhadap Propertis Mekanik *Paving Block*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam Penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengalami banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, bimbingan, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

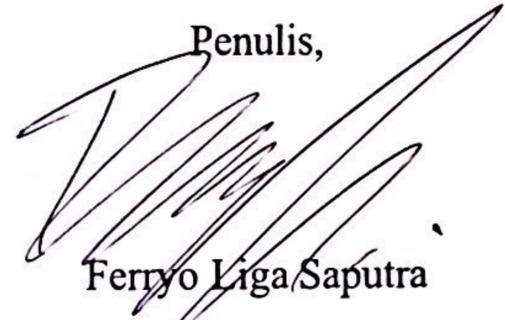
1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Ibu Ir. Atika Ulfah Jamal, S.T., M.Eng., M.T., IPM selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini,
3. Bapak Malik Mushthofa, ST., M.Eng.,. selaku penguji I,
4. Ibu Astriana Hardawati S.T., M.Eng., selaku penguji II,
5. Kedua orang tua beserta keluarga penulis karena begitu banyak material dan dukungan yang diberikan kepada penulis sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan,
6. Seluruh teman-teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu-satu karena begitu banyak dukungan yang telah diberikan sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan,
7. Bapak Suluk dan Mas Andi selaku tenaga kerja di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam pembuatan benda uji *paving block*,

8. Semua pihak yang membantu dan mendukung penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 22 Desember 2023

Penulis,



Ferryo Liga Saputra

(19511055)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengaruh Batu Bata Merah Terhadap Sifat Mekanik <i>Paving Block</i>	6
2.2 Pengaruh Plastik Terhadap Sifat Mekanik <i>Paving Block</i>	7
2.3 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	8
2.4 Keaslian Penelitian	23
BAB III LANDASAN TEORI	24
3.1 Pengertian Limbah	24
3.2 Pengertian Limbah Batu Bata Merah	24
3.3 Pengertian Plastik PET	25
3.4 Pengertian <i>Paving Block</i>	26
3.5 Bentuk dan Ukuran <i>Paving Block</i>	27
3.6 Klasifikasi <i>Paving Block</i>	27

3.7 Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	28
3.8 Modulus Halus Butir	29
3.9 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	29
3.9.1 Semen <i>Portland</i>	29
3.9.2 Agregat halus	30
3.9.3 Air	31
3.10 Pengujian Kuat Tekan	32
3.11 Pengujian Ketahanan Aus	33
3.12 Pengujian Daya Serap Air	34
BAB IV METODE PENELITIAN	35
4.1 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	35
4.1.1 Alat	35
4.1.2 Bahan	36
4.2 Pengolahan Bahan Substitusi	36
4.2.1 Pembuatan serbuk limbah batu bata merah	36
4.2.2 Pembuatan cacahan limbah plastik PET	37
4.3 Pemeriksaan Bahan	38
4.3.1 Pemeriksaan modulus halus butir	38
4.3.2 Pemeriksaan kadar air agregat halus	39
4.3.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur	39
4.3.4 Pemeriksaan berat isi agregat halus	40
4.3.5 Pemeriksaan agregat tumbukan batu bata merah	40
4.4 Perencanaan Campuran <i>Paving Block</i>	41
4.5 Pembuatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	42
4.6 Jumlah Benda Uji <i>Paving Block</i>	43

4.7 Pengujian Kuat Tekan	44
4.8 Pengujian Ketahanan Aus	45
4.9 Pengujian Daya Serap Air	45
4.10 Analisis Hasil Pengujian	45
4.11 Bagan Alur Penelitian	46
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	49
5.1 Tinjauan Umum	49
5.2 Pengujian Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	49
5.2.1 Agregat halus (Pasir)	49
5.2.2 Semen	58
5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	59
5.3.1 Perhitungan kebutuhan agregat halus	59
5.3.2 Perhitungan kebutuhan semen	60
5.3.3 Perhitungan kebutuhan plastik PET	61
5.3.4 Perhitungan kebutuhan bata merah	62
5.4 Hasil Pengujian <i>Paving Block</i>	63
5.4.1 Porositas	63
5.4.2 Pengujian kuat tekan	67
5.4.3 Pengujian ketahanan aus	75
5.4.4 Pengujian daya serap air	81
5.5 Keseluruhan Pembahasan	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	90
6.1 Kesimpulan	90
6.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Limbah Batu Bata Merah	25
Gambar 3.2 Limbah Plastik PET	26
Gambar 3.3 <i>Paving Block</i>	27
Gambar 3.4 Ukuran <i>Paving Block</i>	27
Gambar 3.5 Mesin Pengujian Kuat Tekan	33
Gambar 3.6 Mesin Uji Ketahanan Aus	34
Gambar 4.1 Serbuk Batu Bata Merah	37
Gambar 4.2 Cacahan Plastik PET	38
Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Daerah II	53
Gambar 5.2 Grafik Porositas	67
Gambar 5.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	72
Gambar 5.4 Grafik Pengujian Ketahanan Aus <i>Paving Block</i>	78
Gambar 5.5 Grafik Pengujian Daya Serap <i>Paving Block</i>	84
Gambar 5.6 Grafik Perolehan Mutu Kuat Tekan	87
Gambar 5.7 Grafik Perolehan Mutu Ketahanan Aus	88
Gambar 5.8 Grafik Perolehan Mutu Daya Serap Air	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Klasifikasi <i>Paving Block</i>	28
Tabel 3.2 Sifat Fisika	28
Tabel 3.3 Senyawa Semen <i>Portland</i>	29
Tabel 3.5 Batas Gradasi Agregat Halus	30
Tabel 4.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	35
Tabel 5.1 Hasil Analisa Saringan	52
Tabel 5.2 Daerah Gradasi Agregat Halus	52
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Padat	55
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur	56
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur	57
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	58
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Semen	59
Tabel 5.8 Kebutuhan Total Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	63
Tabel 5.9 Perhitungan Porositas Variasi 1	65
Tabel 5.10 Perhitungan Porositas Variasi 2	65
Tabel 5.11 Perhitungan Porositas Variasi 3	65
Tabel 5.12 Perhitungan Porositas Variasi 4	66
Tabel 5.13 Perhitungan Porositas Variasi 5	66
Tabel 5.14 Perhitungan Porositas Variasi 6	66
Tabel 5.15 Perhitungan Porositas Variasi 7	67
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1	68
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2	69
Tabel 5.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3	69
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 4	70
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 5	70
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 6	71
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 7	71
Tabel 5.23 Penggolongan Mutu Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	72

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 1	76
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 2	76
Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 3	76
Tabel 5.27 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 4	77
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 5	77
Tabel 5.29 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 6	77
Tabel 5.30 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 7	78
Tabel 5.31 Penggolongan Mutu Ketahanan Au s <i>Paving Block</i>	79
Tabel 5.32 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 1	81
Tabel 5.33 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 2	82
Tabel 5.34 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 3	82
Tabel 5.35 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 4	82
Tabel 5.36 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 5	83
Tabel 5.37 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 6	83
Tabel 5.38 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 7	83
Tabel 5.39 Penggolongan Mutu Daya Serap Air <i>Paving Block</i>	84
Tabel 5.40 Rekapitulasi Mutu Benda Uji	89

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah tentunya akan dapat mengurangi permasalahan lingkungan. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan limbah sebagai bahan substitusi *paving block*. Penggunaan limbah sebagai bahan substitusi campuran *paving block* dapat berasal dari limbah konstruksi maupun limbah rumah tangga contohnya adalah limbah batu bata merah yang diolah menjadi serbuk dan limbah plastik PET yang sudah dicacah. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh serbuk limbah bata merah dan cacahan limbah plastik PET sebagai substitusi bahan penyusun *paving block* terhadap nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air serta mengetahui komposisi yang optimal dari penggunaan bahan pengganti tersebut.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan menghitung komposisi bahan pembentuk seperti semen, pasir, air, serbuk bata merah, dan pecahan plastik PET. Presentase serbuk bata merah yang dipakai adalah variasi 0% dan 5%, sementara persentase pecahan plastik PET berkisar antara 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5%. Bahan-bahan tersebut dicampurkan kemudian melalui proses pencetakan yang kemudian dilakukan proses perawatan selama 28 hari. Pengujian *paving block* mengacu pada SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil paling optimal pada varian 5% bata merah; 0,3% plastik PET dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 12,93 MPa, nilai ketahanan aus rata-rata sebesar 0,184 mm/menit dan daya serap air rata-rata sebesar 7,83%, dengan mutu yang didapatkan adalah mutu D.

Kata kunci: *Paving Block*, Limbah, Serbuk Bata Merah, Cacahan Plastik PET

ABSTRACT

The utilization of waste can certainly reduce environmental problems. One example is the utilization of waste as a substitute material for paving blocks. The use of waste as a substitute material in the mixture of paving blocks can come from construction waste or household waste, such as processed waste from red bricks turned into powder and crushed PET plastic waste. This research aims to determine the impact of red brick powder and crushed PET plastic waste as substitutes for the components of paving blocks on compressive strength, wear resistance, water absorption, and to identify the optimal composition for the use of these substitute materials.

The creation of test specimens involves calculating the composition of forming materials such as cement, sand, water, red brick powder, and PET plastic fragments. The percentage of red brick powder used varies between 0% and 5%, while the percentage of PET plastic fragments ranges from 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, to 0.5%. These materials are mixed and then subjected to a molding process, followed by a curing process for 28 days. The testing of paving blocks is conducted according to the SNI 03-0691-1996 standard.

Based on the conducted tests, the most optimal result is obtained with the 5% red brick; 0.3% PET plastic variant, with an average compressive strength of 12.93 MPa, an average wear resistance of 0.184 mm/minute, and an average water absorption of 7.83%. The obtained quality is classified as Grade D

Keywords: *Paving Block, Waste, Red Brick Powder, PET Plastic Scraps*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Piastiwi D (2018), Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak di Asia Tenggara yakni jumlah penduduk Indonesia sebanyak 255.461.700 jiwa pada tahun 2015. Semakin tinggi angka penduduk maka akan menyebabkan semakin tingginya angka produksi limbah, jika tidak dapat teratasi dengan baik limbah akan menjadi masalah yang serius. Pemanfaatan limbah tentunya akan dapat mengurangi permasalahan lingkungan salah satu contohnya adalah pemanfaatan limbah batu bata merah dan plastik PET sebagai bahan substitusi campuran *paving block*.

Paving block adalah suatu komponen bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen hidrolis atau sejenisnya, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut. *Paving block* dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat pewarna pada komposisinya dan digunakan untuk lantai baik di dalam maupun di luar bangunan (Adibroto 2014). Pemasangan *paving block* yang mudah dan harganya yang murah juga menjadi alasan kenapa *paving block* dipilih menjadi bahan perkerasan lapisan permukaan tanah pada proyek rumah hunian di Indonesia (Anthony 2020). Pemanfaatan limbah menjadi *paving block* akan membantu mengurangi permasalahan limbah yang ada di Indonesia.

Batu bata merah merupakan salah satu bahan pokok konstruksi dalam pembuatan dinding rumah hunian. Sebagian besar kegiatan pembangunan rumah hunian masih menggunakan batu bata merah sebagai bahan pokok pembuatan dindingnya hal ini dikarenakan harganya yang murah dan bahannya yang tidak menyerap panas. Tetapi dalam prosesnya batu bata merah ini sering menjadi limbah dalam kegiatan proyek konstruksi, maka dari itu perlu adanya pemanfaatan limbah batu bata merah ini

menjadi produk yang berguna. Salah satu pemanfaatan dari limbah batu bata merah ini adalah bahan substitusi pembuatan *paving block*.

Tumbukan batu bata merah adalah hasil dari penghalusan batu bata merah menjadi serbuk dengan cara menumbuknya hingga mencapai tingkat kehalusan tertentu. Menurut Iwan dan Gulo (2012), serbuk batu bata ini, sebagai salah satu bentuk posolan, mengandung silika yang dapat mengurangi pelepasan kapur dengan membentuk zat perekat ketika ditambahkan pada reaksi antara semen dan air. Menurut Iwan dan Gulo (2012), dengan penambahan 5% tumbukan batu bata merah sebagai pengurangan semen dapat menghasilkan kuat tekan beton rata-rata sebesar $172,91 \text{ kg/cm}^2$, tingkat keausan rata-rata sebesar $0,188 \text{ mm/menit}$ dan nilai daya resap air rata-rata sebesar $7,69\%$. Dari hasil penelitian tersebut akan dijadikan acuan dalam pembuatan tugas akhir ini yakni dengan menggunakan 5% serbuk batu bata merah sebagai pengurangan semen dalam campuran *paving block*.

Menurut Iwan dan Gulo (2012), Semakin tinggi komposisi dari serbuk batu bata merah terhadap campuran *paving block* akan meningkatkan nilai daya resap air yang mengakibatkan menurunnya nilai kuat tekan, maka dari itu perlu adanya suatu bahan tambah atau substitusi yang dapat mengurangi nilai dari daya resap air tersebut. Menurut Ayyuni dan Yuriandala (2021), penambahan plastik *Polyethylene Terephthalate* sebagai substitusi agregat halus pada *paving block* dapat menghasilkan daya serap air terkecil yakni dengan substitusi $0,5\%$ campuran plastik PET pada agregat halus. Selain berguna untuk mengurangi daya resap air pada beton penggunaan plastik PET ini juga akan mengurangi permasalahan lingkungan khususnya jika menggunakan limbah dari plastik PET tersebut. Limbah plastik PET contohnya adalah limbah botol air minum kemasan tanpa tutup botolnya. Dalam penelitian ini digunakan limbah plastik PET berupa botol bekas air minum kemasan tanpa menggunakan tutup botol dengan penambahan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi permasalahan limbah khususnya limbah batu bata merah dan limbah plastik PET.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan yakni sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan *paving block*?
2. Bagaimana pengaruh dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai daya resap air *paving block*?
3. Bagaimana pengaruh dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap tingkat keausan *paving block*?
4. Berapa komposisi yang optimal dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap *paving block*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan *paving block*.
2. Mengetahui pengaruh dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai daya resap air *paving block*.
3. Mengetahui pengaruh dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap tingkat keausan *paving block*.
4. Mengetahui komposisi yang optimal dari serbuk limbah batu bata merah sebagai substitusi semen dan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat halus terhadap *paving block*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. mengurangi permasalahan limbah yang ada di Indonesia khususnya limbah konstruksi berupa batu bata merah dan limbah plastik PET
2. menghasilkan *paving block* yang memenuhi standar SNI-03-0691-1996.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut adalah Batasan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Material limbah batu bata merah yang terdapat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.
2. Semen yang digunakan adalah semen jenis PCC merk Tiga Roda.
3. Pasir yang digunakan dalam kondisi SSD dengan besaran butir maksimum 4,75 mm
4. Serbuk limbah batu bata merah yang digunakan lolos saringan No.40.
5. Limbah plastik PET yang digunakan telah dicacah dengan besaran butir maksimum 4,75 mm
6. Substitusi serbuk bata merah yang digunakan sebesar 5% sebagai substitusi semen berdasarkan penelitian Iwan dan Gulo (2012).
7. Substitusi limbah PET yang digunakan sebesar 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% sebagai substitusi pasir.
8. Ukuran *paving block* yang digunakan adalah 20 cm x 10 cm x 6 cm yang sesuai pada SNI-03-0691-1996 tentang *paving block*.
9. Perbandingan yang dipakai dalam campuran *paving block* 1 semen : 6 Pasir berdasarkan penelitian Ayyuni Luthfianti dan Yuriandala (2021).
10. Umur *paving block* saat pengujian adalah 28 hari.
11. Persyaratan lain tentang *paving block* yang dibuat berdasarkan pada SNI-03-0691-1996 tentang *paving block*.
12. Pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII.
13. Pengujian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bahan Konstruksi FTSP UII Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengaruh Limbah Batu Bata Merah Terhadap Sifat Mekanik *Paving Block*

Berikut adalah beberapa contoh penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya tentang pengaruh limbah batu bata merah terhadap sifat mekanik *paving block*.

Menurut Iwan dan Gulo (2012), dalam penelitian tentang pengaruh penambahan tumbukan batu bata merah dan pengurangan semen terhadap kuat tekan serta keausan *paving block* yang menggunakan 2 jenis ukuran benda uji yakni (20 x 10 x 6) cm dan (5 x 5 x 2) cm dengan komposisi semen : pasir yakni 1 : 10, 0,95 : 10, 0,9 : 10, 0,85 : 10 dengan penambahan tumbukan bata merah masing – masing sebesar 0%, 5%, 10%, 15%. Tumbukan batu bata merah yang dipakai yakni adalah tumbukan yang lolos saringan no. 40. Pada penambahan batu bata merah 0% menghasilkan kuat tekan rata – rata terbesar yakni 172,91 kg/cm³ dan mengalami penurunan kuat tekan rata - rata pada tambahan batu bata merah 5%, 10% dan 5% sebesar 153,85 kg/cm³, 100,49 kg/cm³, dan 64,61 kg/cm³. Pada nilai keausan rata-rata penambahan 0% batu bata merah adalah 0,185 mm/menit dan mengalami peningkatan nilai keausan rata – rata pada penambahan batu bata merah 5%, 10% dan 15% sebesar 0,188 mm/menit, 0,285 mm/menit dan 0,294 mm/menit.

Menurut Permatasari (2019), yang telah melakukan penelitian terhadap pengaruh kuat tekan beton $f_c'21$ menggunakan agregat kasar PT. AMR dan agregat halus Desa Sunggup Kota Baru. Komposisi penambahan bata merah adalah 0%, 15%, 20% dan 25% dengan menggunakan umur beton yang divariasikan yakni 3 hari dan 28 hari. Pada umur beton 3 hari kuat tekan beton normal tanpa adanya penambahan bata merah yakni sebesar 21,34 MPa mengalami peningkatan pada penambahan 15% campuran batu bata merah yakni 21,48 MPa dan mengalami

penurunan pada campuran batu bata merah pada komposisi 20% dan 25% yakni sebesar 20,97 MPa dan 20,38 MPa. Pada umur beton 28 hari beton normal tanpa adanya campuran batu bata merah yakni sebesar 21,34 MPa dan terjadi peningkatan umur beton di 15% campuran batu bata merah yakni sebesar 21,57 MPa kemudian terjadi penurunan pada 20% dan 25% campuran batu bata merah sebesar 21,02 MPa dan 20,44 MPa.

Menurut Rizki (2020), dalam penelitiannya tentang pengaruh campuran tumbukan bata merah pada semen dalam pembuatan *paving block* dengan menggunakan metode tekanan dengan menggunakan tumbukan bata merah dengan variasi 0% dan 5% serta menggunakan variasi beban dan tumbukan sebesar 500 kg dan 5 kali tumbukan, 500 kg dan 10 kali tumbukan, 600 kg dan 5 kali tumbukan, 600 kg dan 10 kali tumbukan didapatkan hasil bahwa Pada pengujian dengan beban dan tumbukan yang sama sebanyak 600 kg dan 10 kali tumbukan, nilai rata-rata kuat tekan pada *paving block* tanpa campuran adalah 10,069 MPa, sedangkan pada *paving block* dengan campuran nilai kuat tekan rata-rata adalah 9,861 MPa. Sementara itu, nilai penyerapan air terendah pada *paving block* tanpa campuran adalah 11,059% pada pengujian dengan beban sebesar 500 kg dan 5 kali tumbukan, sedangkan pada *paving block* dengan campuran nilai penyerapan air terkecil adalah 11,056% pada pengujian dengan beban 600 kg dan 5 kali tumbukan.

2.2 Pengaruh Limbah Plastik Terhadap Sifat Mekanik *Paving Block*

Berikut adalah beberapa contoh penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya tentang pengaruh limbah plastik terhadap sifat mekanik *paving block*.

Menurut Yusuf (2015), pemanfaatan limbah plastik untuk bahan tambahan pembuatan *paving block* sebagai alternatif perkerasan pada lahan parkir di Universitas Muhammadiyah Metro dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*. Perbandingan pada semen : pasir adalah 1 : 6 serta penambahan serat plastik sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6% dan 0,8% dari volume serta menggunakan umur beton yang divariasikan yakni 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Kuat tekan yang paling optimum terjadi penambahan serat plastis sebesar 0,4% dengan menggunakan umur beton 28 hari yakni sebesar 185,23 kg/cm² mengalami

peningkatan sebesar 41,83% dari *paving block* normal tanpa adanya penambahan serat plastis pada umur beton 28 hari.

Menurut Kusuma (2019), dalam penelitiannya tentang pemanfaatan sampah plastik jenis PP sebagai substitusi agregat pada bata beton *paving block* yang menggunakan cacahan plastik PP sebagai substitusi agregat halus dengan variasi cacahan plastik pp sebesar 0,3%, 0,4%, 0,5% 0,6% dari berat agregat halus, serta menggunakan perbandingan semen dan pasir 1 : 5 didapatkan hasil komposisi plastik 0,4% memberikan tekanan maksimum pada *paving block* sebesar 11,91 MPa, yang merupakan peningkatan sebesar 27,1% dibandingkan dengan *paving block* yang tidak memiliki kandungan plastik. Meskipun nilai kuat tekan menurun pada komposisi plastik 0,5% dan 0,6%, namun nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* yang tidak memiliki kandungan plastik. *Paving block* dengan komposisi plastik 0,4% juga menunjukkan nilai daya serap air paling rendah, yaitu sebesar 9%.

Menurut Ayyuni Luthfianti dan Yuriandala (2021), pemanfaatan sampah plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai substitusi agregat halus pada *paving block* dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*. Komposisi semen : pasir adalah 1 : 6 serta persentase plastik yang digunakan adalah 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% dengan pembuatan benda uji 15 buah setiap komposisi. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil kuat tekan rata-rata dari 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% penambahan sampah plastik PET sebagai substitusi agregat halus sebesar 11,32 MPa, 12,31 Mpa, 12,70 MPa, 14,55 MPa dan 11,82 MPa. Sedangkan penyerapan Air rata-rata dari 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% penambahan sampah plastik PET sebagai substitusi agregat halus sebesar 10%, 8%, 7%, 5% dan 9%.

2.3 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat ditemukan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2019)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
Judul	Pengaruh Penambahan Tumbukan Batu Bata Merah dan Pengurangan Semen Terhadap Kuat Tekat Serta Keausan <i>Paving Block</i>	Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Bahan Tambahan Pembuatan <i>Paving Block</i> Sebagai Alternatif Perkerasan Pada Lahan Parkir di Universitas Muhammadiyah Metro	Pengaruh Bahan Tambah Batu Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'21 Menggunakan Agregat Kasar PT. AMR dan Agregat Halus Desa Sunggup	Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (<i>Poly Propylene</i>) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (<i>Paving Block</i>)	Pengaruh Campuran Tumbukan Bata Merah pada Semen Dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> dengan Metode Tekanan	Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis <i>Plyethyleme Teraphthalate</i> (PET) Sebagai Substitusi Agregat Halus pada <i>Paving Block</i>	Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Batu Bata Merah dan Cacahan Plastik PET Terhadap <i>Paving Block</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
Tujuan	Meningkatkan pemberdayaan sumber daya lokal yang berada dilingkungan sehingga dapat mengurangi pemakaian semen <i>Portland</i>	mempelajari dampak dari penambahan serat plastik dalam campuran <i>paving</i> terhadap peningkatan kuat tekan <i>paving block</i>	Untuk mengetahui pengaruh komposisi batu bata merah sebagai pengganti agregat halus campuran beton mutu	mengevaluasi dampak dari cacahan plastik PP dalam campuran <i>paving block</i> terhadap peningkatan kuat tekan dan kemampuan	1. Mengetahui pengaruh dari campuran bata merah terhadap nilai kuat tekan dan daya resap air <i>paving block</i> 2. Mengetahui	mengetahui nilai rata rata kuat tekan yang dapat diterima dan nilai persentase penyerapan air oleh <i>paving block</i> dengan	1. Untuk mengetahui kualitas <i>paving block</i> yang telah di beri bahan subtitusi tumbukan limbah batu bata merah dan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	dalam pembuatan <i>paving block</i>		fc'21 dan untuk mengetahui hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi batu bata merah sebagai pengganti	menyerap air <i>paving block</i>	pengaruh besar tekanan serta banyaknya tekanan tumbukan pada pembuatan <i>paving block</i> terhadap nilai kuat	subtitusi agregat halus dalam bentuk cacahan plastik polyethylene terephthalate (PET) untuk tiap komposisi	2. cacahan limbah plastik PET Untuk mengetahui implementasi dari bahan tambah serbuk limbah batu bata merah dan bahan tambah

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
			agregat halus untuk mutu beton fc' 21		dan daya serap air		limbah plastik PET terhadap <i>paving block</i> 3. Untuk mengetahui komposisi yang optimal dari bahan tambah limbah

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
							plastik PET terhadap <i>paving block</i>
Parameter	1. Menggunakan tumbukan batu bata merah sebagai substitus	1. Serat plastik digunakan sebagai bahan tambah dengan	1. Penambahan bata merah sebagai substitusi agregat halus	1. Menggunakan cacahan plastik PP sebagai substitusi agregat	1. Menggunakan tumbukan bata merah dengan variasi 0% dan	1. Plastik PET sebagai substitusi agregat halus	1. Menggunakan tumbukan limbah batu bata merah yang lolos saringan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	<p>i semen</p> <p>2. Menggunakan pasir Progo</p> <p>3. Semen yang digunakan adalah semen <i>Portland</i> tipe 1</p>	<p>variasi 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dari volume</p> <p>2. Serat plastik di manfaatkan dengan cara di lelehkan</p>	<p>2. Komposisi penambahan bata merah 0%, 15%, 20%, 25% dari berat pasir campuran beton</p>	<p>halus</p> <p>2. Menggunakan variasi cacahan plastik PP 0,3%, 0,4%, 0,5% 0,6%</p> <p>3. Menggunakan</p>	<p>5% dari berat semen</p> <p>2. Perbandingan semen dan pasir yakni 1 : 5</p> <p>3. Pembuatan <i>paving block</i> menggunakan alat tekan</p>	<p>2. Plastik PET dimanfaatkan dengan cara di cacah dengan butiran maksimum 4,75 mm</p> <p>3. Presentase plastik PET yang</p>	<p>no. 40</p> <p>2. Menggunakan bahan tambah limbah PET sebesar 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5%</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	<p>(Semen Gresik)</p> <p>4. Menggunakan batu bata merah Prambanan (beli)</p> <p>5. Ukuran <i>paving block</i> 20</p>	<p>2. Menggunakan fas 0,5</p> <p>3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan</p> <p>Pengujian dilakukan pada</p>		<p>perbandingan perbandingan semen : pasir 1 : 6</p> <p>4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan</p>	<p>momen dengan penambahan beban tumbukan</p> <p>4. Variasi beban dan tumbukan yang dipakai adalah 500 kg dan 5 kali</p>	<p>digunakan adalah 0,3%, 0,4%, 0,5%, 0,6%</p> <p>4. Komposisi campuran semen : pasir yang digunakan adalah 1 : 6</p> <p>5. Pengujian yang</p>	<p>sebagai substitusi pasir</p> <p>3. Menggunakan cacahan limbah plastik PET yang lolos saringan 4,75 mm</p> <p>4. Mengguna</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	<p>cm x 10 cm x 6 cm dan 5 cm x 5 cm x 2 cm</p> <p>6. Presentase tumbukan yang dipakai 0%, 5%,</p>	umur 28 hari		<p>dan pengujian daya resap air</p>	<p>tumbukan, 500 kg dan 10 kali tumbukan, 600 kg dan 5 kali tumbukan, 600 kg dan 10 kali tumbukan</p>	<p>dilakukan berupa pengujian kuat tekan dan daya resap air</p>	<p>kan bahan tambah serbuk bata merah sebesar 5% sebagai substitusi semen</p> <p>5. Menggunakan pasir dengan kondisi</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
							<p>6. SSD yang lolos saringan 4,75 mm</p> <p>7. Menggunakan semen <i>Portland</i> Ukuran <i>paving block</i> yang digunakan adalah</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
							20cm x 10cm x 6cm yang sesuai pada SNI-03-0691-1996 tentang <i>paving block</i>
Hasil	Berdasarkan penelitian yang	Kuat tekan yang paling optimum	Tanpa penambahan bata merah,	Meskipun nilai kuat tekan	Pada pengujian dengan beban	Kuat tekan rata-rata dari 0%, 0,3%,	Dari hasil pengujian didapatkan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	dilakukan, didapatkan bahwa <i>paving block</i> memiliki kuat tekan dan kemampuan menyerap air yang terbesar mencapai	terjadi di penambahan serat plastis sebesar 0,4% dengan menggunakan umur beton 28 hari yakni sebesar 185,23 kg/cm ² mengalami peningkatan	kuat tekan beton mencapai 21,40 MPa. Namun, ketika bata merah ditambahkan ke dalam campuran beton sebanyak 15%, 20%,	menurun pada komposisi plastik 0,5% dan 0,6%, namun nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan paving block yang	dan tumbukan yang sama sebanyak 600 kg dan 10 kali tumbukan, nilai rata-rata kuat tekan pada <i>paving block</i> tanpa campuran adalah 10,069 MPa,	0,4%, 0,5% dan 0,6% penambahan sampah plastik PET sebagai substitusi agregat halus sebesar 11,32 MPa, 12,31 Mpa, 12,70 MPa, 14,55 MPa dan 11,82 MPa.	nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air yang optimal ada pada varian bata merah 5%;plastik PET 0,3% yakni dengan nilai kuat tekan,

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	153,85 kg/cm ² . Sedangkan, kemampuan daya serap air terkecil terjadi pada persentase tumbukan batu bata merah sebesar 5%, dengan	sebesar 41,83% dari <i>paving block</i> normal tanpa adanya penambahan serat plastis pada umur beton 28 hari	dan 25%, terjadi peningkatan kuat tekan menjadi masing-masing 21,57 MPa, 21,02 MPa, dan 20,44 MPa	tidak memiliki kandungan plastik. Paving block dengan komposisi plastik 0,4% juga menunjukkan nilai daya serap air	sedangkan pada <i>paving block</i> dengan campuran nilai kuat tekan rata-rata adalah 9,861 MPa. Sementara itu, nilai penyerapan air terendah pada <i>paving</i>	Sedangkan penyerakan Air rata-rata dari 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% penambahan sampah plastik PET sebagai substitusi agregat halus sebesar 10%, 8%, 7%, 5%	ketahanan aus dan daya serap air masing-masing sebesar 12,93 MPa, 0,184 mm/menit dan 7,83%.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
	presentase daya serap air sebesar 7,96%			paling rendah, yaitu sebesar 9%	<i>block</i> tanpa campuran adalah 11,059% pada pengujian dengan beban sebesar 500 kg dan 5 kali tumbukan, sedangkan pada <i>paving block</i> dengan	dan 9%	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wikana I dan Gulo D (2012)	Amran Y (2015)	Permata S (2016)	Ardhaya Kusuma G (2019)	Farras Rizki M (2020)	Luthfianti Q.A, Yuriandala Y dan Kasam (2021)	Liga Saputra F (2023)
					campuran nilai penyerapan air terkecil adalah 11,056% pada pengujian dengan beban 600 kg dan 5 kali tumbukan		

2.4 Keaslian Penelitian

Berdasarkan keempat penelitian di atas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan tumbukan batu bata merah dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton tetapi dengan menggunakan komposisi yang pas. Penambahan tumbukan batu bata merah yang terlalu berlebih dapat mengurangi nilai kuat tekan beton dan mengakibatkan membesarnya nilai daya resap air, maka dari itu harus dicari bahan substitusi untuk mengurangi dari efek samping penggunaan tumbukan batu bata merah tersebut. Penggunaan bahan substitusi semen yaitu limbah plastik menurut penelitian di atas dapat mengurangi nilai dari daya resap air serta dapat juga menambah nilai kuat tekan beton. Disamping itu umur beton juga mempengaruhi nilai dari kuat tekan beton, dalam penelitian di atas umur beton 28 hari sangat optimal karena pada saat umur beton telah mencapai 28 hari maka kekuatan dari beton tersebut akan meningkat sampai 99%.

Penelitian yang dilakukan berdasarkan pada penelitian-penelitian sebelumnya, namun penulis memastikan bahwa penelitian ini merupakan karya asli dan tidak melakukan plagiasi. Terdapat beberapa perbedaan dalam penelitian tugas akhir ini. Penelitian saat ini menggabungkan semua subjek dari penelitian terdahulu yakni dengan mengunci komposisi 5% tumbukan limbah batu bata merah sebagai substitusi dari semen serta menambahkan cacahan limbah plastik PET yang berupa limbah kemasan air minum tanpa tutup botol yang sudah lolos saringan 4,75 mm sebagai substitusi pasir dengan variasi 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% dari berat total pasir. Penambahan limbah plastik PET dipilih agar dapat mengurangi efek samping dari penambahan limbah tumbukan batu bata merah yakni daya resap air. Serta diadakan penelitian tentang tingkat keausan dari *paving block* itu sendiri setelah adanya substitusi tumbukan limbah batu bata merah dan cacahan limbah plastik PET.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun rumah tangga, yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis (Widjajanti, 2009). Secara fisik, limbah bisa ada dalam wujud padat, cair, atau gas. Beberapa contoh jenis limbah termasuk sampah rumah tangga, limbah industri, limbah medis, limbah pertanian, dan limbah radioaktif. Limbah sering mengandung bahan kimia berbahaya, logam berat, dan bahan beracun lainnya yang bisa merugikan kesehatan manusia dan lingkungan (Fitriyah, 2013). Karena itu, pengelolaan limbah yang baik sangat penting dalam melindungi kesehatan dan lingkungan.

3.2 Pengertian Limbah Batu Bata Merah

Bata merah merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Bata merah terbuat dari tanah liat yang dibakar dengan suhu tinggi sampai berwarna kemerah-merahan. Bata merah merupakan salah satu bahan pembuat dinding yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini karena bata merah merupakan bahan yang tahan api. Selain itu, ukuran bata merah yang relatif cukup ditangan juga memungkinkan pekerjaan pemasangan bata merah cukup mudah dikerjakan dan divariasasi oleh tukang. Sifat yang perlu diperhatikan untuk bata merah adalah kekuatan menahan beban tekan, tidak terdapat cacat atau retak-retak pada permukaannya, kandungan garamnya kecil atau tidak mengandung garam, tepinya tajam dan penyerapan airnya memenuhi persyaratan (Prayuda dan Cahyati, 2016)

Limbah batu bata merah umum dijumpai di proyek konstruksi perumahan karena harganya yang relatif murah dan sifatnya yang tidak menyerap panas

menjadi batu bata merah masih digemari untuk bahan dasar pembuatan dinding rumah hunian, bentuk dari limbah batu bata merah dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Limbah Batu Bata Merah

3.3 Pengertian Plastik PET

Plastik adalah senyawa polimer alkena dengan bentuk molekul sangat besar. Istilah plastik menurut pengertian kimia, mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Molekul plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau nilai ekonominya. Menurut pengertian alamiahnya, terdapat beberapa polimer (pengulangan tidak terhingga dari monomer-monomer) yang digolongkan ke dalam kategori plastik (Basuki dan Darmanijati, 2018).

Limbah plastik PET adalah suatu limbah yang umumnya dan paling banyak berasal dari botol bekas kemasan air minum yang umum dijual di Indonesia. PET atau polietilena tereftalat adalah polimer termoplastik yang serbaguna dan termasuk dalam polimer polyester yang dimana dikenal dengan sifat unggulnya yakni dalam segi mekanik, termal, dan resistan dari zat kimia. Umumnya ciri limbah plastik PET terdapat simbol daur ulang angka 1

Contoh dari penggunaan plastik PET yakni ada pada botol kemasan air mineral dan sejenisnya yang umum dijumpai. Karena sifat PET yang tahan air dan tahan terhadap kelembapan menjadikan PET memiliki tingkat kekuatan yang cukup

tinggi untuk kemasan makanan. Selain digunakan dalam industri makanan plastik PET juga diaplikasikan di tekstil sebagai kain *polyester* PET, gambar dari limbah plastik PET dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Limbah Plastik PET

3.4 Pengertian *Paving Block*

Paving block adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran semen, pasir, air, sehingga karakteristiknya hampir mendekati mortar (Sebayang, 2011). *Paving block*/ bata beton (*concrete block*)/ *cone blok*. merupakan produk bahan bangunan yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. Dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton (Nurzal dan Mahmud, 2013). Dalam pembuatannya *paving block* menggunakan susunan bahan yang sama seperti beton pada umumnya yaitu semen, pasir dan air. Selain itu cara pengujian kuat desak, daya resap air serta pemeliharaan hingga umur beton yang ditentukan juga sama (Nugroho, 2017).

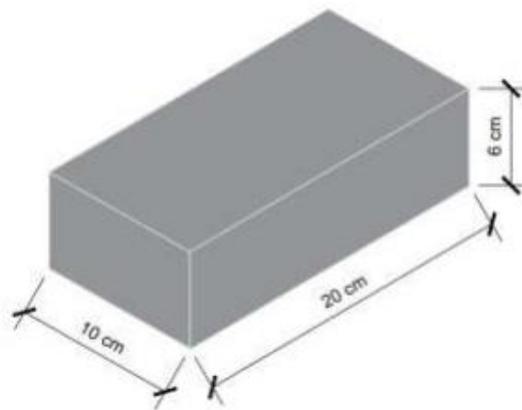
Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut, bentuk *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Paving Block

3.5 Bentuk dan Ukuran *Paving Block*

Pada umumnya bentuk dan ukuran dari *paving block* tidak ditentukan secara rinci dalam SNI 03-0691-1996 bentuk dan ukuran *paving block* menyesuaikan dengan kebutuhan yang ada contohnya seperti *paving block* berbentuk segi enam yang biasa digunakan di pekarangan rumah serta *paving block* yang berbentuk segi empat yang biasa dijumpai di jalan perumahan yang digunakan sebagai media perkerasan jalan. Ukuran *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ukuran *Paving Block*

3.6 Klasifikasi *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* dibagi menjadi 4 klasifikasi menurut kegunaannya yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Klasifikasi *Paving Block*

Klasifikasi	Kegunaan
A	Untuk jalan
B	Untuk peralatan parkir
C	Untuk pejalan kaki
D	Untuk taman dan penggunaan lain

(Sumber: SNI 03-0691-1996)

3.7 Syarat Mutu *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 persyaratan mutu *paving block* adalah sebagai berikut :

1. Sifat tampak

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

2. Ukuran

Bata beton harus mempunyai tebal nominal 60 mm dengan toleransi +8%.

3. Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat fisika seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sifat Fisika

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

(Sumber: SNI 03-0691-1996)

4. Ketahanan terhadap *natrium sulfat*

Yakni beton pada saat diuji tidak boleh carat dan kehilangan berat yang diperkenankan nilai maksimum 1%.

3.8 Modulus Halus Butir

Modulus halus butiran adalah sebuah nilai yang mengindikasikan seberapa halus atau kasar agregat. Nilai modulus halus didapat dengan melakukan analisis saringan pada agregat dan menghitung persentase kumulatif butir-butir agregat yang tersaring di atas suatu ukuran ayakan tertentu, kemudian dibagi dengan 100. Semakin tinggi nilai modulus halus, semakin kasar agregat tersebut. Menurut SK-SNI-T-15-1990-03, kehalusan modulus halus butiran pasir berkisar antara 1,5 - 3,8 cm³/g.

3.9 Bahan Penyusun *Paving Block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 bahan penyusun *paving block* adalah semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus dan air.

3.9.1 Semen *Portland*

Definisi semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Kandungan dari semen *Portland* sendiri seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 yang dimana akan mempengaruhi dari kualitas semen itu sendiri.

Tabel 3.3 Senyawa Semen *Portland*

Senyawa	Kandungan (%)
Kapur (CaO)	60-70
Silika (SiO ₂)	17-25

Lanjutan Tabel 3.4 Senyawa Semen Portland

Alumina(Al_2O_3)	3,0-8,0
Besi (Fe_2O_3)	0,5-6,0
Magnesia (MgO)	0,1-5,5
Sulfur (SO_3)	1,0-3,0
Potash ($Na_2O + K_2O$)	0,5-1,3

(Sumber: Tjokrodinuljo, 2007)

3.9.2 Agregat halus

Agregat halus adalah suatu mineral yang dimana butirannya mempunyai ukuran antara 0,15 mm – 5 mm atau butiran yang lolos ayakan 4,75 mm. agregat halus dapat berasal dari alam seperti pasir sungai, pasir pantai maupun pasir di sekitar gunung berapi dan berasal dari proses industri yakni mineral yang telah ditumbuk maupun dicacah yang dimana butirannya berukuran 0,15 mm – 5 mm.

Agregat halus memiliki batas gradasi yang dimana akan menentukan jenis berdasarkan ukuran agregat halus yang dimana dibagi menjadi 4 jenis yakni seperti pada tabel 3.4.

Tabel 3.5 Batas Gradasi Agregat Halus

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Keterangan :

- Daerah I : Pasir kasar
- Daerah II : Pasir agak kasar
- Daerah III : Pasir agak halus
- Daerah IV : Pasir halus

3.9.3 Air

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi hidup dan kehidupan seluruh makhluk hidup, termasuk manusia. Air adalah asal muasal dari segala macam bentuk kehidupan di planet bumi ini. Dari air bermula kehidupan dan karena air peradaban tumbuh dan berkembang (Samekto et al., 2016). Air sendiri memiliki ciri-ciri yakni tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa bila dalam kondisi standar.

Dalam dunia konstruksi air berfungsi sebagai bahan pencampur serta pemicu reaksi hidrasi antara semen dan agregat, yang nanti akan menjadi mortar. Air sendiri sangat berpengaruh terhadap kualitas beton jika kekurangan air maka beton akan sangat sulit terbentuk di dalam cetakan atau bekisting serta proses hidrasi antara semen dan agregat menjadi tidak maksimal, namun jika berlebihan maka air akan mengakibatkan berkurangnya kekuatan beton itu sendiri.

Menurut SK SNI-S-04-1989-F persyaratan kualitas air untuk campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Air harus bersih.
2. Air tidak boleh mengandung lumpur, minyak dan benda terapung yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung tersuspensi dari 2 gram setiap liter
4. Tidak mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut dapat merusak beton.
5. Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan tidak lebih dari 10%.
6. Air yang meragukan harus dianalisa secara kimia.

3.10 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada beton adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan gaya tekan yang mampu diterima oleh beton. Menurut SNI 03-0691-1996, cara pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

1. Ambil 10 buah benda uji masing-masing dipotong bentuk kubus dan rusuk-rusuknya sebesar 60 mm x 60 mm setebal 60 mm.
2. Contoh uji yang telah siap ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan ini dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit, arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan tekanan beban di dalam pemakaiannya.
3. Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

(3.10)

Keterangan :

P = Beban tekan, (N)

L = Luas bidang tekan, (m²)

Mesin yang digunakan pada pengujian adalah mesin kuat tekan yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mesin Pengujian Kuat Tekan

3.11 Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian tingkat ketahanan aus yakni adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk menentukan tingkat dari keausan benda terhadap gesekan yang ada. Menurut SNI 03-0691-1996, cara pengujian ketahanan aus adalah sebagai berikut.

1. Ambil lima buah benda uji contoh uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm setebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus)
2. Sisa dari pemotongan dibuat persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm (untuk penentuan berat jenis)
3. Mesin aus yang dipergunakan, cara – cara mengaus dan mencari berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03-0028-1987, Cara uji ubin semen
4. Ketahanan aus dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Ketahanan aus} = 1,2 G + 0,0246$$

(3.11)

Keterangan :

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

Mesin yang digunakan pada pengujian adalah mesin uji ketahanan aus yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Mesin Uji Ketahanan Aus

3.12 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas atau batas daya serap air yang dapat diterima benda sampai batas maksimal. Menurut SNI 03-0691-1996 pengujian daya serap air dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Lima benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), ditimbang beratnya dalam keadaan basah
2. Kemudian dikeringkan dalam dapur pengering selama 24 jam, pada suhu kurang dari 105°C sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan terdahulu
3. Penyerapan air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

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

(3.12)

Keterangan :

A = Berat bata beton basah (gram)

B = Berat bata beton kering (gram)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

4.1.1 Alat

Adapun alat yang dipakai pada saat penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

Nama Alat	Kegunaan
Sikat	Membersihkan kotoran yang menempel di limbah batu bata merah
Karung Beras/Karung Goni	Wadah untuk proses pencacahan limbah batu bata merah/menampung batu bata merah sebelum proses pencacahan
Palu Kayu	Menghaluskan limbah batu bata merah
Baskom Plastik	Menampung agregat
Timbangan	Menimbang agregat
Saringan Set	Menyaring agregat
Ember	Menampung air
Gunting	Memotong limbah plastik PET
Blender	Mencacah limbah plastik PET
Gelas Ukur	Mengukur air
Sekop	Mengaduk material campuran <i>paving block</i>
Kerucut	Menguji berat jenis agregat
Penumbuk	Menumbuk agregat dalam kerucut
Piknometer	Mengukur berat jenis agregat

Lanjutan Tabel 4.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

Nama Alat	Kegunaan
Cetakan <i>Paving Block</i> 20cm x 10cm x 6cm	Mencetak material campuran <i>paving block</i>
Alat Press	Memadatkan campuran <i>paving block</i>
Alat Uji Kuat Tekan	Pengujian kuat tekan
Mesin Pengujian Aus	Pengujian tingkat keausan
Oven	Mengeringkan <i>paving block</i> saat pengujian daya serap air
Sarung Tangan Plastik	Melindungi tangan dari benda berbahaya
Kamera HP	Dokumentasi jalannya penelitian
Alat Tulis	Mencatat data yang didapatkan

4.1.2 Bahan

Berikut adalah bahan yang digunakan selama proses penelitian sebagai berikut.

1. Serbuk limbah batu bata merah yang lolos saringan no. 40
2. Cacahan limbah plastik PET
3. Semen *Portland*
4. Air suling bersih
5. Pasir/Agregat halus dalam kondisi SSD

4.2 Pengolahan Bahan Substitusi

4.2.1 Pembuatan serbuk limbah batu bata merah

Tujuan dari pembuatan tumbukan batu bata merah adalah sebagai substitusi semen pada campuran *paving block* berikut adalah langkah-langkah proses pembuatan agregat tumbukan batu bata merah sebagai berikut.

- a. Bersihkan limbah batu bata merah dari kotoran yang menempel pada limbah batu bata merah dengan menggunakan sikat

- b. Masukkan limbah batu bata merah yang sudah dibersihkan ke dalam karung goni yang telah disiapkan
- c. Haluskan dengan cara menumbuk karung goni yang telah diisi oleh limbah batu bata merah menggunakan palu kayu/martil hingga dirasa sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan

Hasil pengolahan bata merah menjadi serbuk dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.1 Serbuk Batu Bata Merah

4.2.2 Pembuatan cacahan limbah plastik PET

Tujuan dari pembuatan cacahan limbah plastik PET adalah sebagai substitusi pasir pada campuran *paving block* berikut adalah langkah-langkah proses pembuatan agregat tumbukan cacahan limbah plastik PET sebagai berikut.

- a. Bersihkan limbah botol plastik PET dari kotoran yang menempel
- b. Lepas tutup botol plastik PET dan gunting bagian plastik keras atas serta bawah pada botol
- c. Potong kecil-kecil bagian badan botol menggunakan gunting hingga ukuran 4-5 cm
- d. Masukkan ke dalam blender hasil potongan tadi agar cacahan plastik PET menjadi lebih kecil lagi
- e. Rendam dalam air hasil cacahan tadi kemudian keringkan

Hasil pengolahan limbah botol plastik PET menjadi cacahan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.2 Cacahan Plastik PET

4.3 Pemeriksaan Bahan

4.3.1 Pemeriksaan modulus halus butir

Menurut SNI 03-1968-1990, tujuan dari pengujian gradasi agregat halus adalah untuk memperoleh pembagian ukuran butiran pada agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian gradasi agregat halus sebagai berikut.

- a. Keringkan pasir yang akan diperiksa dengan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- b. Siapkan saringan-saringan sesuai dengan urutannya, dengan ukuran terbesar diletakkan pada bagian paling atas, yaitu 4,75 mm diikuti dengan ukuran ayakan yang lebih kecil secara berturut-turut 2,4;1,2;0,6;0,3;0,15 dan 0,075 mm
- c. Masukkan pasir ke dalam saringan yang paling atas dan digetarkan selama ± 10 menit
- d. Pasir yang tertinggal pada masing-masing saringan dipindahkan ke tempat yang tersedia dan ditimbang

- e. Gradasi pasir diperoleh dengan menghitung jumlah kumulatif persentase butiran yang lolos pada masing-masing saringan. Nilai modulus tertinggi kemudian dibagi seratus

4.3.2 Pemeriksaan kadar air agregat halus

Langkah pemeriksaan kadar air pada agregat halus bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang terdapat dalam agregat sehingga dapat menentukan rasio antara air dan semen pada campuran *paving block*. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pemeriksaan kadar air menurut SNI 03-1971-1990 adalah sebagai berikut.

- a. Berat talam dicatat dan ditimbang (W_1)
- b. Benda uji dimasukkan ke dalam talam, kemudian ditimbang (W_2) dan dicatat
- c. Berat benda uji dihitung ($W_3 = W_2 - W_1$)
- d. Benda uji dan wadah dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ hingga berat benda uji tetap
- e. Setelah dikeringkan, benda uji dan talam ditimbang dan dicatat (W_4)
- f. Berat benda uji kering dihitung ($W_5 = W_4 - W_1$)

4.3.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tujuan dari pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk mencari data angka kandungan lumpur dalam pasir yang dinyatakan dalam persen. Langkah-langkah mencari kadar lumpur adalah sebagai berikut.

- a. Gunakan benda uji dalam keadaan kering oven
- b. Timbang benda uji
- c. Letakkan benda uji dalam saringan dan alirkan air di atasnya
- d. Gerakkan benda uji dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, secukupnya hingga bagian yang halus menembus saringan No.200 dan bagian yang kasar tertinggal di dalamnya
- e. Ulang langkah di atas hingga air pencucian jernih
- f. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap

g. Hitung kadar lumpur dengan rumus :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(A-B)}{A}$$

(4.4.4)

Keterangan :

A = berat kering sebelum dicuci (gram)

B = berat kering sesudah dicuci (gram)

4.3.4 Pemeriksaan berat isi agregat halus

Tujuan dari pemeriksaan berat jenis agregat halus adalah untuk menentukan berat jenis lepas dan berat jenis padat pada agregat halus dan kasar. Metode dan langkah-langkah untuk melakukan pemeriksaan tersebut sesuai dengan SNI 03-4804-1998 dan terdiri dari langkah-langkah berikut.

1. Berat jenis lepas

- a. Timbang dan catat berat benda uji (W1)
- b. Masukkan benda uji ke dalam wadah dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran dari ketinggian maksimal 5 cm di atas wadah menggunakan sendok atau sekop sampai penuh
- c. Ratakan permukaan benda uji dengan mistar Perata
- d. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W2)
- e. Hitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$)

2. Berat jenis padat

- a. Timbang dan catat berat benda uji (W1)
- b. Isi wadah dengan benda uji dengan lapisan yang sama tebal
- c. Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata, pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bawah tiap-tiap lapisan kemudian ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar Perata
- d. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W2)
- e. Hitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$)

4.3.5 Pemeriksaan agregat tumbukan batu bata merah

Tujuan dari pemeriksaan gradasi agregat tumbukan batu bata merah adalah untuk menentukan pembagian ukuran butir (gradasi agregat kasar dengan

menggunakan ayakan). Berikut adalah langkah-langkah dalam pemeriksaan gradasi tumbukan batu bata merah sebagai berikut.

- a. Keringkan tumbukan batu bata merah yang akan diperiksa di dalam oven pada suhu $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya stabil
- b. Susun ayakan sesuai dengan urutannya, dimulai dari ukuran terbesar (40 mm) di bagian paling atas, diikuti oleh ukuran ayakan yang lebih kecil secara berturut-turut yaitu 20 mm, 10 mm, dan 5 mm
- c. Masukkan tumbukan batu bata merah ke dalam ayakan yang paling atas dan digetarkan selama ± 10 menit
- d. Tumbukan batu bata merah yang tersisa pada setiap ayakan dipindahkan ke wadah yang tersedia dan ditimbang
- e. Gradasi tumbukan batu bata merah diperoleh dengan menghitung persentase butiran yang lolos pada setiap ayakan dan menjumlahkan secara kumulatif. Nilai modulus tertinggal kemudian dibagi seratus

4.4 Perencanaan Campuran *Paving Block*

Perencanaan campuran *paving block* berfungsi menentukan isi atau campuran yang terkandung di dalam *paving block* itu sendiri. Dalam penelitian tugas akhir ini *paving block* akan diisi menggunakan bahan antara lain semen *Portland*, pasir, serbuk tumbukan limbah batu bata merah, cacahan limbah plastik PET dan air. Penggunaan substitusi dari serbuk tumbukan limbah batu bata merah dan cacahan limbah plastik PET berguna untuk menekan biaya produksi dari *paving block* selain itu diharapkan mampu untuk menambah kekuatan dan kualitas dari *paving block* itu sendiri. Penelitian tugas akhir ini merupakan eksperimen untuk menentukan kualitas dari *paving block* menggunakan substitusi serbuk tumbukan limbah batu bata merah dan cacahan limbah plastik PET.

Rasio perbandingan antara pasir dan semen yang dipakai dalam campuran *paving block* pada eksperimen ini adalah sebesar 6:1 yakni adalah menggunakan 1 semen setiap 6 pasir. Semen yang digunakan adalah jenis semen *Portland* sedangkan pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos lubang ayakan 4,75 mm dengan keadaan SSD.

Serbuk tumbukan limbah batu bata merah yakni sebagai substitusi dari semen yakni dengan jumlah yang digunakan diangka 5% dari total semen yang dipakai pada campuran *paving block*.

Pemilihan cacahan limbah plastik PET berfungsi untuk menekan nilai daya serap air *paving block* karena adanya campuran dari serbuk tumbukan limbah batu bata merah. Ukuran cacahan limbah plastik PET yang digunakan adalah dengan besar butiran maksimum yakni 4,75mm. Besarnya campuran yang dipakai divariasikan yakni adalah sebesar 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% sebagai substitusi pasir, komposisi campuran benda uji dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi Campuran Benda uji

Varian	Komposisi Campuran
Variasi 1	0% Bata merah; 0% PET
Variasi 2	5% bata merah; 0% PET
Variasi 3	5% bata merah; 0,1% PET
Variasi 4	5% bata merah; 0,2% PET
Variasi 5	5% bata merah; 0,3% PET
Variasi 6	5% bata merah; 0,4% PET
Variasi 7	5% bata merah; 0,5% PET

4.5 Pembuatan Benda Uji *Paving Block*

Paving block yang dibuat dalam pengujian ini adalah *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dengan dimensi 20cm x 10cm x 6cm. Pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII dan penelitian mengenai kualitas dari benda uji dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini merupakan jenis eksperimen dengan menggunakan berbagai limbah yakni limbah batu bata merah serta limbah plastik PET. Dengan digunakannya limbah diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah serta mengatasi permasalahan pada lingkungan sekitar serta diharapkan menambah kualitas dari *paving block* itu sendiri. Bahan utama dari *paving block* pada pengujian kali ini adalah pasir dengan kondisi SSD

yang disubstitusi dengan cacahan limbah plastik PET dengan variasi 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5%. Selain menggunakan pasir sebagai bahan utamanya *paving block* pada penelitian kali ini juga menggunakan semen *Portland* sebagai pengikat dari material pasir tersebut yang disubstitusi dengan menggunakan limbah batu bata merah yang telah ditumbuk dengan kadar 5%. Penelitian ini akan dilakukan untuk mencari kualitas dari *paving block* yakni kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air yang dimana dilakukan sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Pembuatan dari benda uji *paving block* harus dilakukan dengan tepat serta teliti sebab akan mempengaruhi dari kualitas *paving block* itu sendiri. Proses pencampuran bahan benda uji dilakukan dengan mencampurkan pasir dan semen dicampur hingga merata kemudian akan ditambahkan air secukupnya agar semen dapat bereaksi,. Proses pencetakan serta pemadatan terhadap campuran *paving block* dilakukan menggunakan mesin press. Proses pemeliharaan benda uji dilakukan dengan cara menjemur benda uji kemudian dilakukan perendaman dengan air agar benda uji tidak mengalami keretakan sehingga menyebabkan benda uji mengalami cacat, proses pemeliharaan ini dilakukan selama 28 hari mengikuti umur pengerasan beton atau *curing*.

Benda uji ini menggunakan campuran dari limbah batu bata merah dan limbah plastik PET yang di mana menurut penelitian Iwan dan Gulo D. (2012), nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air dari *paving block* tersebut berkurang dibanding *paving block* biasa, sehingga target kualitas benda uji ini adalah menggunakan mutu D dengan fungsi untuk penggunaan pada taman kota berdasarkan SNI 03-0691-1996. Menurut SNI 03-0691-1996 mutu D yakni memiliki kuat tekan maksimum sebesar 10 MPa dan kuat tekan minimum sebesar 8,5 MPa, ketahanan aus maksimum sebesar 0,219 mm/menit dan ketahanan aus minimum sebesar 0.251 mm/menit serta daya resap air maksimum adalah sebesar 10%.

4.6 Jumlah Benda Uji *Paving Block*

Benda uji akan disiapkan dengan variasi tanpa campuran sebagai acuan dan dengan campuran 5% campuran serbuk limbah batu bata merah serta 0%, 0,1%

0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5% campuran cacahan limbah plastik PET dengan pembuatan benda uji masing-masing setiap variasinya adalah 24 buah yang akan dikerjakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII Yogyakarta, rincian benda uji dapat dilihat di Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rincian Benda Uji

VARIAN	Keterangan	Pengujian Kuat Tekan (buah)	Pengujian Keausan (buah)	Pengujian Daya Serap Air (buah)
Variasi 1	0% Bata merah; 0% PET	12	6	6
Variasi 2	5% bata merah; 0% PET	12	6	6
Variasi 3	5% bata merah; 0,1% PET	12	6	6
Variasi 4	5% bata merah; 0,2% PET	12	6	6
Variasi 5	5% bata merah; 0,3% PET	12	6	6
Variasi 6	5% bata merah; 0,4% PET	12	6	6
Variasi 7	5% bata merah; 0,5% PET	12	6	6
Total		168		

4.7 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada beton adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan gaya tekan yang mampu diterima oleh beton. Menurut SNI 03-0691-1996, cara pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

1. Ambil 10 buah benda uji masing-masing dipotong bentuk kubus dan rusuk – rusuknya sebesar 60 mm x 60 mm setebal 60 mm.
2. Benda uji yang telah siap ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan ini dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit, arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan tekanan beban di dalam pemakaiannya.
3. Kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan 3.10

Mesin yang digunakan pada pengujian adalah mesin kuat tekan yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII seperti pada Gambar 3.5.

4.8 Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian tingkat ketahanan aus yakni adalah saat pengujian yang dilakukan untuk menentukan tingkat dari keausan benda terhadap gesekan yang ada. Menurut SNI 03-0691-1996, cara pengujian ketahanan aus adalah sebagai berikut.

1. Ambil lima buah benda uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm setebal 20 mm
2. Sisa dari pemotongan dibuat persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm (untuk penentuan berat jenis)
3. Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03-0028-1987, Cara uji ubin semen
4. Ketahanan aus dapat dihitung dengan persamaan 3.11.

Mesin yang digunakan pada pengujian adalah mesin uji ketahanan aus yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII seperti pada Gambar 3.6.

4.9 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas atau batas daya serap air yang dapat diterima benda sampai batas maksimal. Menurut SNI 03-0691-1996 pengujian daya serap air dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Ambil lima benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh, ditimbang beratnya dalam keadaan basah
2. Kemudian dikeringkan dalam dapur pengering selama 24 jam, pada suhu kurang dari 105°C sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan terdahulu
3. Penyerapan air dapat dihitung dengan persamaan 3.12.

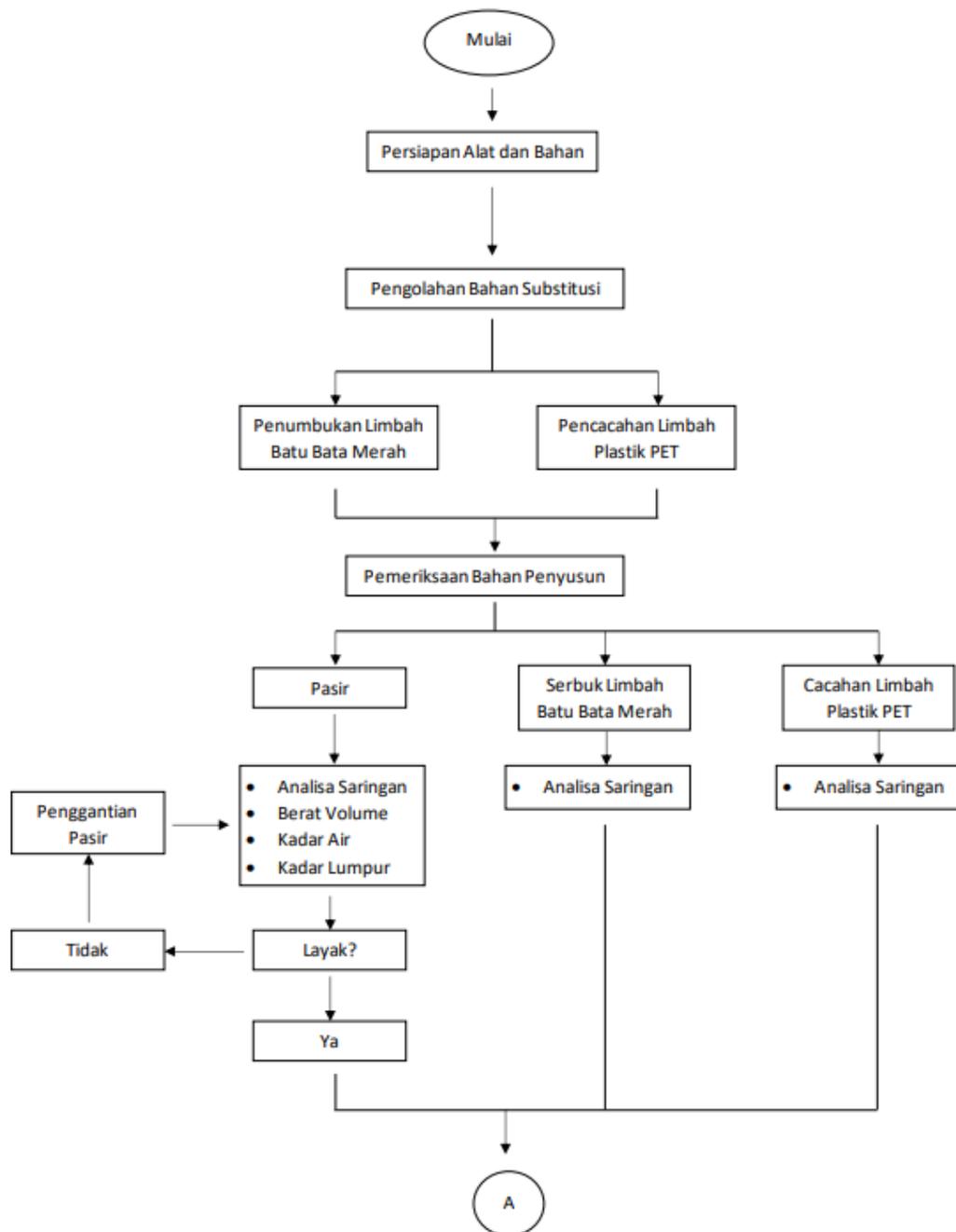
4.10 Analisis Hasil Pengujian

Hasil dari penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan penjelasan. Hasil penelitian tersebut meliputi :

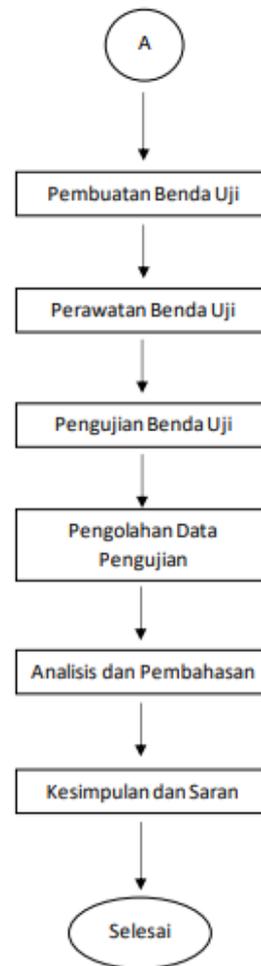
1. pembuatan *paving block* dari campuran serbuk limbah batu bata merah, cacahan limbah plastik PET, pasir, semen, air,
2. hasil pengujian kuat tekan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik,
3. berdasarkan analisis keseluruhan hasil penelitian, kesimpulan akan ditarik dengan menggunakan tabel dan grafik yang sudah disajikan, serta perbandingan data dengan ketentuan-ketentuan yang relevan dengan penelitian.

4.11 Bagan Alur Penelitian

Bagan alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bagan Alur Penelitian



Gambar 4.5 Bagan Alur Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Bab ini menjelaskan tentang analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII. Pengujian dimulai dari pemeriksaan bahan penyusun *paving block* dan pengujian *paving block* yang meliputi pengujian kuat tekan, daya serap air dan ketahanan aus. Dari hasil yang didapat kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil akhir yang direncanakan sebelumnya.

5.2 Pengujian Bahan Penyusun *Paving Block*

Pada pembuatan *paving block* pada penelitian ini digunakan beberapa bahan penyusun yakni pasir Merapi, semen, air, serbuk limbah batu bata merah dan cacahan limbah plastik PET. Sebelum dilakukan proses cetak pada *paving block* perlu diadakan pengujian-pengujian pada bahan penyusun tersebut yakni pengujian modulus halus butir, pengujian kadar lumpur, pengujian penyerapan air dan pengujian berat volume padat serta berat volume gembur. Berikut adalah hasil dari pengujian bahan penyusun *paving block*.

5.2.1 Agregat halus (Pasir)

Penelitian ini menggunakan pasir disediakan dari Pusat Inovasi Material Vulkanik UII yakni adalah pasir Merapi. Pengujian pada agregat halus meliputi pengujian modulus halus butir, pengujian kadar lumpur, pengujian penyerapan air dan pengujian berat volume padat serta berat volume gembur. Berikut adalah pengujian agregat halus.

1. Pengujian modulus halus butir

Pengujian modulus halus butir bertujuan untuk mengetahui klasifikasi agregat halus berdasarkan butirannya serta bertujuan untuk mendapatkan nilai modulus

halus butir. Pengujian modulus halus butir mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat halus dan kasar. Berikut adalah Analisa perhitungan Tabel 5.1

1) Berat tertinggal, gram (diperoleh dari hasil pengujian)

2) Berat tertinggal (%)

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= \frac{109}{2499} \times 100\% \\ &= 4,362\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= \frac{150}{2499} \times 100\% \\ &= 6,002\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= \frac{208}{2499} \times 100\% \\ &= 8,323\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= \frac{262}{2499} \times 100\% \\ &= 10,484\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= \frac{496}{2499} \times 100\% \\ &= 19,848\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= \frac{427}{2499} \times 100\% \\ &= 17,087\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= \frac{368}{2499} \times 100\% \\ &= 14,726\% \end{aligned}$$

3) Berat tertinggal kumulatif (%)

$$\text{Lubang ayakan 10 mm} = 4,362\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= 4,362 + 6,002 \\ &= 10,364\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 10,364 + 8,323 \\ &= 18,687\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 18,687 + 10,484 \\ &= 29,172\% \end{aligned}$$

$$\text{Lubang ayakan 0,6 mm} = 29,172 + 19,848$$

$$\begin{aligned}
 &= 49,020\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= 49,020 + 17,087 \\
 &= 66,106\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 66,106 + 14,726 \\
 &= 80,832\%
 \end{aligned}$$

4) Persentase lolos saringan (%)

$$\begin{aligned}
 \text{Lubang ayakan 10 mm} &= 100 - 4,362 \\
 &= 95,638\% \\
 \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= 100 - 6,002 \\
 &= 89,636\% \\
 \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 100 - 8,323 \\
 &= 81,313\% \\
 \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 100 - 10,484 \\
 &= 70,828\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= 100 - 19,848 \\
 &= 50,980\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= 100 - 17,087 \\
 &= 33,894\% \\
 \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 100 - 14,726 \\
 &= 19,168\%
 \end{aligned}$$

5) Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\Sigma \text{ berat kumulatif tertinggal}}{100} \\
 \text{MHB} &= \frac{4,362 + 10,364 + 18,687 + 29,172 + 49,020 + 66,106 + 80,832}{100} \\
 &= 2,585
 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian modulus halus butir pada agregat halus pasir Merapi yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Analisa Saringan

Saringan	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (gram)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Saringan (%)
10	109	4,362	109	4,362	95,638
4.8	150	6,002	259	10,364	89,636
2.4	208	8,323	467	18,687	81,313
1.2	262	10,484	729	29,172	70,828
0.6	496	19,848	1225	49,020	50,980
0.3	427	17,087	1652	66,106	33,894
0.15	368	14,726	2020	80,832	19,168
Pan	479	19,2	2499	100,000	0,000
Total	2499	100	-	358,54	-

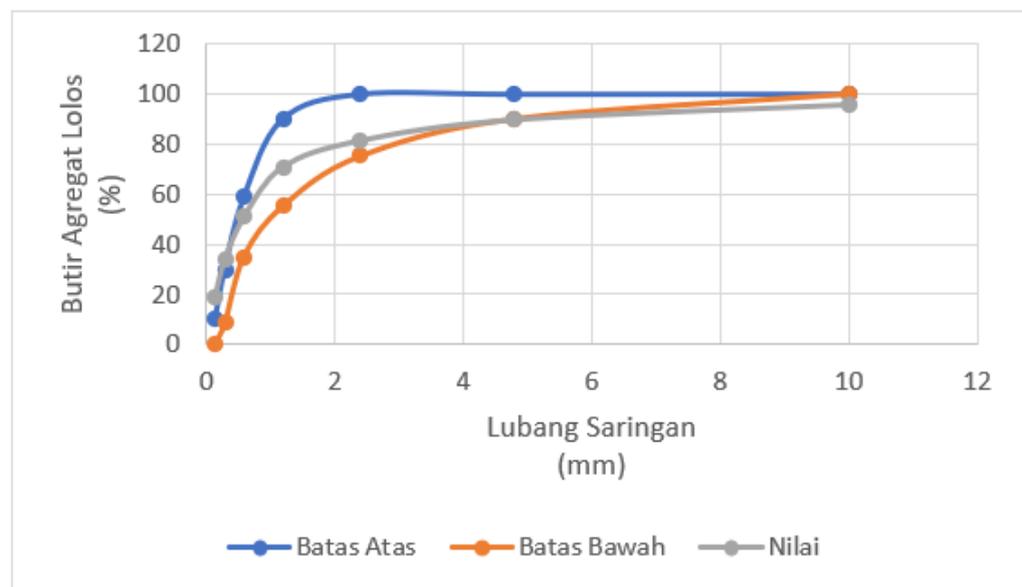
Berdasarkan SNI 03-1968 yang menyebutkan bahwa nilai modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,5-3,8. Pengujian yang telah dilakukan mendapatkan hasil modulus halus butir agregat halus sebesar 2,585. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus memenuhi syarat acuan Tabel 5.2

Tabel 5.2 Daerah Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir agregat lolos ayakan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah II	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100

Lanjutan Tabel 5.2 Daerah Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir agregat lolos ayakan (%)			
	Daerah I	Daerah II	Daerah II	Daerah IV
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-40	0-15



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Daerah II

Berdasarkan grafik yang dihasilkan dari analisis pengujian maka dapat disimpulkan bahwa agregat yang dipakai dalam pengujian merupakan agregat halus yang masuk ke dalam kategori daerah II yakni pasir agak kasar.

2. Pengujian berat volume padat dan gembur

Pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus mengacu pada SNI 03-4804-1998. Berikut adalah analisa perhitungan dari Tabel 5.3 dan Tabel 5.4

1) Berat volume padat sampel 1

$$\text{Berat pasir, } W_3 = W_2 - W_1$$

$$\begin{aligned}
 &= 13813 - 5242 \\
 &= 8571 \text{ gram} \\
 \text{Berat volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume pasir} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{8571}{5301,438} \\
 &= 1,617 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

2) Berat volume padat sampel 2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pasir, } W_3 &= W_2 - W_1 \\
 &= 13372 - 5242 \\
 &= 8130 \text{ gram} \\
 \text{Berat volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume pasir} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{8130}{5301,438} \\
 &= 1,534 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

3) Berat volume gembur sampel 1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pasir, } W_3 &= W_2 - W_1 \\
 &= 11330 - 5242 \\
 &= 6088 \text{ gram} \\
 \text{Berat volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat volume pasir} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{6088}{5301,438} \\
 &= 1,148 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

4) Berat volume padat rerata

$$\begin{aligned} \text{Berat volume padat}_{\text{rerata}} &= \frac{\text{Berat vol. padat 1} + \text{Berat vol. padat 2}}{2} \\ &= \frac{1,617 + 1,534}{2} \\ &= 1,575 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

5) Berat volume gembur sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir, } W_3 &= W_2 - W_1 \\ &= 11510 - 5242 \\ &= 6268 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\ &= 5301,438 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume pasir} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{6268}{5301,438} \\ &= 1,182 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

6) Berat volume gembur rerata

$$\begin{aligned} \text{Berat volume gembur}_{\text{rerata}} &= \frac{\text{Berat vol. gembur 1} + \text{Berat vol. gembur 2}}{2} \\ &= \frac{1,165 + 1,182}{2} \\ &= 1,165 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian berat volume padat dan gembur dari agregat halus pasir Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat tabung, gram (W1)	5242	5242	5242
2	Berat tabung + pasir, gram (W2)	13813	13372	13592,5
3	Berat pasir, gram (W3 = W2 - W1)	8571	8130	8350,5
4	Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,438	5301,438	5301,438
5	Berat volume pasir, gram/cm ³ (W3/V)	1,617	1,534	1,575

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat tabung, gram (W1)	5242	5242	5242
2	Berat tabung + pasir, gram (W2)	11330	11510	11420
3	Berat pasir, gram (W3 = W2 - W1)	6088	6268	6178
4	Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,438	5301,438	5301,438
5	Berat volume pasir, gram/cm ³ (W3/V)	1,148	1,182	1,165

Dari hasil analisis data yang dilakukan dari pengujian berat volume padat dan gembur pasir Merapi didapatkan hasil berat volume padat rerata yakni 1,575 gram/cm³ dan berat volume gembur rerata sebesar 1,165 gram/cm³. Berat volume padat lebih besar dari pada berat volume gembur karena pada saat pengujian berat volume padat agregat yang dimasukkan dalam tabung dilakukan penumbukan setiap 1/3 tinggi tabung.

3. Pengujian kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur atau pengujian lolos saringan no. 200 bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur dari suatu agregat halus yakni pasir Merapi, pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996. Berikut adalah analisa perhitungan dari Tabel 5.5.

1) Berat agregat lolos saringan no.200 sampel 1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat lolos saringan no.200} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \\
 &= \frac{500 + 477,2}{500} \times 100 \% \\
 &= 4,56 \%
 \end{aligned}$$

2) Berat agregat lolos saringan no.200 sampel 2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat lolos saringan no.200} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \\
 &= \frac{500 + 475,7}{500} \times 100 \% \\
 &= 4,86 \%
 \end{aligned}$$

3) Berat agregat lolos saringan no.200 rerata

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat lolos saringan no.200 rerata} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} \\
 &= \frac{4,56 + 4,86}{2} \\
 &= 4,71 \%
 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian kadar lumpur pada agregat halus pasir Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat agregat kering oven, gram (W1)	500	500	500
2	Berat agregat kering oven setelah dicuci, gram (W2)	477,2	475,7	476,45
3	Berat agregat lolos saringan No. 200, % $[(W1 - W2)/W1] \times 100\%$	4,56	4,86	4,71

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan dari pengujian kadar lumpur agregat halus pasir Merapi didapatkan hasil rerata kadar lumpur sebesar 4,71 % yang dimana hasil ini sudah memenuhi standar dari SK SNI S-04-1989-F yakni tidak melebihi 5 %.

4. Pengujian penyerapan air

Pengujian penyerapan air pada agregat halus mengacu pada SNI 03-1971-1990, berikut adalah hasil pengujian kadar air agregat halus pasir Merapi yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat talam, gram (W1)	346	420	383
2	Berat talam + benda uji, gram (W2)	3346	3420	3383
3	Berat benda uji, gram (W3 = W2 - W1)	3000	3000	3000
4	Berat talam + benda uji setelah di oven, gram (W4)	3197	3278	3237,5
5	Berat benda uji kering, gram (W5 = W4 - W1)	2851	2858	2854,5
6	Kadar air, % [(W3 - W5)/W3*100]	4,967	4,733	4,850

Berdasarkan penelitian dan analisis perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil kadar air rerata agregat halus pasir Merapi sebesar 4,850 %, hasil ini memenuhi standar dari SNI 03-1971-1990 yakni tidak melebihi 5 %.

5.2.2 Semen

Penelitian ini menggunakan semen tiga roda disediakan dari Pusat Inovasi Material Vulkanik UII. Pengujian pada semen adalah pengujian berat volume padat. Pengujian berat volume padat semen mengacu pada SNI 03-4804-1998. Berikut adalah analisa perhitungan dari Tabel 5.7

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat semen, } W_3 &= W_2 - W_1 \\
 &= 17294 - 11048 \\
 &= 6246 \text{ gram} \\
 2) \text{ Berat volume tabung, } V &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 3) \text{ Berat volume semen} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{6246}{5301,438} \\
 &= 1,178 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian berat volume padat semen dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Semen

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat Tabung (W1)	11048	gram
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2)	17294	gram
Berat Agregat (W3)	6246	gram
Diameter Tabung (d)	15	cm
Tinggi Tabung (t)	30	cm
Volume Tabung (V)	5301,438	cm ³
Berat Volume Padat	1,178	gram/cm ³

Dari hasil analisis data yang dilakukan dari pengujian berat volume padat semen Tiga Roda didapatkan hasil berat volume padat yakni 1,178 gram/cm³. Pada pengujian berat volume padat pada semen dilakukan penumbukan setiap 1/3 tinggi tabung.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun *Paving Block*

Perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block* pada pengujian ini merupakan perhitungan dari kebutuhan jumlah bahan penyusun *paving block* pada variasi 1, variasi 2, variasi 3, variasi 4, variasi 5, variasi 6 dan variasi 7. Penggunaan substitusi bata merah terhadap semen dan substitusi plastik PET terhadap pasir dengan perbandingan pasir dan semen yang dipakai pada pembuatan *paving block* adalah 1pc:6ps, dengan kebutuhan *paving block* setiap variasi adalah sejumlah 24 buah. Berikut adalah hasil dari perhitungan kebutuhan bahan penyusun *paving block*.

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{paving block} &= 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \\ &= 1200 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Berat volume padat pasir} = 1,575 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Berat volume padat semen} = 1,178 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Faktor pemadatan mesin hidrolis} = 1,3$$

5.3.1 Perhitungan kebutuhan agregat halus

Untuk perhitungan kebutuhan agregat halus dengan perbandingan 1 semen:6 pasir adalah dengan menggunakan rumus :

Kebutuhan pasir = $\frac{6}{7} \times V$. Pasir padat x V . *Paving block* x Faktor Pemadatan
Berikut adalah perhitungan kebutuhan agregat halus setiap variasi pada pengujian ini.

1. Variasi 1 = $\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24$
= 50548,454 gram/cm³
2. Variasi 2 = $\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24$
= 50548,454 gram/cm³
3. Variasi 3 = 50548,454 – $\left(\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 0,1\%\right)$
= 50497,905 gram/cm³
4. Variasi 4 = 50548,454 – $\left(\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 0,2\%\right)$
= 50447,357 gram/cm³
5. Variasi 5 = 50548,454 – $\left(\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 0,3\%\right)$
= 50396,809 gram/cm³
6. Variasi 6 = 50548,454 – $\left(\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 0,4\%\right)$
= 50346,260 gram/cm³
7. Variasi 7 = 50548,454 – $\left(\frac{6}{7} \times 1,575 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 0,5\%\right)$
= 50295,712 gram/cm³

5.3.2 Perhitungan kebutuhan semen

Untuk perhitungan kebutuhan semen dengan perbandingan 1pc:6ps adalah dengan menggunakan rumus :

Kebutuhan Semen = $\frac{1}{7} \times V$. Semen padat x V . *Paving block* x Faktor Pemadatan

Berikut adalah perhitungan kebutuhan semen setiap variasi pada pengujian ini.

1. Variasi 1 = $\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24$
= 6031,532 gram/cm³
2. Variasi 2 = 50548,454 – $\left(\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 5\%\right)$
= 5986,455 gram/cm³

3. Variasi 3 = $50548,454 - \left(\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 5\%\right)$
= 5986,455 gram/cm³
4. Variasi 4 = $50548,454 - \left(\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 5\%\right)$
= 5986,455 gram/cm³
5. Variasi 5 = $50548,454 - \left(\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 5\%\right)$
= 5986,455 gram/cm³
6. Variasi 6 = $50548,454 - \left(\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 5\%\right)$
= 5986,455 gram/cm³
7. Variasi 7 = $50548,454 - \left(\frac{1}{7} \times 1,178 \times 1200 \times 1,3 \times 24 \times 5\%\right)$
= 5986,455 gram/cm³

5.3.3 Perhitungan kebutuhan plastik PET

Untuk perhitungan kebutuhan plastik PET dengan pada setiap variasi adalah dengan menggunakan rumus :

Kebutuhan plastik PET = Kebutuhan pasir normal x variasi plastik PET

Berikut adalah perhitungan kebutuhan plastik PET setiap variasi pada pengujian ini.

1. Variasi 1 = $50548,454 \times 0\%$
= 0 gram/cm³
2. Variasi 2 = $50548,454 \times 0\%$
= 0 gram/cm³
3. Variasi 3 = $50548,454 \times 0,1\%$
= 50,548 gram/cm³
4. Variasi 4 = $50548,454 \times 0,2\%$
= 101,097 gram/cm³
5. Variasi 5 = $50548,454 \times 0,3\%$
= 151,645 gram/cm³
6. Variasi 6 = $50548,454 \times 0,4\%$
= 202,194 gram/cm³

$$\begin{aligned}
 7. \text{ Variasi 7} &= 50548,454 \times 0,5\% \\
 &= 252,742 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

5.3.4 Perhitungan kebutuhan bata merah

Untuk perhitungan kebutuhan bata merah dengan pada setiap variasi adalah dengan menggunakan rumus :

Kebutuhan bata merah = Kebutuhan semen normal x variasi bata merah

Berikut adalah perhitungan kebutuhan bata merah setiap variasi pada pengujian ini.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Variasi 1} &= 50548,454 \times 0\% \\
 &= 0 \text{ gram/cm}^3 \\
 2. \text{ Variasi 2} &= 50548,454 \times 5\% \\
 &= 315,077 \text{ gram/cm}^3 \\
 3. \text{ Variasi 3} &= 50548,454 \times 5\% \\
 &= 315,077 \text{ gram/cm}^3 \\
 4. \text{ Variasi 4} &= 50548,454 \times 5\% \\
 &= 315,077 \text{ gram/cm}^3 \\
 5. \text{ Variasi 5} &= 50548,454 \times 5\% \\
 &= 315,077 \text{ gram/cm}^3 \\
 6. \text{ Variasi 6} &= 50548,454 \times 5\% \\
 &= 315,077 \text{ gram/cm}^3 \\
 7. \text{ Variasi 7} &= 50548,454 \times 5\% \\
 &= 315,077 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Berikut adalah kebutuhan total dari bahan penyusun *paving block* yang terdiri dari agregat halus (pasir), semen, plastik PET dan bata merah dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Kebutuhan Total Bahan Penyusun *Paving Block*

Varian	Pasir (gram)	Semen (gram)	Bata merah (gram)	Plastik PET (gram)	Jumlah (buah)
Variasi 1	50548,454	6301,531706	0	0	24
Variasi 2	50548,454	5986,455121	315,077	0	24
Variasi 3	50497,905	5986,455121	315,077	50,548	24
Variasi 4	50447,357	5986,455121	315,077	101,097	24
Variasi 5	50396,809	5986,455121	315,077	151,645	24
Variasi 6	50346,260	5986,455121	315,077	202,194	24
Variasi 7	50295,712	5986,455121	315,077	252,742	24
Total (gr)	353080,951	56445,77	2527,423	758,227	168

5.4 Hasil Pengujian *Paving Block*

Pengujian *paving block* pada penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan, pengujian tingkat keausan dan pengujian daya serap air. Dalam pengujian ini mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang *paving block*. Pada pengujian ini jumlah sampel pada setiap pengujian yakni pengujian kuat tekan 10 sampel setiap variasi, pengujian ketahanan aus 5 sampel setiap variasi dan pengujian daya serap 5 sampel setiap variasi. Pengujian dilakukan setelah benda uji dilakukan masa perawatan selama 28 hari. Berikut adalah hasil pengujian dari *paving block*.

5.4.1 Porositas

Porositas adalah ukuran dari ruang kosong di antara material, dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume. Berikut adalah contoh perhitungan tingkat porositas pada sampel S5.1 dan perhitungan porositas rata-rata variasi 7.

Analisis Perhitungan :

Contoh perhitungan pada sampel S5.1

Berat Setelah Rendam = 2380 gram

Berat Setelah Oven = 2128 gram

Panjang Benda Uji = 20 cm

Lebar Benda Uji = 16 cm

Tinggi Benda Uji = 6 cm

Volume Benda Uji = $P \times L \times T$
 $= 20 \times 16 \times 6$
 $= 1920 \text{ cm}^3$

Berat Jenis Basah = $\frac{\text{Berat Setelah Rendam}}{\text{Volume Paving Block}}$
 $= \frac{2380}{1920}$
 $= 1,240 \text{ gram/cm}^3$

Berat Jenis Kering = $\frac{\text{Berat Setelah Oven}}{\text{Volume Paving Block}}$
 $= \frac{2128}{1920}$
 $= 1,108 \text{ gram/cm}^3$

Porositas = $(\text{Berat Jenis Basah} - \text{Berat Jenis Kering}) \times 100\%$
 $= (1,240 - 1,108) \times 100\%$
 $= 13,125\%$

rata-rata variasi 7 = $\frac{13,125+14,271+13,698+15,469+14,896}{5}$
 $= 14,292\%$

Berikut adalah hasil perhitungan porositas dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14 dan Tabel 5.15.

Tabel 5.9 Perhitungan Porositas Variasi 1

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm³)	BJ Kering (gram/cm³)	Porositas (%)
SN.1	2473	2238	1,288	1,166	12,240
SN.2	2505	2257	1,305	1,176	12,917
SN.3	2324	2094	1,210	1,091	11,979
SN.4	2316	2091	1,206	1,089	11,719
SN.5	2515	2253	1,310	1,173	13,646
Rerata					12,500

Tabel 5.10 Perhitungan Porositas Variasi 2

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm³)	BJ Kering (gram/cm³)	Porositas (%)
S0.1	2485	2235	1,294	1,164	13,021
S0.2	2407	2156	1,254	1,123	13,073
S0.3	2386	2162	1,243	1,126	11,667
S0.4	2435	2192	1,268	1,142	12,656
S0.5	2499	2249	1,302	1,171	13,021
Rerata					12,688

Tabel 5.11 Perhitungan Porositas Variasi 3

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm³)	BJ Kering (gram/cm³)	Porositas (%)
S1.1	2399	2159	1,249	1,124	12,500
S1.2	2471	2257	1,287	1,176	11,146
S1.3	2482	2267	1,293	1,181	11,198
S1.4	2385	2159	1,242	1,124	11,771
S1.5	2462	2213	1,282	1,153	12,969
Rerata					11,917

Tabel 5.12 Perhitungan Porositas Variasi 4

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm³)	BJ Kering (gram/cm³)	Porositas (%)
S2.1	2475	2254	1,289	1,174	11,510
S2.2	2422	2203	1,261	1,147	11,406
S2.3	2380	2181	1,240	1,136	10,365
S2.4	2354	2135	1,226	1,112	11,406
S2.5	2506	2285	1,305	1,190	11,510
Rerata					11,240

Tabel 5.13 Perhitungan Porositas Variasi 5

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm³)	BJ Kering (gram/cm³)	Porositas (%)
S3.1	2468	2263	1,285	1,179	10,677
S3.2	2474	2297	1,289	1,196	9,219
S3.3	2407	2206	1,254	1,149	10,469
S3.4	2425	2240	1,263	1,167	9,635
S3.5	2381	2197	1,240	1,144	9,583
Rerata					9,917

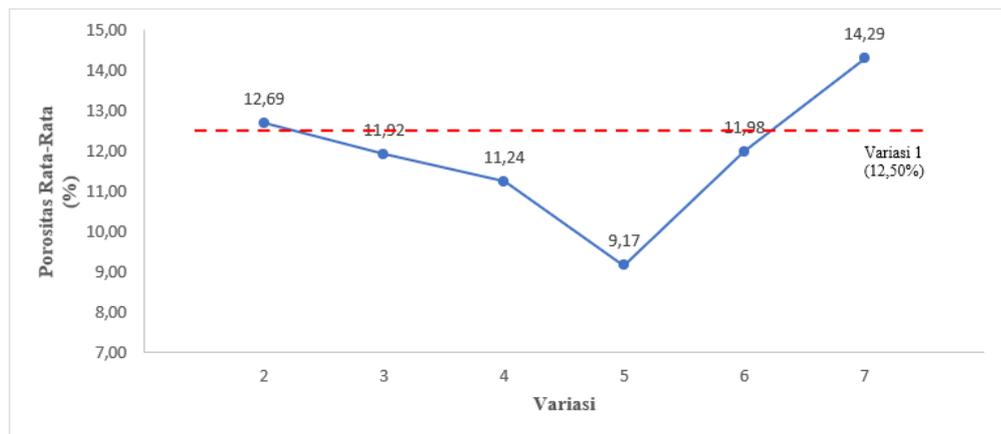
Tabel 5.14 Perhitungan Porositas Variasi 6

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm³)	BJ Kering (gram/cm³)	Porositas (%)
S4.1	2403	2173	1,252	1,132	11,979
S4.2	2429	2224	1,265	1,158	10,677
S4.3	2395	2140	1,247	1,115	13,281
S4.4	2400	2163	1,250	1,127	12,344
S4.5	2427	2204	1,264	1,148	11,615
Rerata					11,979

Tabel 5.15 Perhitungan Porositas Variasi 7

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	BJ Basah (gram/cm ³)	BJ Kering (gram/cm ³)	Porositas (%)
S5.1	2380	2128	1,240	1,108	13,125
S5.2	2362	2088	1,230	1,088	14,271
S5.3	2405	2142	1,253	1,116	13,698
S5.4	2445	2148	1,273	1,119	15,469
S5.5	2443	2157	1,272	1,123	14,896
Rerata					14,292

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan grafik nilai porositas rata-rata setiap variasi adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Porositas

5.4.2 Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-0691-1996, pengujian dilakukan dengan cara menekan benda uji pada mesin kuat tekan hingga benda uji mengalami kehancuran guna mendapatkan nilai beban maksimum yang dapat dicapai. Pada pengujian ini setiap variasi akan diambil 10 sampel dan dipotong dengan ukuran 6 cm x 6 cm x 6 cm. Berikut adalah contoh perhitungan nilai kuat tekan pada sampel T5.1 dan kuat tekan rata-rata variasi 7.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 62,75 \text{ mm} \\
 \text{Lebar} &= 62,70 \text{ mm} \\
 \text{Luas penampang} &= P \times L \\
 &= 62,75 \times 62,70 \\
 &= 3934,430 \text{ mm}^2 \\
 \text{Beban maksimum} &= 3150 \text{ kgf} \\
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P \times 9,81}{A} \\
 &= \frac{3150 \times 9,81}{3934,430} \\
 &= 7,85 \text{ MPa} \\
 \text{rata-rata variasi Variasi 7} &= \frac{7,85+9,77+10+9,91+9,34+9,32+8,24+10,4+9,2+9,65}{10} \\
 &= 9,37 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.15, Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18, Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.21 dan Tabel 5.22.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
TN.1	62,30	61,35	60,00	3822,11	4050	10,39
TN.2	60,25	60,85	60,10	3666,21	4125	11,04
TN.3	62,75	61,20	59,70	3840,30	4325	11,05
TN.4	62,40	62,40	61,25	3893,76	4450	11,21
TN.5	61,60	61,90	61,00	3813,04	4225	10,87
TN.6	60,25	60,75	61,10	3660,19	4150	11,12
TN.7	63,20	63,25	63,85	3997,40	4750	11,66
TN.8	60,50	60,55	61,30	3663,28	3825	10,24
TN.9	61,80	62,25	59,70	3847,05	4800	12,24
TN.10	61,15	61,60	58,05	3766,84	4150	10,81
Rerata						11,06

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T0.1	62,65	62,15	58,70	3893,70	4350	10,96
T0.2	61,70	60,40	62,05	3726,68	3650	9,61
T0.3	60,05	61,50	61,90	3693,08	4325	11,49
T0.4	61,35	61,65	60,50	3782,23	4650	12,06
T0.5	60,70	60,25	60,80	3657,18	3450	9,25
T0.6	61,60	62,55	62,70	3853,08	4525	11,52
T0.7	62,20	60,85	61,60	3784,87	4650	12,05
T0.8	61,35	62,20	64,10	3815,97	4725	12,15
T0.9	60,55	61,25	60,70	3708,69	3475	9,19
T0.10	63,70	61,70	60,65	3930,29	4125	10,30
Rerata						10,86

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T1.1	57,95	61,65	61,60	3572,62	3800	10,43
T1.2	59,55	63,20	58,70	3763,56	4200	10,95
T1.3	61,80	59,50	60,90	3677,10	4425	11,81
T1.4	60,50	62,50	60,05	3781,25	3925	10,18
T1.5	60,15	63,10	60,40	3795,47	4700	12,15
T1.6	60,20	60,25	58,80	3627,05	4600	12,44
T1.7	61,50	63,00	59,50	3874,50	4800	12,15
T1.8	58,50	61,60	59,30	3603,60	4225	11,50
T1.9	59,55	63,05	60,80	3754,63	4250	11,10
T1.10	58,90	57,80	61,70	3404,42	4150	11,96
Rerata						11,47

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 4

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T2.1	58,80	64,30	59,55	3780,84	4350	11,29
T2.2	61,35	64,90	60,00	3981,62	5100	12,57
T2.3	62,50	63,20	61,15	3950,00	4500	11,18
T2.4	63,20	60,25	60,30	3807,80	5125	13,20
T2.5	59,70	61,00	62,40	3641,70	3925	10,57
T2.6	62,65	63,75	58,25	3993,94	5200	12,77
T2.7	64,10	62,45	62,70	4003,05	5425	13,29
T2.8	62,90	62,30	61,75	3918,67	4950	12,39
T2.9	64,10	64,90	60,70	4160,09	4575	10,79
T2.10	62,45	63,45	62,45	3962,45	4650	11,51
Rerata						11,96

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 5

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T3.1	60,75	63,85	59,65	3878,89	4450	11,25
T3.2	61,85	63,00	61,20	3896,55	5375	13,53
T3.3	61,65	61,05	57,40	3763,73	4300	11,21
T3.4	61,05	60,70	59,85	3705,74	4975	13,17
T3.5	61,05	63,15	58,90	3855,31	5350	13,61
T3.6	61,20	62,45	58,10	3821,94	5825	14,95
T3.7	64,50	63,20	61,00	4076,40	5775	13,90
T3.8	62,40	61,00	61,75	3806,40	4650	11,98
T3.9	64,25	63,20	61,05	4060,60	5275	12,74
T3.10	59,90	62,90	60,10	3767,71	4975	12,95
Rerata						12,93

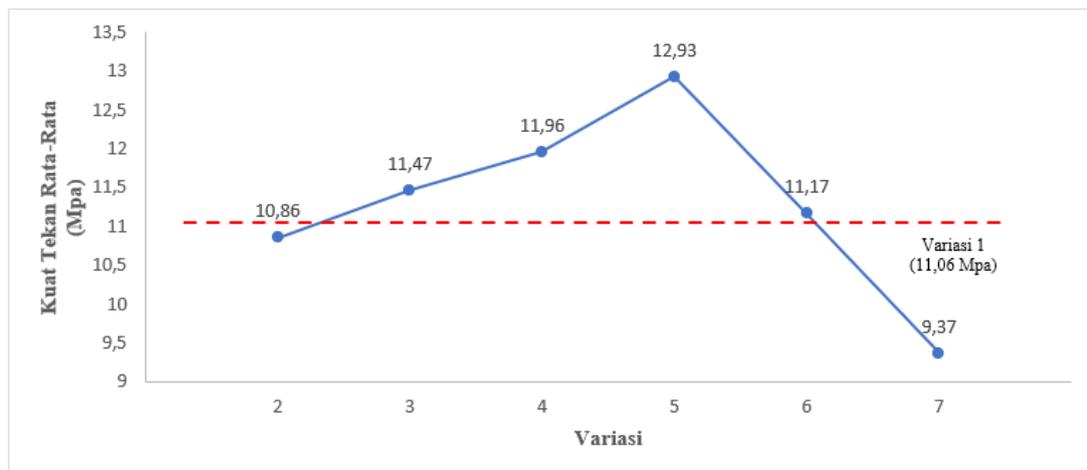
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 6

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T4.1	64,40	61,60	61,20	3967,04	4625	11,44
T4.2	63,70	63,70	57,60	4057,69	4375	10,58
T4.3	63,85	63,35	60,80	4044,90	4275	10,37
T4.4	61,55	62,10	58,65	3822,26	4000	10,27
T4.5	64,50	64,35	61,55	4150,58	4775	11,29
T4.6	61,80	60,30	61,55	3726,54	4775	12,57
T4.7	62,35	64,75	62,10	4037,16	4675	11,36
T4.8	59,95	64,35	59,20	3857,78	4475	11,38
T4.9	62,40	63,25	61,90	3946,80	4525	11,25
T4.10	61,45	62,95	61,05	3868,28	4425	11,22
Rerata						11,17

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 7

Benda uji	Dimensi			Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks. (kgf)	Kuat Tekan (Mpa)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)			
T5.1	62,75	62,70	61,50	3934,43	3150	7,85
T5.2	63,25	61,10	58,75	3864,58	3850	9,77
T5.3	61,60	63,30	60,30	3899,28	3975	10,00
T5.4	63,15	63,10	62,45	3984,77	4025	9,91
T5.5	61,40	62,45	62,15	3834,43	3650	9,34
T5.6	61,50	62,90	61,45	3868,35	3675	9,32
T5.7	64,20	58,40	60,35	3749,28	3150	8,24
T5.8	62,10	62,30	60,10	3868,83	4100	10,40
T5.9	58,55	62,40	60,90	3653,52	3425	9,20
T5.10	64,15	62,60	61,25	4015,79	3950	9,65
Rerata						9,37

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan grafik nilai kuat tekan rata-rata setiap variasi adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan hasil analisis perhitungan serta berdasarkan grafik yang didapat maka dapat dilakukan penggolongan klasifikasi mutu *paving block* yang diuji pada pengujian ini. Klasifikasi mutu mengacu pada SNI 03-0691-1996 yang telah dijabarkan di Tabel 3.2. klasifikasi mutu berdasarkan nilai kuat tekan *paving block* pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Penggolongan Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

Variasi	Nilai Rerata (MPa)	Nilai Minimum (MPa)	Mutu
Variasi 1	11,06	10,24	D
Variasi 2	10,86	9,19	D
Variasi 3	11,47	10,18	D
Variasi 4	11,96	10,57	D
Variasi 5	12,93	11,21	D
Variasi 6	11,17	10,27	D
Variasi 7	9,37	7,85	-

Pada pengujian kuat tekan didapatkan hasil sesuai dengan Tabel 5.23, kuat tekan rata-rata benda uji variasi 1 yakni sebesar 11,06 MPa selanjutnya mengalami penurunan pada variasi 2 sebesar 10,86% kemudian terus mengalami kenaikan nilai kuat tekan rata-rata hingga variasi 5 sebesar 12,93 MPa, kemudian nilai kuat tekan

rata-rata benda uji mengalami penurunan pada 6 dan variasi 7 sebesar masing – masing 10,40 MPa dan 9,37 MPa.

Pada variasi 2 nilai kuat tekan yang didapat adalah sebesar 10,86 Mpa terjadi penurunan nilai rata-rata kuat tekan terhadap *paving block* variasi 1 yang menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,06 MPa, hal ini terjadi karena adanya pemadatan yang kurang optimal dari mesin pres *paving block* yang menyebabkan terjadinya kondisi benda uji berpori dan berongga yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 . Penurunan kuat tekan rata-rata juga disebabkan oleh adanya campuran serbuk bata merah yang difungsikan sebagai semen yang menyebabkan daya ikat antara semen dan pasir menjadi berkurang. Menurut Iwan dan Gulo (2012), penggunaan campuran tumbukan batu bata merah dapat digunakan sebagai bahan substitusi pengganti semen pada campuran *paving block* tetapi tetap memperhatikan komposisi campurannya.

Pada variasi 3 nilai kuat tekan rata-rata yang didapat adalah sebesar 11,47 MPa, terjadi peningkatan nilai kuat tekan rata-rata terhadap campuran variasi 1. Menurut Ayyuni Luthfianti dan Yuriandala (2021) agregat yang bervariasi dapat mengisi satu sama lain sehingga *paving block* menjadi lebih padat. Kenaikan kuat tekan rata-rata pada pengujian *paving block* variasi 3 terjadi karena adanya penambahan campuran cacahan plastik PET sebanyak 0,1% yang dimana campuran cacahan plastik PET sebesar 0,1% ini dapat mengisi rongga *paving block* dengan optimal, selain itu penambahan cacahan plastik PET sebesar 0,1% dapat mengurangi tingkat penyerapan air sehingga terjadi kenaikan nilai kuat tekan rata-rata.

Pada variasi 4 masih terjadi peningkatan kuat tekan rata-rata terhadap variasi 1. Nilai kuat tekan rata-rata variasi 4 sebesar 11,96 MPa, hal ini menandakan bahwa campuran cacahan plastik PET pada variasi 4 masih dalam kadar optimal sehingga dapat menaikkan nilai dari kuat tekan *paving block*.

Pada variasi 5 terjadi peningkatan tertinggi nilai kuat tekan rata-rata dengan nilai kuat tekan sebesar 12,93 MPa. Menurut Kusuma (2019), nilai kuat tekan optimum pada komposisi 0,4% disebabkan karena cacahan plastik dalam adukan *paving block* terdistribusi dengan baik. Terdistribusinya campuran cacahan limbah

plastik PET pada substitusi agregat halus pada penelitian menyebabkan pengisian rongga pada campuran *paving block* dan tingkat kelekatan antara campuran semen, batu bata merah dan pasir menjadi optimal sehingga didapat kuat tekan rata-rata tertinggi pada saat pengujian kuat tekan.

Pada variasi 6 mulai terjadi penurunan kuat tekan rata-rata, nilai kuat tekan rata-rata variasi 6 adalah sebesar 11,17 MPa, meskipun terjadi penurunan kuat tekan rata-rata tetapi varian ini masih bisa diperuntukan untuk taman. Menurut Ayyuni Luthfianti dan Yuriandala (2021), Permukaan plastik yang datar dan licin menyebabkan lekatan antar material terganggu. Sehingga jumlah plastik yang semakin banyak akan mengakibatkan bertambahnya luas permukaan plastik yang licin sehingga lekatan antar material semakin terganggu. Hal ini menyebabkan terjadi penurunan nilai kuat tekan rata-rata pada *paving block* variasi 6. Pendistribusian campuran cacahan plastik PET yang tidak merata pada *paving block* yang menyebabkan terjadinya kehancuran benda uji pada saat pengujian kuat tekan yang ditunjukkan pada Gambar L-5.6 Hal ini selaras dengan yang disampaikan Kusuma (2019) dalam penelitiannya yakni pada komposisi 0,5% dan 0,6 % terjadi penurunan nilai kuat tekan. Cacahan plastik yang tumpang tindih disebabkan karena pendistribusian cacahan plastik di dalam adonan pada saat pengadukan tidak dikontrol.

Pada variasi 7 didapat nilai kuat tekan paling rendah diantara variasi lain yakni sebesar 9,37 MPa, hal ini disebabkan oleh pendistribusian campuran cacahan plastik PET yang tidak merata pada *paving block* yang menyebabkan kelekatan antara material bahan penyusun *paving block* menjadi tidak optimal sehingga terjadinya kehancuran benda uji pada saat pengujian kuat tekan yang ditunjukkan pada Gambar L-5.7

Berdasarkan pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk bata merah sebagai pengganti semen dan cacahan plastik PET sebagai pengganti agregat halus dapat digunakan untuk bahan pembuatan *paving block*. Menurut klasifikasi mutu *paving block* di SNI 03-0691-1996 yang telah dicantumkan dalam Tabel 3.2 dapat disimpulkan bahwa variasi 1, variasi 2, variasi 3, variasi 4, variasi 5 dan variasi 6 dengan nilai kuat tekan rata-rata dan nilai

minimum yang tercantum dalam Tabel 5.22 masuk ke dalam mutu D yakni diperuntukkan bagi taman. Sedangkan variasi 7 menurut Tabel 3.2 dan Tabel 5.23 tidak masuk dalam klasifikasi mutu SNI 03-0691-1996.

5.4.3 Pengujian ketahanan aus

Pengujian ketahanan aus mengacu pada SNI 03-0691-1996, pengujian dilakukan dengan cara menguji benda uji pada mesin abrasi selama 10 menit guna mendapatkan nilai tingkat abrasi pada *paving block*. Pada pengujian ini setiap variasi akan diambil 5 sampel dan dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm. Berikut adalah contoh perhitungan ketahanan aus pada sampel A5.1 dan ketahanan aus rata-rata pada variasi 7.

Berat sebelum = 99,95 gram

Berat sesudah = 98,22 gram

Lama pengujian = 10 menit

Kehilangan = $\frac{\text{berat sebelum} - \text{berat sesudah}}{\text{lama pengujian}}$

$$= \frac{99,95 - 98,22}{10}$$

= 0,173 gram/mm

Ketahanan Aus = 1,2 x kehilangan + 0,0246

= 1,2 x 0,173 + 0,0246

= 0,232 mm/menit

rata-rata variasi Variasi 7 = $\frac{0,232 + 0,235 + 0,217 + 0,237 + 0,244}{5}$

= 0,233 mm/menit

Hasil dari pengujian ketahanan aus dapat dilihat pada Tabel 5.24 Tabel 5.25, Tabel 5.26, Tabel 5.27, Tabel 5.28, Tabel 5.29 dan Tabel 5.30.

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 1

Benda Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Kehilangan (gram/mm)	Ketahanan Aus (mm/menit)
AN.1	107,6	106,13	0,147	0,201
AN.2	115,42	113,90	0,152	0,207
AN.3	111,2	109,72	0,148	0,202
AN.4	119,81	118,21	0,160	0,217
AN.5	115,97	114,55	0,142	0,195
Rerata				0,204

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 2

Benda Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Kehilangan (gram/mm)	Ketahanan Aus (mm/menit)
A0.1	104,2	102,71	0,149	0,203
A0.2	98,01	96,4	0,161	0,218
A0.3	108,62	107,18	0,144	0,197
A0.4	100,7	99,13	0,157	0,213
A0.5	106,53	104,94	0,159	0,215
Rerata				0,209

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 3

Benda Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Kehilangan (gram/mm)	Ketahanan Aus (mm/menit)
A1.1	98	96,53	0,147	0,201
A1.2	115,1	113,61	0,149	0,203
A1.3	103,17	101,78	0,139	0,191
A1.4	106,68	105,22	0,146	0,200
A1.5	103,62	102,13	0,149	0,203
Rerata				0,200

Tabel 5.27 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 4

Benda Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Kehilangan (gram/mm)	Ketahanan Aus (mm/menit)
A2.1	109,29	108,01	0,128	0,178
A2.2	113,32	111,97	0,135	0,187
A2.3	77,76	76,44	0,132	0,183
A2.4	99,76	98,31	0,145	0,199
A2.5	98,69	97,08	0,161	0,218
Rerata				0,193

Tabel 5.28 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 5

Benda Uji	Berat Sebelum gram	Berat Sesudah gram	Kehilangan gram/mm	Ketahanan Aus mm/menit
A3.1	94,35	93,08	0,127	0,177
A3.2	121,06	119,82	0,124	0,173
A3.3	113,7	112,33	0,137	0,189
A3.4	112,61	111,3	0,131	0,182
A3.5	126,07	124,61	0,146	0,200
Rerata				0,184

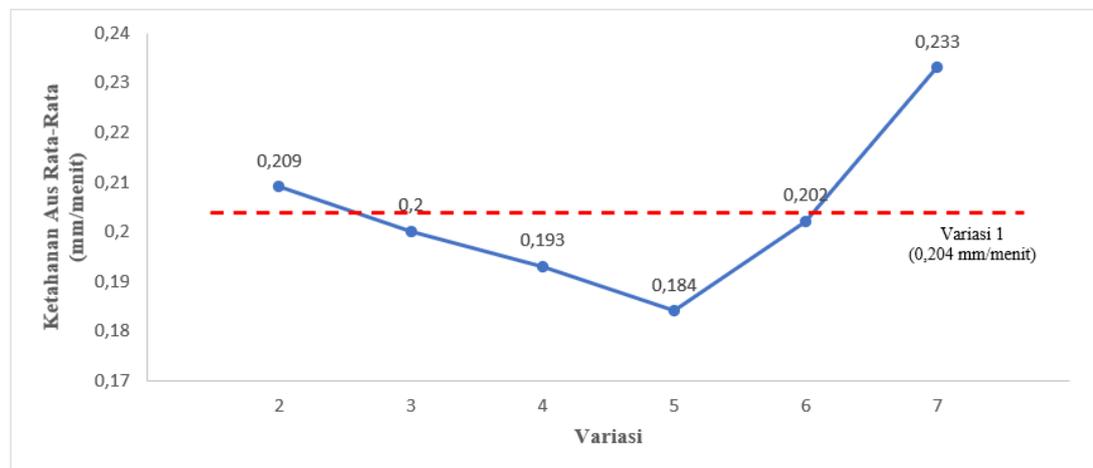
Tabel 5.29 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 6

Benda Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Kehilangan (gram/mm)	Ketahanan Aus (mm/menit)
A4.1	101,27	99,81	0,146	0,200
A4.2	103,46	102,01	0,145	0,199
A4.3	119,54	118,02	0,152	0,207
A4.4	103,88	102,34	0,154	0,209
A4.5	101,49	100,05	0,144	0,197
Rerata				0,202

Tabel 5.30 Hasil Pengujian Ketahanan Aus Variasi 7

Benda Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Kehilangan (gram/mm)	Ketahanan Aus (mm/menit)
A5.1	99,95	98,22	0,173	0,232
A5.2	91,11	89,36	0,175	0,235
A5.3	94,13	92,53	0,16	0,217
A5.4	107,47	105,7	0,177	0,237
A5.5	107,87	106,04	0,183	0,244
Rerata				0,233

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan grafik nilai ketahanan aus rata-rata setiap variasi adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.4.

Gambar 5.4 Grafik Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

Berdasarkan hasil analisis perhitungan serta berdasarkan grafik yang didapat maka dapat dilakukan penggolongan klasifikasi mutu *paving block* yang diuji pada pengujian ini. Klasifikasi mutu mengacu pada SNI 03-0691-1996 yang telah dijabarkan di Tabel 3.2. klasifikasi mutu berdasarkan nilai ketahanan aus *paving block* pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Penggolongan Mutu Ketahanan Aus Paving Block

Variasi	Nilai Rerata (mm/menit)	Nilai Minimum (mm/menit)	Mutu
Variasi 1	0,204	0,217	D
Variasi 2	0,209	0,218	D
Variasi 3	0,200	0,203	D
Variasi 4	0,193	0,218	D
Variasi 5	0,184	0,200	D
Variasi 6	0,202	0,209	D
Variasi 7	0,233	0,244	-

Pada pengujian ketahanan aus didapatkan hasil sesuai dengan Tabel 5.31, ketahanan aus rata-rata benda uji variasi 1 yakni sebesar 0,204 mm/menit selanjutnya mengalami peningkatan pada variasi 2 dengan hasil 0,209 mm/menit kemudian terus mengalami penurunan nilai ketahanan aus rata-rata pada variasi 3, variasi 4 dan variasi 5 sebesar masing-masing 0,200 mm/menit, 0,193 mm/menit dan 0,184 mm/menit, kemudian nilai ketahanan aus rata-rata benda uji mengalami kenaikan pada variasi 6 dan variasi 7 sebesar masing – masing 0,202 mm/menit dan 0,233 mm/menit.

Pada variasi 2 mengalami peningkatan hasil ketahanan aus dibandingkan pada variasi 1 yakni masing-masing sebesar 0,209 mm/menit dan 0,204 mm/menit. Menurut Iwan dan Gulo (2012), penurunan kekuatan tekan dan aus dari benda uji ini adalah daya ikat semen terhadap tumbukan batu bata merah tidak kuat atau lemah.

Pada variasi 3 didapat hasil ketahanan aus rata-rata sebesar 0,200 mm/menit hasil ini mengalami penurunan dari variasi sebelumnya yakni variasi 1 yang hanya mendapatkan hasil ketahanan aus rata-rata sebesar 0,204 mm/menit hal ini disebabkan karena adanya penambahan campuran cacahan plastik PET sebesar 0,1% pada campuran agregat halus yang mengakibatkan terisinya rongga pada campuran bahan penyusun *paving block* menjadi optimal.

Pada variasi 4 didapatkan hasil ketahanan aus rata-rata sebesar 0,193 mm/menit masih mengalami penurunan dari variasi sebelumnya yakni variasi 1 yang sebesar 0,200 mm/menit yang menandakan bahwa persentase campuran

cacahan plastik PET yang digunakan sebagai substitusi agregat halus masih dalam kadar optimal.

Pada variasi 5 didapatkan hasil ketahanan aus rata-rata terendah yakni 0,184 mm/menit. Menurut Kusuma (2019), nilai kuat tekan optimum disebabkan karena cacahan plastik dalam adukan *paving block* terdistribusi dengan baik. Penggunaan cacahan plastik PET sebesar 0,3% dari substitusi agregat halus terdistribusi dengan merata sehingga menyebabkan tingkat kelekatan antara campuran bahan penyusun *paving block* menjadi optimal.

Pada variasi 6 didapatkan hasil ketahanan aus rata-rata sebesar 0,202 mm/menit, hasil ini meningkat dari variasi sebelumnya dengan hasil sebesar 0,184 mm/menit. Menurut Ayyuni Luthfianti dan Yuriandala (2021), Permukaan plastik yang datar dan licin menyebabkan lekatan antar material terganggu. Pada 6 jumlah plastik yang semakin banyak yang mengakibatkan bertambahnya luas permukaan plastik yang licin sehingga lekatan antar material semakin terganggu, selain itu adanya rongga pada *paving block* yang terjadi akibat tidak optimalnya proses pembuatan juga menjadi faktor meningkatnya hasil dari ketahanan aus rata-rata *paving block* pada pengujian ini.

Pada variasi 7 didapatkan hasil ketahanan aus rata-rata sebesar 0,233 mm/menit, hasil ini meningkat dibandingkan variasi sebelumnya dengan nilai ketahanan aus rata-rata sebesar 0,202 mm/menit, hal ini terjadi karena terlalu banyaknya komposisi cacahan plastik PET yang terkandung sehingga mengakibatkan tingkat kelekatan antara material penyusun dari *paving block* menjadi tidak optimal dan proses pencetakan *paving block* yang tidak optimal mengakibatkan penampang *paving block* pada pengujian ini tidak rata terlihat pada Gambar L-5.10.

Berdasarkan pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk bata merah sebagai pengganti dan cacahan plastik PET sebagai pengganti agregat halus dapat digunakan untuk bahan pembuatan *paving block*. Menurut klasifikasi mutu *paving block* di SNI 03-0691-1996 yang telah dicantumkan dalam Tabel 3.2 dapat disimpulkan bahwa variasi 1, variasi 2, variasi 3, variasi 4, variasi 5 dan variasi 6 dengan nilai ketahanan aus rata-rata dan nilai minimum yang

tercantum dalam Tabel 5.31 masuk ke dalam mutu D yakni diperuntukkan bagi taman. Sedangkan variasi 7 menurut Tabel 3.2 dan Tabel 5.31 tidak masuk dalam klasifikasi mutu SNI 03-0691-1996.

5.4.4 Pengujian daya serap air

Pengujian daya serap air mengacu pada SNI 03-0691-1996, pengujian dilakukan dengan cara merendam benda uji selama 24 jam kemudian benda uji dilakukan proses penimbangan dan dilakukan di masukan oven dan dicatat selisih berat benda uji setelah benda uji kering oven. Pada pengujian ini setiap variasi akan diambil 5 sampel dan dipotong dengan ukuran 10 cm x 20 cm x 6 cm. Berikut adalah contoh analisis perhitungan daya serap air sampel S5.1 dan daya serap air rata-rata variasi 7.

$$\text{Berat basah} = 2380 \text{ gram}$$

$$\text{Berat kering oven} = 2128 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering oven}}{\text{berat basah}} \times 100\% \\ &= \frac{2380 - 2128}{2380} \times 100\% \\ &= 10,59\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Variasi 7} &= \frac{10,59 + 11,60 + 10,94 + 12,15 + 11,71}{5} \\ &= 11,40\% \end{aligned}$$

Hasil dari pengujian daya serap air dapat dilihat pada Tabel 5.32 Tabel 5.33, Tabel 5.34, Tabel 5.35, Tabel 5.36, Tabel 5.37 dan Tabel 5.38.

Tabel 5.32 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 1

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
SN.1	2473	2238	9,50
SN.2	2505	2257	9,90
SN.3	2324	2094	9,90
SN.4	2316	2091	9,72
SN.5	2515	2253	10,42
Rerata			9,89

Tabel 5.33 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 2

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
S0.1	2485	2235	10,06
S0.2	2407	2156	10,43
S0.3	2386	2162	9,39
S0.4	2435	2192	9,98
S0.5	2499	2249	10,00
Rerata			9,97

Tabel 5.34 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 3

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
S1.1	2399	2159	10,00
S1.2	2471	2257	8,66
S1.3	2482	2267	8,66
S1.4	2385	2159	9,48
S1.5	2462	2213	10,11
Rerata			9,38

Tabel 5.35 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 4

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
S2.1	2475	2254	8,93
S2.2	2422	2203	9,04
S2.3	2380	2181	8,36
S2.4	2354	2135	9,30
S2.5	2506	2285	8,82
Rerata			8,89

Tabel 5.36 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 5

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
S3.1	2468	2263	8,31
S3.2	2474	2297	7,15
S3.3	2407	2206	8,35
S3.4	2425	2240	7,63
S3.5	2381	2197	7,73
Rerata			7,83

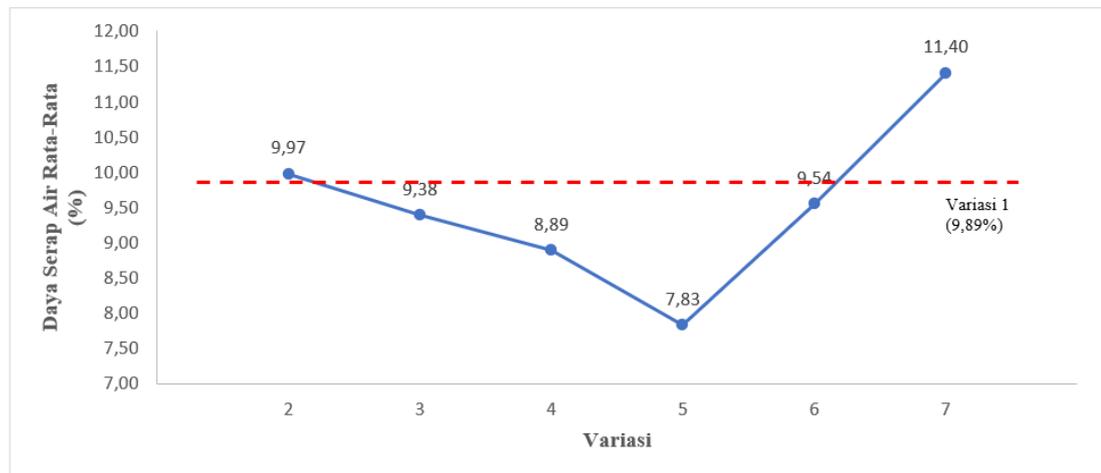
Tabel 5.37 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 6

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
S4.1	2403	2173	9,57
S4.2	2429	2224	8,44
S4.3	2395	2140	10,65
S4.4	2400	2163	9,88
S4.5	2427	2204	9,19
Rerata			9,54

Tabel 5.38 Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi 7

Benda Uji	Berat Setelah Rendam (gram)	Berat Setelah Oven (gram)	Daya Serap (%)
S5.1	2380	2128	10,59
S5.2	2362	2088	11,60
S5.3	2405	2142	10,94
S5.4	2445	2148	12,15
S5.5	2443	2157	11,71
Rerata			11,40

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan grafik nilai daya serap air setiap variasi adalah sebagaimana yang di tunjukan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Pengujian Daya Serap Paving Block

Berdasarkan hasil analisis perhitungan serta berdasarkan grafik yang didapat maka dapat dilakukan penggolongan klasifikasi mutu *paving block* yang diuji pada pengujian ini. Klasifikasi mutu mengacu pada SNI 03-0691-1996 yang telah dijabarkan di Tabel 3.2. klasifikasi mutu berdasarkan nilai ketahanan aus *paving block* pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Penggolongan Mutu Daya Serap Air Paving Block

Varian	Daya Serap Rerata (%)	Mutu
Variasi 1	9,89	D
Variasi 2	9,97	D
Variasi 3	9,38	D
Variasi 4	8,89	D
Variasi 5	7,83	C
Variasi 6	9,54	D
Variasi 7	11,40	-

Pada pengujian daya serap air didapatkan hasil sesuai dengan Tabel 5.39, daya serap air rata-rata benda uji variasi 1 yakni sebesar 9,89% selanjutnya mengalami kenaikan pada variasi 2 dengan hasil 9,97% kemudian terus mengalami penurunan nilai daya serap air rata-rata pada variasi 3, variasi 4 dan variasi 5 sebesar masing-

masing 9,38%, 8,89% dan 7,83%, kemudian nilai daya serap air rata-rata benda uji mengalami kenaikan nilai pada variasi 6 dan variasi 7 sebesar masing – masing 9,54% dan 11,40%.

Pada variasi 2 mengalami kenaikan nilai daya serap air dari variasi 1 yakni masing-masing sebesar 9,97% dan 9,89%. Menurut Iwan dan Gulo (2012) kenaikan nilai daya serap air disebabkan oleh volume pori *paving block* yang semakin besar. Menurut Larasati (2013), besar atau kecilnya nilai daya serap air yang dihasilkan tergantung dari kepadatan dan jumlah rongga yang terdapat pada *paving block*. Nilai porositas yang besar menyebabkan semakin banyaknya rongga di dalam campuran *paving block* yang terisi air pada saat dilakukan proses perendaman.

Pada variasi 3 terjadi penurunan nilai daya serap air rata-rata dari varian sebelumnya yakni variasi 2 sebesar masing-masing 9,38% dan 9,97%, hal ini disebabkan karena rongga di dalam campuran *paving block* terisi oleh komposisi 0,1% cacahan plastik PET yang dimana nilai 0,1% cacahan plastik PET tersebut masih belum melebihi kapasitas maksimal. Menurut Luthfianti dan Yuriandala (2021), penurunan nilai *absorbability* diakibatkan oleh karakteristik campuran polimer yang mengisi pori antar partikel agregat (pasir). Selain itu sifat alami dari polimer yang hidrofobik juga mengakibatkan turunnya nilai *absorbability*.

Pada variasi 4 masih terjadi penurunan nilai daya serap air rata-rata dari varian sebelumnya yakni variasi 3 masing-masing sebesar 8,89% dan 9,38%, hal ini menunjukkan bahwa nilai komposisi campuran cacahan plastik PET yang dipakai pada variasi 4 masih belum melebihi batas maksimal sehingga tidak terjadi peningkatan nilai daya serap air rata-rata dibanding varian sebelumnya.

Pada variasi 5 terjadi penurunan nilai daya serap air rata-rata maksimal yakni sebesar 7,83%, hal ini disebabkan karena rongga di dalam campuran *paving block* terisi oleh komposisi 0,3% cacahan plastik PET yang dimana nilai 0,3% cacahan plastik PET tersebut telah mencapai batas kapasitas maksimal sehingga rongga di dalam campuran *paving block* variasi 5 menjadi kecil yang kemudian menurunkan nilai daya serap air rata-rata pada varian ini. Menurut Hambali (2013), sifat *polietilen* (plastik) yang tidak tembus air dan tidak terlarut dalam air pada temperatur ruang menyebabkan daya serap air pada *paving block* berkurang.

Pada variasi 6 terjadi peningkatan nilai daya serap air rata-rata yakni sebesar 9,54%, hal ini menunjukkan bahwa komposisi 0,4% cacahan plastik PET sudah melebihi batas maksimal sehingga terjadi kenaikan nilai daya serap air. Menurut Ayyuni Luthfianti dan Yuriandala (2021), peningkatan nilai daya serap air menunjukkan bahwa *paving block* tidak padat karena persentase plastik yang sudah melebihi kapasitas dari volume *paving block* secara keseluruhan sehingga menyebabkan banyaknya rongga yang tercipta.

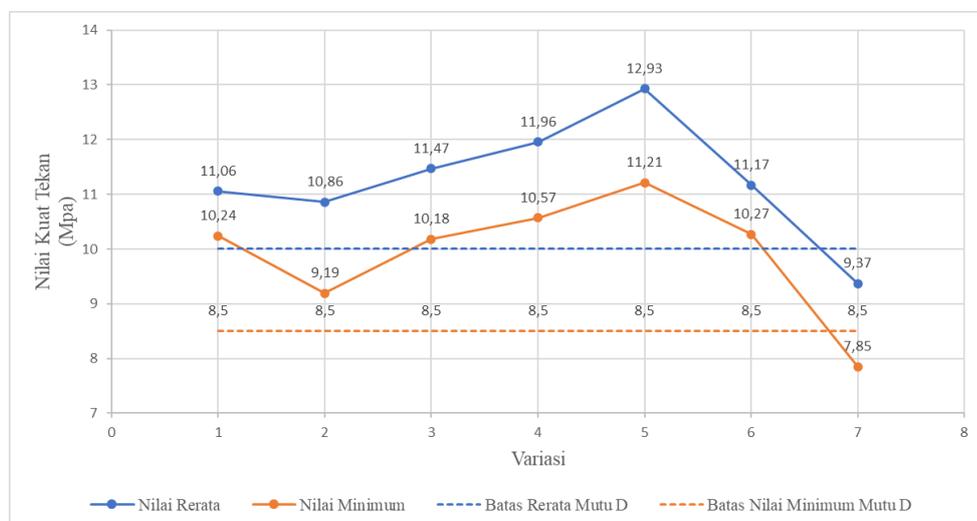
Pada variasi 7 terjadi peningkatan nilai daya serap air rata-rata tertinggi diantara varian lain yakni sebesar 11,40%, hal ini menunjukkan bahwa komposisi 0,5% cacahan plastik PET sudah melebihi batas maksimal sehingga terjadi kenaikan nilai daya serap air.

Berdasarkan pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk bata merah sebagai pengganti dan cacahan plastik PET sebagai pengganti agregat halus dapat digunakan untuk bahan pembuatan *paving block*. Menurut klasifikasi mutu *paving block* di SNI 03-0691-1996 yang telah dicantumkan dalam Tabel 3.2 dapat disimpulkan bahwa variasi 5 dengan nilai rata-rata daya serap air yang tercantum dalam Tabel 5.36 masuk ke dalam mutu C yakni diperuntukkan bagi pejalan kaki. Sedangkan variasi 1, variasi 2, variasi 3, variasi 4 dan variasi 6 menurut Tabel 3.2 dan Tabel 5.39 masuk ke dalam mutu D yakni diperuntukkan bagi taman, sedangkan variasi 7 menurut Tabel 3.2 dan Tabel 5.39 tidak masuk ke dalam standar mutu SNI 03-0691-1996.

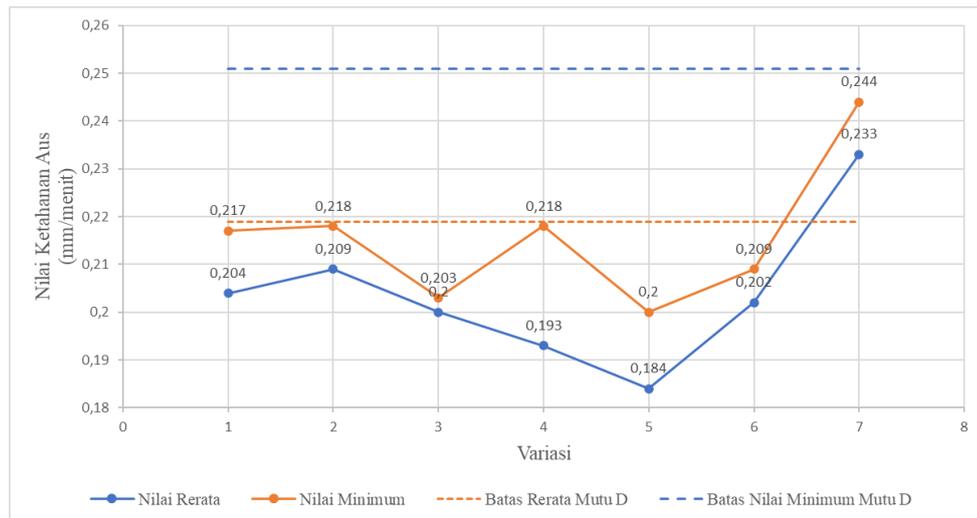
5.5 Keseluruhan Pembahasan

Berdasarkan pembahasan di atas secara keseluruhan maka dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air paling tinggi ada pada variasi 5 dengan nilai masing-masing sebesar 12,93 MPa, 0,184 mm/menit dan 7,83%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk bata merah dan cacahan plastik PET dapat meningkatkan nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air *paving block* dibanding *paving block* variasi 1. Semakin berkurangnya jumlah semen akibat penggantian serbuk bata merah mengakibatkan daya ikat antar material bahan penyusun menjadi tidak optimal selain itu proses pencampuran bahan yang tidak berjalan optimal dapat menurunkan tingkat kelekatan antar bahan

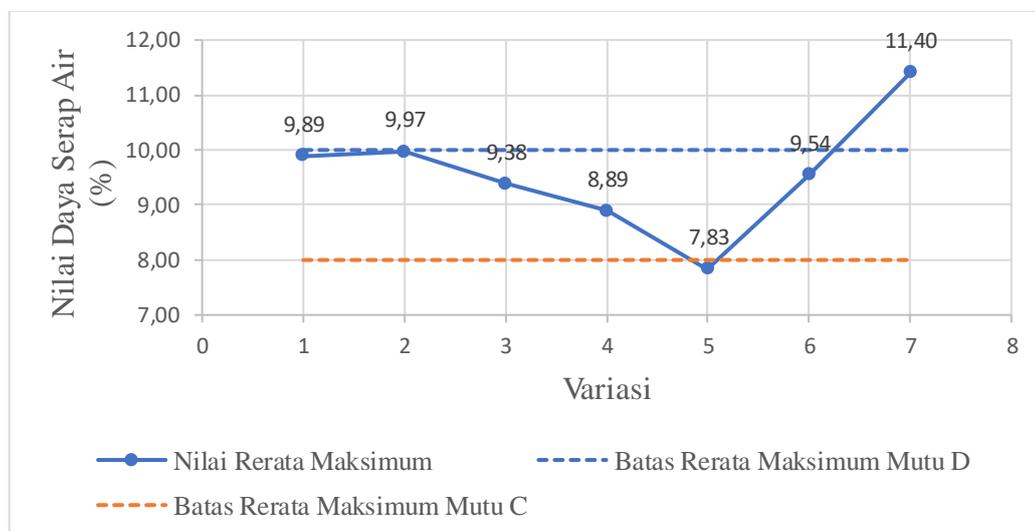
penyusun *paving block* karena tidak terdistribusinya bahan penyusun secara merata yang mengakibatkan *paving block* mudah hancur dan tergerus, hal ini ditunjukkan dalam pengujian kuat tekan dan ketahanan aus pada variasi 7 yang mengalami penurunan nilai paling tinggi dari varian lainnya. Penggunaan campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET yang berlebih dapat menurunkan mutu dari *paving block* itu sendiri, hal ini dikarenakan semakin banyaknya jumlah serbuk bata merah dan cacahan plastik PET yang dipakai melebihi kapasitas maksimum dapat membuat *paving block* menjadi berongga sehingga menyebabkan naiknya nilai daya serap air dari *paving block*. Grafik Hasil pengujian kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air dapat dilihat pada Gambar 5.6, 5.7 dan 5.8.



Gambar 5.6 Grafik Perolehan Mutu Kuat Tekan



Gambar 5.7 Grafik Perolehan Mutu Ketahanan Aus



Gambar 5.8 Grafik Perolehan Mutu Daya Serap Air

Berikut adalah rekapitulasi mutu dari benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Rekapitulasi Mutu Benda Uji

Variasi	Kuat Tekan		Ketahanan Aus		Daya Serap Air	Mutu
	Rerata	Minimum	Rerata	Minimum	Rerata	
	(MPa)	(MPa)	(mm/menit)	(mm/menit)	(%)	
1	11,06	10,24	0,204	0,217	9,89	D
2	10,86	9,19	0,209	0,218	9,97	D
3	11,47	10,18	0,2	0,203	9,38	D
4	11,96	10,57	0,193	0,218	8,89	D
5	12,93	11,21	0,184	0,2	7,83	D
6	11,17	10,27	0,202	0,209	9,54	D
7	9,37	7,85	0,233	0,244	11,40	-

Berdasarkan Tabel 5.40 didapatkan hasil bahwa variasi 1 sampai 6 mendapatkan mutu D yakni dapat digunakan sebagai bahan perkerasan taman, dengan nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap optimal ada di varian 5 dengan mutu D yakni sebagai bahan perkerasan taman.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kuat tekan rata-rata variasi 1 tanpa adanya penambahan campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET adalah 11,06 MPa, terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 2 dengan nilai kuat tekan rata-rata 10,86 MPa kemudian terjadi peningkatan kuat tekan pada variasi 3, variasi 4 dan variasi 5 sebesar masing-masing 11,47 MPa, 11,96 MPa dan 12,93 MPa kemudian mengalami penurunan pada variasi 6 dan variasi 7 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 11,17 MPa dan 9,37 MPa. Penggunaan campuran serbuk bata merah untuk pengganti semen dan cacahan plastik PET untuk pengganti agregat halus dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari *paving block* dengan memperhatikan komposisi penggunaan serbuk bata merah dan cacahan plastik PET yang dipakai sebagai bahan substitusi.
2. Ketahanan aus rata-rata pada variasi 1 tanpa adanya campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET adalah sebesar 0,204 mm/menit, terjadi peningkatan nilai ketahanan aus rata-rata pada variasi 2 senilai 0,209 mm/menit kemudian terus mengalami penurunan nilai ketahanan aus rata-rata pada variasi 3, variasi 4 dan variasi 5 sebesar masing-masing 0,200 mm/menit, 0,193 mm/menit dan 0,184 mm/menit kemudian terjadi peningkatan kembali nilai ketahanan aus pada variasi 6 dan variasi 7 sebesar masing-masing 0,202 mm/menit dan 0,233 mm/menit. Penggunaan campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET dapat menurunkan nilai ketahanan aus tetapi memperhatikan komposisi campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET yang dipakai sebagai bahan substitusi.

3. Daya serap air rata-rata pada variasi 1 tanpa adanya campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET adalah sebesar 9,89% mengalami peningkatan pada variasi 2 senilai 9,97% kemudian mengalami penurunan nilai daya serap rata-rata pada variasi 3, variasi 4 dan variasi 5 sebesar masing-masing 9,38%, 8,89% dan 7,83% kemudian terjadi peningkatan nilai daya serap air rata-rata pada variasi 6 dan variasi 7 sebesar masing-masing 9,54% dan 11,40%. Penggunaan campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET dapat menurunkan nilai daya serap air tetapi memperhatikan komposisi campuran serbuk bata merah dan cacahan plastik PET yang dipakai sebagai bahan substitusi.
4. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air yang optimal ada pada variasi 5 yakni dengan nilai kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air masing-masing sebesar 12,93 MPa, 0,184 mm/menit dan 7,83% dengan mutu D yakni diperuntukkan sebagai bahan perkerasan taman.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditemukan beberapa kekurangan pada penelitian ini yang perlu diperbaiki untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Pada penelitian selanjutnya perlu memperhatikan kadar penggunaan air pada campuran *paving block* agar dapat mendapatkan kualitas yang direncanakan.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan perbandingan semen yang lebih tinggi seperti perbandingan semen:pasir 1pc:5ps, agar mendapatkan kualitas *paving block* yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, F., 2014. *Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan Paving Block*. Jurnal Rekayasa Sipil. Sumatra Barat.
- Anthony, S., Hirza, B., & Hastiana, Y. (2020). *Memfaatkan Limbah Plastik Menjadi Paving Block*. Diseminasi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat, 2(1), 1-4.
- Ayyuni Luthfianti, Q., 2021. *Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis Polythlene Terephthalate (PET) Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Paving Block*, Jurnal Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, FTSP UII. Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2004. *SNI 15-2049-2004 tentang Semen Portland*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. *SNI 03-1971-1990 tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- Badan Standarisasi Nasional, 1996. *SNI 03-0691-1996 tentang Paving Block*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000. *SNI 15-2094-2000 tentang Bata Merah Untuk Pasangan Dinding*.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. *SNI 1970:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- Basuki, B., Darmanijati, 2018. *Pemanfaatan Limbah Plastik Bekas Untuk Bahan Utama Pembuatan Paving Block*. Jurnal Reyakasa Lingkungan 18.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990. *SK.SNI.T-15-1990-03 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal."*
- Fitriyah Anita Wijaya, 2013. *Analisis kandungan tembaga (Cu) dalam air dan sedimen di sungai Surabaya*. Diploma thesis, Universitas Negeri Malang.
- Iwan, W., Gulo, D., 2012. *Pengaruh Penambahan Tumbukan Batu Bata Merah dan Pengurangan Semen Terhadap Kuat Tekan Serta Keausan Paving Block*, Majalah Ilmiah UKRIM. Yogyakarta.

- Kusuma, G.A., 2019. *Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (Poly Propylene) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (Paving Block)*, PhD Thesis. Universitas Islam Indonesia.
- Nugroho, E. N. 2017. *Aanalisis Interlocking Paving Block Bentuk Hexagonal Dengan Metode Finite Element 3D Program SAP 2000 (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNISSULA)*.
- Nurzal, O., Mahmud, D.J., 2013. *Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Daya Serap Air Pada Pembuatan Paving Block*, Jurnal Teknik Mesin, 3(2), 41-48.
- Permatasari, S., 2019. *Pengaruh Bahan Tambah Batu Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'21 Menggunakan Agregat Kasar PT. AMR dan Agregat Halus Desa Sunggup Kota Baru*. Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 8(2), 155-161.
- Prayuda, H., Cahyati, M.D., 2016. *Gaya Lateral In Plane Struktur Dinding Pasangan Bata ½ Batu Melalui Beban Statik*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil.
- Priastiwi, D., & Handayani, H. R. (2018). *Analisis pengaruh jumlah penduduk, pendidikan, upah minimum, dan PDRB terhadap tingkat pengangguran terbuka di provinsi jawa tengah* (Doctoral dissertation, Fakultas Ekonomika dan Bisnis)
- Rizki, M.F., 2020. *Pengaruh Campuran Tumbukan Bata Merah Pada Semen Dalam Pembuatan Paving Block Dengan Metode Tekan*. Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Samekto, C., Ewin, D., Winata, S., 2016. *Potensi Sumber Daya Air di Indonesia*. Seminar Nasional: Aplikasi Teknologi Penyediaan Air Bersih Untuk Kabupaten/Kota Di Indonesia (pp. 1-20).
- Sebayang, S., Diana, W., Purba, A., 2011. *Perbandingan Mutu Paving Block Produksi Manual Dengan Produksi Marsinal*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung, 15(2), 140381.
- Standar Kompetensi Nasional, 1998. *SNI 03-4804-1998 "Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat."*
- Widjajanti, E., 2009. *Penanganan Limbah Laboratorium Kimia*. PPM Prodi Dik Kim FMIPA UNY. Yogyakarta.

- Yusuf, A., 2015. *Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Bahan Tambah Pembuatan Paving Block Sebagai Alternatif Perkerasan Pada Lahan Parkir Di Universitas Muhammadiyah Metro*. TAPAK 4.
- Hambali, M., 2013. *Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Airnya*. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 19. Sriwijaya : Universitas Sriwijaya.
- Larasati., 2016. *Purifikasi Silika dari Pasir Vulkanik Gunung Merapi sebagai Bahan Baku Sel Fotovoltaik*. Yogyakarta : Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat Yang Digunakan



Gambar L-1.1 Timbangan Digital



Gambar L-1.2 Saringan Agregat Halus



Gambar L-1.3 Gerinda



Gambar L-1.4 Alat *Press Paving Block*



Gambar L-1.5 Mixer



Gambar L-1.6 Gambar Alat Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-1.7 Gambar Alat Pengujian Ketahanan Aus

Lampiran 2 Gambar Bahan



Gambar L-2.1 Cacahan Limbah Plastik PET



Gambar L-2.2 Serbuk Limbah Batu Bata Merah



Gambar L-2.3 Agregat Halus Pasir Merapi



Gambar L-2.4 Semen *Portland*



Gambar L-2.5 Air

Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Perawatan Benda Uji *Paving Block*



Gambar L-3.1 Pencampuran Bahan Penyusun *Paving Block*



Gambar L-3.2 Proses *Press Paving Block*



Gambar L-3.3 Hasil Proses *Press Paving Block*



Gambar L-3.4 Proses Perendaman *Paving Block*



Gambar L-3.5 Proses Pengeringan *Paving Block*

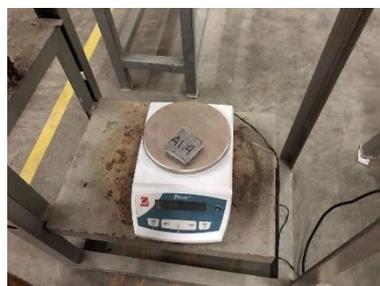
Lampiran 4 Gambar Proses Pengujian *Paving Block*



Gambar L-4.1 Proses Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



Gambar L-4.2 Proses Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*



Gambar L-4.3 Proses Penimbangan Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*



Gambar L-4.4 Proses Perendaman Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*



Gambar L-4.5 Proses Penimbangan Berat Sesudah Rendam Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*



Gambar L-4.6 Proses Pengovenan Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*



**Gambar L-4.7 Penimbangan Berat Sesudah Oven Pengujian Daya Serap Air
*Paving Block***

Lampiran 5 Gambar Benda Uji *Paving Block* Setelah Pengujian



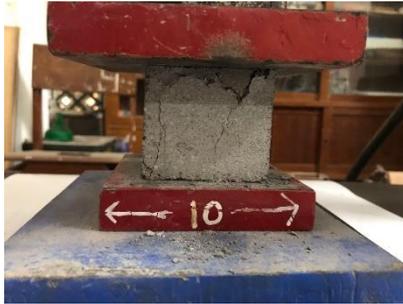
Gambar L-5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 0%;Plastik PET 0%



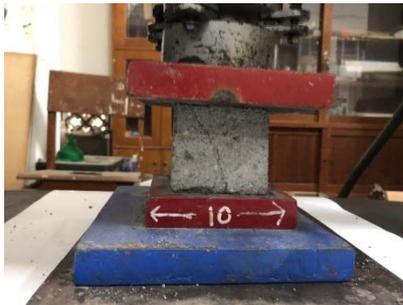
Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 5%;Plastik PET 0%



Gambar L-5.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 5%;Plastik PET 0,1%



**Gambar L-5.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 5%;Plastik
PET 0,2%**



**Gambar L-5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 5%;Plastik
PET 0,3%**



**Gambar L-5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 5%;Plastik
PET 0,4%**



Gambar L-5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Varian Bata Merah 5%;Plastik PET 0,5%



Gambar L-5.8 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah 0%;Plastik PET 0%



**Gambar L-5.9 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah
5%;Plastik PET 0%**



**Gambar L-5.10 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah
5%;Plastik PET 0,1%**



**Gambar L-5.11 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah
5%;Plastik PET 0,2%**



**Gambar L-5.12 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah
5%;Plastik PET 0,3%**

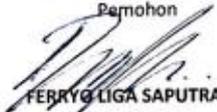


**Gambar L-5.13 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah
5%;Plastik PET 0,4%**



**Gambar L-5.14 Tampak Permukaan *Paving Block* Varian Bata Merah
5%;Plastik PET 0,5%**

Lampiran 6 Surat Penggunaan Lab

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN	Gedung KH. Moh. Natsir Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Jl. Kalurung km 14,5 Yogyakarta 55584 T. (0274) 896444 ext 3200, 3201 F. (0274) 895330 E. dekanat.fsp@uii.ac.id W. fsp.uii.ac.id
Nomor	: 146/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VII/2023	
Hal	: Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium	
Kepada Yth: KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		
<i>Assalamu'alaikum Wr.Wb.</i>		
Yang bertanda tangan dibawah ini:		
NAMA	: FERRYO LIGA SAPUTRA	
NIM	: 19511055	
JUDUL TUGAS AKHIR	: PENGARUH PENAMBAHAN TUMBUKAN LIMBAH BATU BATA MERAH DAN CACAHAN LIMBAH PLASTIK PET TERHADAP KUALITAS PAVING BLOCK	
DOSEN PEMBIMBING	: ATIKA ULFAH JAMAL, S.T., M. ENG., M.T.	
Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin peminjaman peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia guna mendukung penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir.		
Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.		
<i>Wassalamu'alaikum Wr. Wb.</i>		
	Program Sarjana Teknik Sipil, DINA ANGGRAHENI, M. ENG	Yogyakarta, 27 Juli 2023 Pemohon  FERRYO LIGA SAPUTRA NIM. 19511055

Lampiran 7 Surat Keterangan Bebas Lab



SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 277/ Ka.Lab/60/LBKT/IX/2023

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : FERRYO LIGA SAPUTRA
N I M : 19511055
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Atika Ulfah Jamal, S.T, M. Eng., M.T.
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK DAN TUMBUKAN LIMBAH BATU BATA MERAH TERHADAP KUALITAS PAVING BLOCK"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya^{*)}.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 12 September 2023

Administrasi Laboratorium

Kepala Laboratorium BKT,

Daru Salam, AMd



^{*)} Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 8 Hasil Pengujian *Properties* Bahan Penyusun *Paving Block*



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kalirejo Km. 14,4 Telp. (0274) 896471 eks.3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian *Properties* Bahan Penyusun *Paving Block*

(SNI 03-1968-1990)

Nama : Ferryo Liga Saputra
NIM : 19511055
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir

Hasil Pengujian Modulus Halus Butir

(SNI 03-1968-1990)

Saringan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Berat Tertinggal Kumulatif	Persentase Lolos Saringan
	gram	%	gram	%	%
10	0	0	0	0	100
4,8	124	4,962	124	4,962	95,038
2,4	224	8,964	348	13,926	86,074
1,2	387	15,486	735	29,412	70,588
0,6	471	18,848	1206	48,259	51,741
0,3	585	23,409	1791	71,669	28,331
0,15	511	20,448	2302	92,117	7,883
pan	197	7,883	2499	100	0
Total	2499	100	-	360,344	-



Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

(SNI 03-1971-1990)

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat talam, gram (W1)	346	420	383
2	Berat talam + benda uji, gram (W2)	3346	3420	3383
3	Berat benda uji, gram (W3 = W2 - W1)	3000	3000	3000
4	Berat talam + benda uji setelah di oven, gram (W4)	3197	3278	3237,5
5	Berat benda uji kering, gram (W5 = W4 - W1)	2851	2858	2854,5
6	Kadar air, % $[(W3 - W5)/W3 * 100]$	4,967	4,733	4,850



Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

(SK SNI S-04-1989-F)

KADAR LUMPUR				
No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
1	Berat agregat kering oven, gram (W1)	500	500	500
2	Berat agregat kering oven setelah di cuci, gram (W2)	476,1	475,7	475,9
3	Berat agregat lolos saringan No. 200, $\% [(W1 - W2)/W1] \times 100\%$	4,78	4,86	4,82

Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

(SNI 03-4804-1998)

Berat Volume Gembur				
No.	uraian	sampel 1	sampel 2	rerata
1	Berat tabung, gram (W1)	5242	5242	5242
2	Berat tabung + pasir, gram (W2)	11330	11510	11420
3	Berat pasir, gram (W3 = W2 - W1)	6088	6268	6178
4	Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,438	5301,438	5301,438
5	Berat volume pasir, gram/cm ³ (W3/V)	1,148	1,182	1,165



Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus
(SNI 03-4804-1998)

Berat Volume Padat				
No.	uraian	sampel 1	sampel 2	rerata
1	Berat tabung, gram (W1)	5242	5242	5242
2	Berat tabung + pasir, gram (W2)	13813	13372	13592,5
3	Berat pasir, gram (W3 = W2 - W1)	8571	8130	8350,5
4	Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,438	5301,438	5301,438
5	Berat volume pasir, gram/cm ³ (W3/V)	1,617	1,534	1,575

Diperiksa,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Disetujui,
Kepala Laboratorium BKT



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

Lampiran 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Kampus Terpadu Jalan Kalirejo Km. 14,4 Telp. (0274) 898471 eks.3290 Yogyakarta

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

Nama : Ferryo Liga Saputra
 NIM : 19511055
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
 Keperluan : Tugas Akhir

Variasi : NORMAL (BATA MERAH 0% PLASTIK PET 0%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang	Beban Maks.	Kuat Tekan
	panjang	lebar	tinggi			
	mm	mm	mm	mm ²	kgf	Mpa
TN.1	62,30	61,35	60,00	3822,11	4050	10,39
TN.2	60,25	60,85	60,10	3666,21	4125	11,04
TN.3	62,75	61,20	59,70	3840,30	4325	11,05
TN.4	62,40	62,40	61,25	3893,76	4450	11,21
TN.5	61,60	61,90	61,00	3813,04	4225	10,87
TN.6	60,25	60,75	61,10	3660,19	4150	11,12
TN.7	63,20	63,25	63,85	3997,40	4750	11,66
TN.8	60,50	60,55	61,30	3663,28	3825	10,24
TN.9	61,80	62,25	59,70	3847,05	4800	12,24
TN.10	61,15	61,60	58,05	3766,84	4150	10,81
Rerata						11,06

Variasi : BMSPET0 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
	panjang	lebar	tinggi			
	mm	mm	mm	mm ²	kgf	Mpa
T0.1	62,65	62,15	58,70	3893,70	4350	10,96
T0.2	61,70	60,40	62,05	3726,68	3650	9,61
T0.3	60,05	61,50	61,90	3693,08	4325	11,49
T0.4	61,35	61,65	60,50	3782,23	4650	12,06
T0.5	60,70	60,25	60,80	3657,18	3450	9,25
T0.6	61,60	62,55	62,70	3853,08	4525	11,52
T0.7	62,20	60,85	61,60	3784,87	4650	12,05
T0.8	61,35	62,20	64,10	3815,97	4725	12,15
T0.9	60,55	61,25	60,70	3708,69	3475	9,19
T0.10	63,70	61,70	60,65	3930,29	4125	10,30
Rerata						10,86



Variasi : BMSPET01 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,1%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang mm ²	Beban Maksimum kgf	Kuat Tekan Mpa
	panjang mm	lebar mm	tinggi mm			
T1.1	57,95	61,65	61,60	3572,62	3800	10,43
T1.2	59,55	63,20	58,70	3763,56	4200	10,95
T1.3	61,80	59,50	60,90	3677,10	4425	11,81
T1.4	60,50	62,50	60,05	3781,25	3925	10,18
T1.5	60,15	63,10	60,40	3795,47	4700	12,15
T1.6	60,20	60,25	58,80	3627,05	4600	12,44
T1.7	61,50	63,00	59,50	3874,50	4800	12,15
T1.8	58,50	61,60	59,30	3603,60	4225	11,50
T1.9	59,55	63,05	60,80	3754,63	4250	11,10
T1.10	58,90	57,80	61,70	3404,42	4150	11,96
Rerata						11,47

Variasi : BMSPET02 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,2%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang mm ²	Beban Maksimum kgf	Kuat Tekan Mpa
	panjang mm	lebar mm	tinggi mm			
T2.1	58,80	64,30	59,55	3780,84	4350	11,29
T2.2	61,35	64,90	60,00	3981,62	5100	12,57
T2.3	62,50	63,20	61,15	3950,00	4500	11,18
T2.4	63,20	60,25	60,30	3807,80	5125	13,20
T2.5	59,70	61,00	62,40	3641,70	3925	10,57
T2.6	62,65	63,75	58,25	3993,94	5200	12,77
T2.7	64,10	62,45	62,70	4003,05	5425	13,29
T2.8	62,90	62,30	61,75	3918,67	4950	12,39
T2.9	64,10	64,90	60,70	4160,09	4575	10,79
T2.10	62,45	63,45	62,45	3962,45	4650	11,51
Rerata						11,96



Variasi : BM5PET03 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,3%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
	panjang	lebar	tinggi			
	mm	mm	mm	mm ²	kgf	Mpa
T3.1	60,75	63,85	59,65	3878,89	4450	11,25
T3.2	61,85	63,00	61,20	3896,55	5375	13,53
T3.3	61,65	61,05	57,40	3763,73	4300	11,21
T3.4	61,05	60,70	59,85	3705,74	4975	13,17
T3.5	61,05	63,15	58,90	3855,31	5350	13,61
T3.6	61,20	62,45	58,10	3821,94	5825	14,95
T3.7	64,50	63,20	61,00	4076,40	5775	13,90
T3.8	62,40	61,00	61,75	3806,40	4650	11,98
T3.9	64,25	63,20	61,05	4060,60	5275	12,74
T3.10	59,90	62,90	60,10	3767,71	4975	12,95
Rerata						12,93

Variasi : BM5PET04 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,4%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
	panjang	lebar	tinggi			
	mm	mm	mm	mm ²	kgf	Mpa
T4.1	64,40	61,60	61,20	3967,04	4625	11,44
T4.2	63,70	63,70	57,60	4057,69	4375	10,58
T4.3	63,85	63,35	60,80	4044,90	4275	10,37
T4.4	61,55	62,10	58,65	3822,26	4000	10,27
T4.5	64,50	64,35	61,55	4150,58	4775	11,29
T4.6	61,80	60,30	61,55	3726,54	4775	12,57
T4.7	62,35	64,75	62,10	4037,16	4675	11,36
T4.8	59,95	64,35	59,20	3857,78	4475	11,38
T4.9	62,40	63,25	61,90	3946,80	4525	11,25
T4.10	61,45	62,95	61,05	3868,28	4425	11,22
Rerata						11,17



Variasi : BM5PET05 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,5%)						
Benda uji	Dimensi			Luas Penampang mm ²	Beban Maksimum kgf	Kuat Tekan Mpa
	panjang mm	lebar mm	tinggi mm			
T5.1	62,75	62,70	61,50	3934,43	3150	7,85
T5.2	63,25	61,10	58,75	3864,58	3850	9,77
T5.3	61,60	63,30	60,30	3899,28	3975	10,00
T5.4	63,15	63,10	62,45	3984,77	4025	9,91
T5.5	61,40	62,45	62,15	3834,43	3650	9,34
T5.6	61,50	62,90	61,45	3868,35	3675	9,32
T5.7	64,20	58,40	60,35	3749,28	3150	8,24
T5.8	62,10	62,30	60,10	3868,83	4100	10,40
T5.9	58,55	62,40	60,90	3653,52	3425	9,20
T5.10	64,15	62,60	61,25	4015,79	3950	9,65
Rerata						9,37

Diperiksa,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Disetujui,
Kepala Laboratorium BKT



Mushtofa, S.T., M.Eng.

Lampiran 10 Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu Jalan Kalirejo Km. 14,4 Telp. (0274) 896471 eks.3250 Yogyakarta

Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Ferryo Liga Saputra

NIM : 19511055

Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

Keperluan : Tugas Akhir

Variasi : NORMAL (BATA MERAH 0% PLASTIK PET 0%)				
Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram	gr/mm	mm/menit
AN.1	107,6	106,13	0,147	0,201
AN.2	115,42	113,90	0,152	0,207
AN.3	111,2	109,72	0,148	0,202
AN.4	119,81	118,21	0,160	0,217
AN.5	115,97	114,55	0,142	0,195
Rerata				0,204

Variasi : BM5PET0 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0%)				
Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram	gr/mm	mm/menit
A0.1	104,2	102,71	0,149	0,203
A0.2	98,01	96,4	0,161	0,218
A0.3	108,62	107,18	0,144	0,197
A0.4	100,7	99,13	0,157	0,213
A0.5	106,53	104,94	0,159	0,215
Rerata				0,209



Variasi : BMSPET01 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,1%)				
Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram	gr/mm	mm/menit
A1.1	98	96,53	0,147	0,201
A1.2	115,1	113,61	0,149	0,203
A1.3	103,17	101,78	0,139	0,191
A1.4	106,68	105,22	0,146	0,200
A1.5	103,62	102,13	0,149	0,203
Rerata				0,200

Variasi : BMSPET02 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,2%)				
Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram	gr/mm	mm/menit
A2.1	109,29	108,01	0,128	0,178
A2.2	113,32	111,97	0,135	0,187
A2.3	77,76	76,44	0,132	0,183
A2.4	99,76	98,31	0,145	0,199
A2.5	98,69	97,08	0,161	0,218
Rerata				0,193

Variasi : BMSPET03 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,3%)				
Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram	gr/mm	mm/menit
A3.1	94,35	93,08	0,127	0,177
A3.2	121,06	119,82	0,124	0,173
A3.3	113,7	112,33	0,137	0,189
A3.4	112,61	111,3	0,131	0,182
A3.5	126,07	124,61	0,146	0,200
Rerata				0,184



Variasi : **BM5PET04** (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,4%)

Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram		
A4.1	101,27	99,81	0,146	0,200
A4.2	103,46	102,01	0,145	0,199
A4.3	119,54	118,02	0,152	0,207
A4.4	103,88	102,34	0,154	0,209
A4.5	101,49	100,05	0,144	0,197
Rerata				0,202

Variasi : **BM5PET05** (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,5%)

Benda Uji	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Kehilangan	Ketahanan Aus
	gram	gram		
A5.1	99,95	98,22	0,173	0,232
A5.2	91,11	89,36	0,175	0,235
A5.3	94,13	92,53	0,16	0,217
A5.4	107,47	105,7	0,177	0,237
A5.5	107,87	106,04	0,183	0,244
Rerata				0,233

Diperiksa,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Disetujui,
Kepala Laboratorium BKT



Mahik Mushthafa, S.T., M.Eng.

Lampiran 11 Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*



Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block*

(SNI 03-0691-1996)

Nama : Ferryo Liga Saputra
NIM : 19511055
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir

Variasi : NORMAL (BATA MERAH 0% PLASTIK PET 0%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
SN.1	2473	2238	9,50
SN.2	2505	2257	9,90
SN.3	2324	2094	9,90
SN.4	2316	2091	9,72
SN.5	2515	2253	10,42
Rerata			9,89

Variasi : BM5PET0 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
S0.1	2485	2235	10,06
S0.2	2407	2156	10,43
S0.3	2386	2162	9,39
S0.4	2435	2192	9,98
S0.5	2499	2249	10,00
Rerata			9,97



Variasi : BM5PET01 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,1%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
S1.1	2399	2159	10,00
S1.2	2471	2257	8,66
S1.3	2482	2267	8,66
S1.4	2385	2159	9,48
S1.5	2462	2213	10,11
Rerata			9,38

Variasi : BM5PET02 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,2%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
S2.1	2475	2254	8,93
S2.2	2422	2203	9,04
S2.3	2380	2181	8,36
S2.4	2354	2135	9,30
S2.5	2506	2285	8,82
Rerata			8,89

Variasi : BM5PET03 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,3%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
S3.1	2468	2263	8,31
S3.2	2474	2297	7,15
S3.3	2407	2206	8,35
S3.4	2425	2240	7,63
S3.5	2381	2197	7,73
Rerata			7,83



Variasi : BM5PET04 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,4%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
S4.1	2403	2173	9,57
S4.2	2429	2224	8,44
S4.3	2395	2140	10,65
S4.4	2400	2163	9,88
S4.5	2427	2204	9,19
Rerata			9,54

Variasi : BM5PET05 (BATA MERAH 5% PLASTIK PET 0,5%)			
Benda Uji	Berat Setelah Rendam	Berat Setelah Oven	Daya Serap
	gram	gram	%
S5.1	2380	2128	10,59
S5.2	2362	2088	11,60
S5.3	2405	2142	10,94
S5.4	2445	2148	12,15
S5.5	2443	2157	11,71
Rerata			11,40

Diperiksa,
Laboran

Darusalam, A.Md.

Disetujui,
Kepala Laboratorium BKT



Muhammad Mushthofa, S.T., M.Eng.

Lampiran 12 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi



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

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2201324145/Perpus./10/Dir.Perpus/IX/2023

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : FERRYO LIGA SAPUTRA
Nomor Mahasiswa : 19511055
Pembimbing : Atika Ulfah Jamal, S.T., M.Eng., M.T.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ TEKNIK SIPIL
Judul Karya Ilmiah : PENGARUH PENAMBAHAN TUMBUKAN LIMBAH BATU BATA
MERAH DAN CACAHAN LIMBAH PLASTIK PET TERHADAP
KUALITAS PAVING BLOCK

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **13 (Tiga Belas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 10/20/2023

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

